

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO Y FUNCIONAL DE TRES CLONES SELECCIONADOS DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*) Y SEIS DE BOROJÓ (*Borojoa patinoi*), Y EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPAS PASTEURIZADAS Y CONGELADAS**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**DANIEL ARTURO TOLEDO ROMANIENKO**

**daniel\_romanienko@hotmail.com**

**DIRECTORA: ING. BEATRIZ BRITO GRANDES, MS**

**bbrito@uio.satnet.net**

**COORDIRECTOR: ING. PATRICIO CASTILLO, PhD**

**pesd@yahoo.com**

**Quito, Diciembre, 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Daniel Arturo Toledo Romanienko, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional y al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Daniel Toledo Romanienko

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Daniel Arturo Toledo Romanienko, bajo mi supervisión.

---

Ing. Beatriz Brito Grandes, Ms.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Patricio Castillo, PhD.

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por su apoyo incondicional y valiosos consejos.

A mis hermanos, por estar siempre cuando los necesito.

A la Ing. Ms. Beatriz Brito Grandes por brindarme su amistad, confianza, apoyo y la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, y por su intermedio al Departamento de Nutrición y Calidad que me brindo la oportunidad para desarrollar mi Proyecto de Titulación.

A la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología SENACYT a través del Proyecto 21.00.031.001 “Aprovechamiento del potencial nutritivo y funcional de algunas frutas de la amazonia ecuatoriana”, que otorgó el financiamiento para esta investigación.

Al Dr. Patricio Castillo, codirector de la tesis, por sus aportes al mejoramiento de esta investigación.

Al Ing. Jorge Dávila, miembro del tribunal examinador, por su apreciable dedicación a la revisión de esta tesis.

A la Quím. Ms. Ex. Susana Espín, Dr. Iván Samaniego y la Ing. Marisol Rodríguez, por su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos y compañeros, Marco, Cristina, Bladimir, Marthita, Carmita, Verito y Aleja, por haberme hecho grata mi permanencia en el INIAP y por su apoyo desinteresado.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Edison Toledo y Tatiana Romanienko, quienes con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de mis estudios universitarios y sacar la ingeniería para seguir adelante en la vida.

A mis hermanos, Edi y Ebri, quienes siempre me han ayudado en lo que han podido con mucho cariño.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

		PÁGINA
	<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xi</b>
	<b>ABREVIATURAS</b>	<b>xiii</b>
<b>1</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1	Arazá ( <i>Eugenia stipitata</i> )	1
1.1.1	Origen y taxonomía	1
1.1.2	Ecología y adaptación	2
1.1.3	Características de la planta	2
1.1.4	Manejo del cultivo y cuidados culturales	2
1.1.5	Principales plagas y enfermedades	5
1.1.6	Cosecha	6
1.1.7	Manejo poscosecha	6
1.1.8	Producción	7
1.1.9	Composición química	7
1.1.10	Usos	7
1.1.11	Regiones de producción del arazá	8
1.2	Borojó ( <i>Borojoa patinoi</i> )	8
1.2.1	Origen y taxonomía	9
1.2.2	Ecología y adaptación	9
1.2.3	Características de la planta	9
1.2.4	Métodos de propagación	10
1.2.5	Establecimiento y manejo	10
1.2.6	Principales plagas y enfermedades	11
1.2.7	Cosecha y poscosecha	11
1.2.8	Producción	12
1.2.9	Composición química	13
1.2.10	Usos	13
1.2.11	Épocas de producción del borojó	14
1.3	Extracción de pulpas	14
1.3.1	Higiene y sanidad en la planta de procesamiento	14
1.3.2	Recepción	15
1.3.3	Pesado	15
1.3.4	Selección	15
1.3.5	Clasificación	15
1.3.6	Almacenamiento	15
1.3.7	Desinfección	16
1.3.8	Enjuague	16
1.3.9	Corte	16
1.3.10	Pelado	17

1.3.11	Separación	17
1.3.12	Escaldado	18
1.3.13	Despulpado	19
1.3.14	Refinado	19
1.3.15	Desaireado	20
1.3.16	Empaque	20
1.4	Pasteurización	21
1.4.1	Definición	21
1.4.2	Tipos de pasteurización	22
1.4.3	Equipos de pasteurización	23
1.5	Congelación	24
1.5.1	Definición	24
1.5.2	Tipos de congeladores	25
1.6	Liofilización	30
1.6.1	Definición	30
1.6.2	Etapas de la liofilización	31
1.6.3	Beneficios de los productos liofilizados y usos	34
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
2.1	Materiales	35
2.1.1	Materia prima	35
2.1.2	Equipos y accesorios	38
2.2	Métodos	39
2.2.1	Caracterización física, química y nutricional de arazá y borjón	39
2.2.2	Selección de un clon de arazá y borjón, de acuerdo al mayor contenido de capacidad antioxidante	40
2.2.3	Evaluación y determinación de la incidencia de la pasteurización y congelamiento sobre el valor nutritivo y funcional, en un clon seleccionado de arazá y borjón	40
2.2.4	Análisis económico a escala de planta piloto	42
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
3.1	Caracterización del arazá ( <i>Eugenia stipitata</i> )	43
3.1.1	Caracterización física	43
3.1.2	Caracterización físico-química	47
3.2	Caracterización del borjón ( <i>Borojoa patinoi</i> )	59
3.2.1	Caracterización física	59
3.2.2	Caracterización físico-química	63
3.3	Selección de un clon de arazá y borjón por su mayor actividad antioxidante	77
3.4	Evaluación del arazá pasteurizado o congelado	78
3.4.1	Control de calidad para el arazá pasteurizado	78
3.4.2	Control de calidad para el arazá congelado	80

3.4.3	Control microbiológico del arazá pasteurizado o congelado	81
3.4.4	Selección del mejor tratamiento de pasteurización o congelación en la pulpa de arazá	81
3.4.5	Comparación entre el mejor tratamiento de pasteurización y mejor de congelación en la pulpa de arazá	82
3.5	Evaluación del borojó pasteurizado o congelado	83
3.5.1	Control de calidad para el borojó pasteurizado	84
3.5.2	Control de calidad para el borojó congelado	85
3.5.3	Análisis microbiológico del borojó pasteurizado o congelado	85
3.5.4	Selección del mejor tratamiento de pasteurización o congelación en la pulpa de borojó	86
3.5.5	Comparación entre el mejor tratamiento de pasteurización y mejor de congelación en la pulpa de borojó	86
3.6	Proceso para la obtención de pulpa de arazá o borojó congelada o pasteurizada	88
3.7	Análisis económico a escala de planta piloto	90
3.7.1	Materiales directos e indirectos	90
3.7.2	Maquinaria y equipos	91
3.7.3	Mano de obra directa	91
3.7.4	Estimación del precio de venta	92
3.7.5	Punto de equilibrio	92
3.7.6	Índices financieros	93
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>94</b>
4.1	Conclusiones	94
4.2	Recomendaciones	96
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>102</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.</b>	Plagas que afectan a la planta de arazá ( <i>Eugenia stipitata</i> )	5
<b>Tabla 2.</b>	Enfermedades que afectan a la planta de arazá ( <i>Eugenia stipitata</i> )	5
<b>Tabla 3.</b>	Valor nutricional de 100 g de pulpa de arazá	7
<b>Tabla 4.</b>	Valor nutricional de 100 g de pulpa de borojón	13
<b>Tabla 5.</b>	Descripción de los tratamientos de conservación de la pulpa de arazá y borojón	41
<b>Tabla 6.</b>	Caracterización física de los tres clones de arazá	43
<b>Tabla 7.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara de los tres clones de arazá	45
<b>Tabla 8.</b>	Color interno y externo de los tres clones de arazá	47
<b>Tabla 9.</b>	Contenido de sólidos solubles en los tres clones de arazá	49
<b>Tabla 10.</b>	Contenido de vitamina A y C en los tres clones de arazá	49
<b>Tabla 11.</b>	Resultados promedio en base seca del análisis proximal de tres clones de arazá	50
<b>Tabla 12.</b>	Resultados promedio del contenido de azúcares totales y reductores, en base seca, de los tres clones de arazá	54
<b>Tabla 13.</b>	Contenido de fructosa, glucosa y sacarosa, en base seca, en los tres clones de arazá	55
<b>Tabla 14.</b>	Resultados promedio del peso, largo, diámetro, relación L/D y firmeza de los seis clones de borojón	60
<b>Tabla 15.</b>	Rendimiento en pulpa, cascara y semilla de los seis clones de borojón	62
<b>Tabla 16.</b>	Color externo e interno de los seis clones de borojón	64
<b>Tabla 17.</b>	Contenido de sólidos solubles en los seis clones de borojón	66
<b>Tabla 18.</b>	Contenido de vitamina A y vitamina C en los seis clones de borojón	66
<b>Tabla 19.</b>	Resultados promedio en base seca del análisis proximal, en tres clones de borojón	67

<b>Tabla 20.</b>	Resultados promedio del contenido de azúcares totales y reductores, en base seca, en los seis clones de borojón	72
<b>Tabla 21.</b>	Resultados promedio del contenido de fructosa, glucosa y sacarosa, en base seca, en los seis clones de borojón	72
<b>Tabla 22.</b>	Color de la pulpa de arazá para los tres tratamientos de pasteurización	81
<b>Tabla 23.</b>	Color de la pulpa de arazá después de los dos tratamientos de Congelación	80
<b>Tabla 24.</b>	Contenido de coliformes totales, mohos y levaduras en la pulpa de arazá fresca, y después de los tres tratamientos de pasteurización o dos de congelamiento	81
<b>Tabla 25.</b>	Color de la pulpa de borojón para los tres tratamientos de pasteurización	84
<b>Tabla 26.</b>	Color de la pulpa de borojón después de los dos tratamientos de congelación	85
<b>Tabla 27.</b>	Contenido de coliformes totales, mohos y levaduras en la pulpa de borojón en fresco y después de los tres tratamientos de pasteurización o dos de congelamiento	86
<b>Tabla 28.</b>	Materiales directos e indirectos del proyecto	90
<b>Tabla 29.</b>	Maquinarias y equipos del proyecto	91
<b>Tabla 30.</b>	Mano de obra directa del proyecto	91
<b>Tabla 31.</b>	Costos de producción del proyecto	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Planta y fruto del arazá	1
<b>Figura 2.</b> Planta y fruto del borojó	8
<b>Figura 3.</b> Homogenizador-pasteurizador	22
<b>Figura 4.</b> Congelador de contacto directo	26
<b>Figura 5.</b> Congelador de placas	27
<b>Figura 6.</b> Liofilizador	31
<b>Figura 7.</b> Etapas del proceso de liofilización	33
<b>Figura 8.</b> Clon 001 de arazá	35
<b>Figura 9.</b> Clon 002 de arazá	35
<b>Figura 10.</b> Clon 003 de arazá	35
<b>Figura 11.</b> Clon 15-3 de borojó	36
<b>Figura 12.</b> Clon 17-4 de borojó	36
<b>Figura 13.</b> Clon 18-5 de borojó	36
<b>Figura 14.</b> Clon 20-6 de borojó	37
<b>Figura 15.</b> Clon 21-7 de borojó	37
<b>Figura 16.</b> Clon 24-8 de borojó	37
<b>Figura 17.</b> Peso promedio de los tres clones de arazá	44
<b>Figura 18.</b> Relación largo/diámetro de los tres clones de arazá	45
<b>Figura 19.</b> Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara en el clon 001 de arazá	46
<b>Figura 20.</b> Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara en el clon 002 de arazá	46
<b>Figura 21.</b> Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara en el clon 003 de arazá	46
<b>Figura 22.</b> Valor promedio del pH y acidez titulable, en base fresca, de los tres clones de arazá	48

<b>Figura 23.</b>	Humedad en los tres clones de arazá	51
<b>Figura 24.</b>	Contenido de macroelementos, en base seca, en los tres clones de arazá	52
<b>Figura 25.</b>	Contenido de microelementos, en base seca, en los tres clones de arazá	52
<b>Figura 26.</b>	Contenido de metales pesados, en base seca, en los tres clones de arazá	53
<b>Figura 27.</b>	Resultados promedio del contenido de ácido oxálico, málico y cítrico, en base seca, en los tres clones de arazá	55
<b>Figura 28.</b>	Resultados promedio del contenido de carotenoides totales, $\beta$ -caroteno y antocianinas, en base seca, en los tres clones de arazá	56
<b>Figura 29.</b>	Resultados promedio del contenido de polifenoles totales, en base seca, en los tres clones de arazá	57
<b>Figura 30.</b>	Resultados promedio de la actividad polifenoloxidasa y peroxidasa, en base Fresca, en los tres clones de arazá	58
<b>Figura 31.</b>	Resultados promedio de la capacidad antioxidante, en base seca, en los tres clones de arazá	59
<b>Figura 32.</b>	Resultados promedio del peso de los seis clones de borjón	60
<b>Figura 33.</b>	Relación largo/diámetro y firmeza de los seis clones de borjón	61
<b>Figura 34.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 18-5 de borjón	62
<b>Figura 35.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cascara del clon 24-8 de borjón	62
<b>Figura 36.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cascara del clon 20-6 de borjón	63
<b>Figura 37.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cascara del clon 21-7 de borjón	63
<b>Figura 38.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cascara del clon 15-3 de borjón	63
<b>Figura 39.</b>	Rendimiento en pulpa, semillas y cascara del clon 17-4 de borjón	63
<b>Figura 40.</b>	Resultados promedio del pH y de la acidez titulable de seis clones de borjón	65
<b>Figura 41.</b>	Humedad en los seis clones de borjón	68
<b>Figura 42.</b>	Resultados del contenido de macroelementos (Ca, Mg, Na, K y P), en base seca, en tres clones de borjón	69

<b>Figura 43.</b> Resultados del contenido de microelementos (Cu, Fe, Mn y Zn), en base seca, en tres clones de borjón	70
<b>Figura 44.</b> Contenido de Cadmio, Plomo y Selenio en clones de borjón	71
<b>Figura 45.</b> Resultados del contenido de ácido málico y oxálico, en base seca, en los seis clones de borjón	73
<b>Figura 46.</b> Resultados del contenido de carotenoides totales y antocianinas, en base seca, de los seis clones de borjón	74
<b>Figura 47.</b> Resultados del contenido de polifenoles, en base seca, en los seis clones de borjón	75
<b>Figura 48.</b> Resultados de la actividad peroxidasa, en base fresca, de los seis clones de borjón	76
<b>Figura 49.</b> Resultados de la capacidad antioxidante en base seca de los seis clones de borjón	77
<b>Figura 50.</b> pH, acidez y sólidos solubles del arazá después de cada tratamiento de pasteurización (65° Cx30 min, 75° Cx15 min y 85° Cx5 min) o de congelamiento (-18° Cx6 meses y -18° Cx12 meses)	78
<b>Figura 51.</b> Contenido de vitamina C en el arazá después de cada tratamiento de pasteurización (65° Cx30 min, 75° Cx15 min y 85° Cx5 min) o de congelamiento (-18° Cx6 meses y -18° Cx12 meses)	79
<b>Figura 52.</b> pH, acidez, sólidos solubles y vitamina C del arazá después de cada tratamiento de pasteurización (65° Cx30 min, 75° Cx15 min y 85° Cx5 min) o de congelamiento (-18° Cx6 meses y -18° Cx12 meses)	83
<b>Figura 53.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de pulpa de arazá congelada o pasteurizada	88
<b>Figura 54.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de pulpa de borjón pasteurizada o congelada	89

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO A</b>	
Métodos de análisis de laboratorio	102
<b>ANEXO B</b>	
Análisis de varianza para las variables físicas y químicas de tres clones de arazá y de seis clones de borojó	136
<b>ANEXO C</b>	
Análisis de Tukey al 5% para las variables de calidad entre los tres tratamientos de pasteurización y dos de congelación de la pulpa de arazá y de la pulpa de borojó	148
<b>ANEXO D</b>	
Cálculos de soporte del análisis económico de una planta de producción de pulpas pasteurizadas y congeladas de arazá y de borojó	152

## RESUMEN

El desarrollo de este proyecto de titulación se dividió en dos fases. En la primera fase, se realizó la caracterización física–química–nutricional y funcional en tres clones de arazá (*Eugenia stipitata*) y seis de borojó (*Borojoa patinoi*) de la Colección del Banco de Germoplasma del INIAP, y se seleccionó el que presente mejores características de calidad y mayor actividad antioxidante. En la segunda fase se evaluó y determinó la conservación del potencial nutritivo y funcional, durante la pasteurización y la congelación, en los clones seleccionados.

Se tiene una completa caracterización de los clones 001, 002 y 003 de arazá y de borojó 15-3,17-4,18-5, 20-6, 21-7, 24-8. Los resultados obtenidos señalan que existen cambios en algunos de los componentes nutricionales y funcionales entre los diferentes clones de las dos frutas, información relevante, que es un importante componente del valor agregado para estas frutas, y que servirá para el procesamiento en las líneas pulpas/bebidas y snacks.

Los clones seleccionados que presentan excelentes características de calidad son el 003 de arazá y el 17-4 de borojó. Resultados que servirán para que el Programa de Fruticultura del INIAP oriente sus esfuerzos hacia la difusión de estos materiales a los productores.

El arazá se puede pasteurizar a 75° C durante 15 minutos, el borojó a 85° C durante 5 minutos. La calidad de las pulpas congeladas mantiene sus características nutricionales, organolépticas y microbiológicas durante 6 meses sin pasteurizar. El proyecto es rentable porque la relación beneficio/costo es mayor a 1, y el TIR es igual a 12 %.

Se tiene un sustento con bases científicas de la actividad antioxidante de estas dos frutas amazónicas, confirmando su estatus de promisorias y que servirá para transformar en una realidad su explotación comercial razonada en beneficio de los agricultores e industriales del país y la región.

## INTRODUCCIÓN

El sector frutícola del Ecuador, es pionero en el aprovechamiento exitoso de la biodiversidad, aunque se ha concentrado mayoritariamente a las frutas tropicales de la costa. Con un mercado internacional dinamizado por los recientes descubrimientos sobre el efecto saludable de su consumo, el interés por las frutas bio-diversas es grande y en este campo las amazónicas tienen un alto potencial (Ruiz, 2003).

Según la información entregada por el MAG del último Censo Agropecuario del Ecuador del 2002, registró que el cultivo de arazá (*Eugenia stipitata*) cuenta con 704 ha de superficie plantada a nivel nacional y aproximadamente 250 ha producida de forma silvestre y en sistemas agroforestales, en las provincias de Orellana, Sucumbíos, Napo, Pastaza y Morona. El borojó (*Borojoa patinoi*) se produce de forma silvestre y en sistemas agroforestales, principalmente en las provincias de Orellana y Sucumbíos, se registró 1199 ha de superficie plantada. Para los dos frutales existe actualmente huertas establecidas en las provincias de Esmeraldas y Los Ríos (INEC-MAG-SICA, 2002).

Con base a un aumento de la demanda por alimentos más saludables, existe un interés comercial por las frutas, el consumidor es ahora sensibilizado a la noción de alimentos con alto poder antioxidante, también conocida como actividad o capacidad antioxidante, ya que en ésta característica funcional, reside, como lo demuestran numerosos estudios científicos, el efecto positivo sobre la salud. Entre las más interesantes investigaciones, se encuentran las relacionadas al descubrimiento de un grupo de nutrientes que presentan efectos protectores contra la oxidación celular; estos compuestos que se encuentran en forma natural en las frutas y vegetales, actúan como antioxidante en el cuerpo protegiéndolo de la acción dañina de los radicales libres, que están involucrados en la mayoría de las enfermedades degenerativas.

Los componentes que actúan como antioxidantes podrían ser los carotenoides, polifenoles, antocianinas, vitaminas, tocoferoles, calcio, selenio, entre otros; los



cuales pueden actuar independientemente o en combinación como anticancerígenos o agentes cardio-protectores, por una variedad de mecanismos. Análisis de ésta índole no han sido reportados todavía en la literatura científica, ya que las metodologías de medición han sido desarrolladas recientemente, (Charanjit y Harish, 2001), (Kaur y Kapoor, 2001).

La posibilidad de procesar las frutas amazónicas como pulpas, que pueden comercializarse directamente o sirvan de materia prima para otras industrias, constituye una alternativa importante para posicionarse y ampliar el mercado, ya que la susceptibilidad a daño es menor y su manejo es menos exigente. Es importante el reconocimiento científico de la capacidad antioxidante, para confirmar su estatus de promisorias y transformar en una realidad su explotación comercial razonada, en beneficio de los agricultores de la región.

El presente estudio es un aporte al desarrollo del campo científico y agroindustrial, ya que se determina el potencial nutritivo y funcional de las pulpas de arazá y borjón, propios de la amazonía ecuatoriana, y se han optimizado los procesos para la obtención de pulpas. Con este fin se establecieron los siguientes objetivos:

- Caracterizar física – química – nutricional y funcionalmente tres clones de arazá y seis de borjón, de la Colección del Banco de Germoplasma del INIAP.
- Seleccionar de la Colección del Banco de Germoplasma del INIAP un clon de arazá y borjón, de acuerdo al mayor contenido de poder antioxidante.
- Evaluar y determinar la incidencia sobre el valor nutritivo y funcional, de la pasteurización y congelamiento, en un clon seleccionado de arazá y borjón.
- Realizar el análisis económico, para establecer los costos de producción a escala de planta piloto para la pulpa pasteurizada y congelada, de arazá y borjón.

## ABREVIATURAS

C :	cromaticidad
C.F. :	costos fijos
C.V. :	costos variables
CIRAD :	Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo
EESC :	Estación Experimental Santa Catalina
E.L.N. :	elementos libres de nitrógeno
HPLC :	cromatografía líquida de alta resolución
INIAP :	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
IO :	índice de oscurecimiento
L/D :	relación largo sobre diámetro
L :	luminosidad
m snm :	metros sobre el nivel del mar
PRODAR :	Programa de Desarrollo Agroindustrial Rural
ORAC :	Oxygen Radical Absorbance Capacity
TE :	trolox equivalente
T.I.R. :	tasa interna de retorno
ufc :	unidades formadoras de colonias
upm :	unidades propagadoras de mohos
upl :	unidades propagadores de levaduras
V.A.N. :	valor actual neto

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)

A continuación, en la Figura 1, se presenta el fruto del arazá.



**Figura 2.** Planta y fruto del arazá

### 1.1.1 ORIGEN Y TAXONOMÍA

El arazá es originario de la región amazónica occidental comprendida entre los ríos Marañón y Ucayali y en las proximidades de Requena y el nacimiento del río Amazonas. La mayor diversidad genética de *Eugenia stipitata* se registra en el sudoeste de la Amazonía (AGRONET, 1997).

La clasificación taxonómica del arazá es la siguiente: (Escobar *et al.*, 1996)

División: Fanerogamas  
Subdivisión: Angiospermas  
Clase: Dicotiledoneas  
Orden: Myrtaceas  
Familia: Myrtaceae  
Género: *Eugenia*  
Especie: *stipitata*

### **1.1.2 ECOLOGÍA Y ADAPTACIÓN**

Se desarrolla adecuadamente en zonas con temperaturas medias mensuales que oscilan entre 18 y 30° C, con precipitaciones que van desde los 1500 hasta los 4000 mm/año y una altitud variable hasta los 650 m snm (CORPEI, 2005).

El arazá se desarrolla perfectamente en suelos con bajos niveles de fertilidad, debido a la escasez de fósforo, calcio y magnesio, elevada saturación de aluminio (80 %) y acidez con un pH alrededor de 4 - 4,5. En plantaciones comerciales se recomiendan los suelos profundos, bien estructurados, bien drenados y de textura arcillosa, por su mayor poder de retención de agua y nutrientes (Do Nascimento, 1999).

### **1.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA**

Es un árbol de 12 - 15 m de altura y follaje disperso. La floración y las ramas nuevas presentan abundante pubescentia, distribuida uniformemente. La cara inferior de las hojas presenta pelos duros de 0,5 mm de largo (Do Nascimento, 1999).

Las hojas son delgadas, fuertes, elípticas y con el ápice bien marcado. Los racimos de flores se conforman de dos a cuatro flores pedunculadas. La polinización es entomófila. Los frutos son bayas globosas y deprimidas, miden de 8 a 12 cm de diámetro y en su madurez presentan una coloración amarillo-dorada. La pulpa es amarilla, incluso el mesocarpio y los tejidos que rodean las semillas (CORPEI, 2005).

### **1.1.4 MANEJO DEL CULTIVO Y CUIDADOS CULTURALES**

#### **1.1.4.1 Sistema de propagación**

Se inicia con el despulpado manual de los mejores frutos bien maduros con el fin de no romper las semillas, luego hay que lavar y desinfectar con fungicidas las semillas para evitar contaminaciones en el secado, después se debe secar las

semillas ya desinfectadas por 3 ó 4 días y, por último, se procede inmediatamente a sembrar con el fin de mantener la viabilidad de las semillas. Pasados los 8 días, después de extraída la semilla, esta pierde considerablemente su poder germinativo (AGRONET, 1997).

#### **1.1.4.2 Formación del vivero**

Se inicia con la preparación de la tierra que debe ser suelta, de preferencia arena gruesa, compost y fertilizante químico. Después se procede al enfundado de la tierra en fundas de plástico negras, luego se coloca una semilla en el centro de cada funda a 2 cm de profundidad. La semilla demora de 10 a 15 días en germinar, según la humedad y la temperatura ambiental (AGRONET, 1997).

Posteriormente, hay que realizar los controles fitosanitarios preventivos y las fertilizaciones foliares, con regularidad, desde que la planta tiene en desarrollo las dos primeras hojas; la siguiente, un mes después y así, en lo sucesivo, mientras permanezca en el vivero (PROEXANT, 2005).

También hay que realizar las deshierbas una vez al mes, por lo menos, para evitar la competencia de las malas hierbas por los nutrientes y la luz. Estas deshierbas se hacen antes de los controles fitosanitarios y de las fertilizaciones (AGRONET, 1997).

Las plantas permanecen en el vivero de 5 a 6 meses, hasta cuando alcanzan los 50 – 60 cm de altura y comienzan a ramificarse. Este es el momento para realizar el trasplante al lugar definitivo (PROEXANT, 2005).

#### **1.1.4.3 Trasplante**

Primero, se requiere de una pasada de rastra al terreno y luego se procede a delinear y realizar el hoyado. Los hoyos son de 40 x 40 x 40 cm. Se aconseja mezclar la capa arable con material orgánico y añadir fertilizante químico, para después colocar la mezcla en el fondo de cada hoyo (AGRONET, 1997).

El trasplante puede realizarse en cualquier época del año, siempre que exista suficiente riego. Se debe procurar que la planta quede en el centro del hoyo, luego se procede a retirar totalmente la funda y a rellenar el hoyo con la tierra que salió al momento que se realizó el hoyado (PROEXANT, 2005).

Después del trasplante se debe realizar el control de malezas, cada 3 ó 4 meses, con la ayuda de pequeños tractores o manualmente y se debe realizar la aplicación de abonos y fertilizantes, cada dos meses, desde el arranque del cultivo, porque es necesario que la planta tenga suficiente nitrógeno, fósforo y potasio para que forme su follaje y raíces (AGRONET, 1997).

Antes de cosechar, hay que realizar la poda de formación, con el fin de evitar que el exceso de ramas y ramillas dificulten la cosecha. Se eliminan las ramas quebradas, torcidas y en exceso; se procura que las nuevas estén acordes con la ventilación y producción (AGRONET, 1997).

Durante el primer año, el arazá puede asociarse con cultivos de ciclo corto (yuca, maíz, caupí) hasta que la especie se establezca. Esto permite que la planta, por su rápido desarrollo y precocidad, produzca frutos en las primeras etapas del cultivo (CORPEI, 2005).

### 1.1.5 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES

A continuación, en la Tabla 1 y en la Tabla 2, se presentan las principales plagas y enfermedades que afectan a la planta de arazá, respectivamente.

**Tabla 2.** Plagas que afectan a la planta de arazá (*Eugenia stipitata*)

Nombre	Consecuencias	Control
Mosca de la fruta ( <i>Anastrepha striata</i> )	Las larvas de la mosca nacen y se desarrollan en el interior de la fruta, se alimentan de la pulpa.	Mediante aspersiones de insecticidas. Es importante eliminar los frutos que caen.
Ácaro de los cogollos ( <i>Tegunutes guabae</i> )	Es una arañita, casi invisible, que ataca a los cogollos tiernos, absorbe su savia, inocula la toxina causante de la toxemia. Aparecen puntos amarillos y deformación de las hojas.	Kelthane, como fungicida y acaricida.
Gusano negro ( <i>Mimallo amilia</i> )	Las larvas, con sus propios excrementos, en la base de las hojas, fabrican una cápsula café oscura en la que viven y se desarrollan hasta convertirse en pupas y luego en mariposa. En el estado larvario se alimentan del follaje de los arbustos.	Mediante insecticidas o mediante control biológico, con un tipo de avispa.

Fuente: (PROEXANT, 2005)

**Tabla 2.** Enfermedades que afectan a la planta de arazá (*Eugenia stipitata*)

Nombre	Consecuencias	Control
Antracnosis ( <i>Glomerella singulata</i> , <i>Colletotrichum gloesporoides</i> )	Al principio se aprecian manchas amarillentas en las flores, luego en las frutas. Estas manchas ennegrecen hasta que la fruta cae al suelo o queda momificada en la rama.	Mediante aspersiones de fungicidas que contienen cobre.
Roñas o costras del fruto ( <i>P. vesicular gen. Pastalotia</i> )	En las hojas causan deformaciones y las flores infectadas producen frutos deformes. Si ataca al fruto, detiene su desarrollo, lo endurece y toma un aspecto corchoso, que en ocasiones se cubre de costras de color pardo.	Evitar el exceso de humedad, debe ser controlado con rapidez ya que su ataque es muy severo. Se controla mediante la aplicación preventiva de insecticida, cada 4 meses.
Fumagina ( <i>Capnodium sp.</i> )	Polvillo negro que cubre las hojas, ramas y tronco. Afectan a la fotosíntesis, respiración y transpiración, lo cual retarda el crecimiento de la planta.	Eliminación de vectores como mosca blanca, áfidos, coccidos. Poda de arbustos y eliminación de malezas.

Fuente: (PROEXANT, 2005)

### **1.1.6 COSECHA**

La cosecha es manual y se realiza cuando el fruto está en estado pintón. Los frutos cosechados continuarán su madurez fisiológica y no les afectará la manipulación de cosecha y transporte (CORPEI, 2005).

El periodo de producción puede llegar a los 30 años y un rendimiento, por árbol y por cosecha, de hasta 30 kg. La recolección debe realizarse cada dos días, en épocas de producción, a fin de no dejar madurar demasiado la fruta. El principal indicador de madurez fisiológica es el color verde amarillento, la fruta demasiado madura (color amarillo en su totalidad) es muy delicada y no tolera el manipuleo, se recomienda recolectar la fruta en bandejas perforadas poco hondas (PROEXANT, 2005).

### **1.1.7 MANEJO POSCOSECHA**

La fruta que viene del campo y no es clasificada inmediatamente debe almacenarse en un lugar fresco, preferentemente en cuartos fríos con temperaturas de 5 a 10° C, por un periodo máximo de 20 días (PROEXANT, 2005).

El fruto continúa el proceso fisiológico y madura después de cosechado, pero el recolectado maduro tiene más aroma. Luego de cosechado debe colocarse en cajas de hasta tres hileras de frutos cada una, debe transportarse con cuidado, para evitar la deformación (CONCOPE, 2009).

La selección del fruto se realiza durante la cosecha o en la mesa de clasificación. Las frutas se clasifican por su tamaño, el diámetro promedio es de 7,6 cm y el peso promedio de 200 g, de acuerdo con esto se pueden clasificar en: Especial (diámetro 8 cm, peso 230 g, coloración amarilla), Extra (diámetro 7 cm, peso 200 g, coloración ligeramente amarilla), Fancy (no cumple con los requisitos anteriores). En cualquier caso la fruta debe estar sin magulladuras o daños por hongos, insectos o manipuleo (PROEXANT, 2005).



### 1.1.8 PRODUCCIÓN

Los rendimientos estimados de frutos frescos con una distancia de siembra de 4x4m son de 4.500 kg/ha/año. Este rendimiento aumenta, progresivamente, desde el tercer año hasta que la planta alcanza su máximo desarrollo, en el quinto año de producción. El árbol de arazá carga cada tres meses y se obtienen cuatro cosechas por año (CORPEI, 2005).

### 1.1.9 COMPOSICIÓN QUÍMICA

A continuación, en la Tabla 3, se presenta el valor nutricional de 100 g de pulpa de arazá.

**Tabla 3.** Valor nutricional de 100g de pulpa de arazá

<b>Componente</b>	<b>Contenido</b>
Proteína (% peso seco)	6,0 a 10,9
Carbohidrato (% peso seco)	70,0 a 80,6
Grasas (% peso seco)	0,5 a 3,8
Ceniza (% peso seco)	0,5
Fibra (% peso seco)	5,5 a 6,5
Pectina (% peso seco)	3,4
Nitrógeno (% peso seco)	1,31 a 1,75
Fósforo (% peso seco)	0,09
Potasio (% peso seco)	1,83 a 2,47
Calcio (% peso seco)	0,16 a 0,22
Magnesio (% peso seco)	0,08 a 0,12
Vitamina A (mg.100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	7,75
Vitamina B1 (mg.100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	9,84
Vitamina C (mg.100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	7,7 a 74,0

Fuente: CONCOPE, 2009

### 1.1.10 USOS

El fruto de arazá está más indicado para el procesamiento y/o industrialización. Difícilmente se consume la fruta en fresco, por causa de su elevada acidez (pH 2,66 a 3,43). La única manera posible de manipular el fruto de arazá, es procesarlo en el lugar lo más rápidamente posible después de la cosecha. La

pulpa de arazá, debido a su contenido bajo en materia seca, es adecuada para la elaboración de productos como jugos, refrescos, dulce, néctar, jalea y licor (Do Nascimento, 1999).

Esta fruta tiene un alto rendimiento de pulpa, alrededor del 70 %, se puede utilizar para combinarse con otros frutales, aunque el sabor característico del arazá se pierde fácilmente con la cocción (CONCOPE, 2009).

En la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) se han desarrollado pequeñas empresas agroindustriales, que utilizan la pulpa del arazá para la elaboración de mermeladas combinadas con otras frutas, especialmente con papaya y piña. También se utiliza como saborizante de bebidas y cócteles, en reemplazo de otras frutas como naranjilla, maracuyá y piña. La piel de la fruta de arazá contiene aceites esenciales de gran aroma, con potenciales usos en la industria cosmética (CORPEI, 2005).

#### **1.1.11 REGIONES DE PRODUCCIÓN DEL ARAZÁ**

El arazá se produce en las tres regiones del Ecuador: región norte (Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Sacha, Coca, Loreto), región centro (Archidona, Tena, Mera, Puyo, Palora, Macas, Sucúa, Logroño, Méndez, Gualaquiza) y región sur (Yantzaza, El Bangui, Nangaritza, Centinela del Cóndor) (CORPEI, 2005).

#### **1.2 BOROJÓ (*Borojoa patinoi*)**

A continuación, en la Figura 2, se presenta el árbol y el fruto del borojó.



**Figura 2.** Planta y fruto del borojó

### 1.2.1 ORIGEN Y TAXONOMÍA

Es una planta silvestre originaria de la cuenca occidental y sur del río Amazonas, en la zona compartida entre Perú, Brasil y Bolivia (ríos Alto Amazonas, Purús Central y Madeira) (Nutriward, 2007).

La clasificación taxonómica del borojó es la siguiente: (SIAC, 2008)

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: *Borojoa*

Especie: *patinoi*

### 1.2.2 ECOLOGÍA Y ADAPTACIÓN

El borojó se encuentra de manera silvestre en zonas donde la precipitación media anual es mayor a 4000 mm/año, con temperaturas medias de 28° C y una humedad relativa del 85 % y en condiciones de sombra producidas por otras especies arbóreas. Se adapta bien a zonas con hasta 1200 m snm. Crece muy bien en suelos francos limosos, profundos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje (Intronet, 2005).

En la Amazonía, la mejor producción se ha obtenido en plantaciones ubicadas hasta los 300 m snm, con precipitaciones de 3000 mm y una temperatura de 26 a 30° C, como en Lago Agrio, Sacha, Shushufindi y Orellana (CORPEI, 2005).

### 1.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

Es un arbusto de 3 a 5 m de altura. El tallo es erecto y sus hojas desusadas, con estípulas bien definidas y coriáceas; es una planta dioica. Las flores masculinas se disponen en capítulos y a veces están desprovistas del ovario, aunque en ocasiones este sistema es rudimentario y no funciona. Las flores femeninas son solitarias y terminales, con dos pares de estípulas bracteales y seis estigmas largos; ovario ínfero y muchos óvulos (CORPEI, 2005).

#### **1.2.4 MÉTODOS DE PROPAGACIÓN**

Se propaga por semillas, las cuales deben tomarse de frutos maduros provenientes de plantas seleccionadas; luego se lavan con agua y se dejan secar a la sombra, durante dos días. La semilla debe germinar a la sombra, en sustrato de aserrín descompuesto, arena o tierra vegetal, que se encuentren húmedos (FAO, 2006).

El crecimiento de la plántula es muy lento, por lo que deberá permanecer en el vivero alrededor de nueve a diez meses, hasta que alcance el tamaño adecuado (alrededor de 35 cm) para ser luego trasplantada al campo (CORPEI, 2005).

Debido a que la especie es dioica, las plantas masculinas (teóricamente el 50 %) no producen frutos, por lo que es conveniente la propagación de las plantas femeninas por la vía asexual, a través de injertos (FAO, 2006).

Para esto, es necesario sembrar los patrones en un sustrato compuesto de arena, tamo de arroz y materia orgánica, en la proporción 2-1-1. El ambiente debe estar totalmente sombreado y la humedad relativa debe ser mayor al 85 %, para que la plántula tenga un normal desarrollo y esté lista para ser injertada. El tiempo que debe permanecer la planta en el vivero, una vez hecho el injerto hasta ser trasplantada al campo definitivo, es de cuatro meses (CORPEI, 2005).

#### **1.2.5 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO**

La densidad de siembra recomendada es de cuatro metros en cuadrado, con 625 plantas/ha. Debe tenerse la precaución de incluir por lo menos 32 plantas masculinas, equilibradamente distribuidas, para obtener una buena polinización (FAO, 2006).

Requiere de fertilización para satisfacer las necesidades nutricionales durante la etapa de desarrollo y producción. Es exigente en nitrógeno, fósforo y potasio; de estos, el nitrógeno se requiere en mayor cantidad. En el momento del trasplante, se recomienda aplicar de 100 a 120 g de abono completo en la corona, cubriéndolo con tierra para evitar el arrastre por las lluvias. A los dos o tres meses

después del trasplante se aplican 20 g de úrea. Un año después del trasplante se aplican 40 g de úrea y 30 g de fertilizante completo (10-30-10). Tres meses más tarde se complementa con 40 g de úrea, a partir de los dos años, se aplican 80 g de úrea, dos veces al año, después de los controles de malezas y las podas de mantenimiento (CORPEI, 2005).

### **1.2.6 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES**

No se han observado plagas y enfermedades que afecten de manera significativa y que incidan en la producción del borojó, excepto la hormiga arriera (*Atha cephalotes*), la cual puede llegar a la defoliación de la planta si no se controla oportunamente, mediante el uso de cebos y pesticidas. Ocasionalmente, se ha encontrado también un microlepidóptero que, en estado de larva, puede causar un daño semejante al que producen algunos insectos minadores de las hojas de las anonáceas (CORPEI, 2005).

La especie no tiene enfermedades conocidas, excepto problemas fisiológicos relacionados a la deficiencia de hierro y boro, en los suelos calcáreos o la aparición de manchas negras, en la cáscara de la fruta y su posterior cuarteadura y engrosamiento, producido por la acción de los rayos solares directos (FAO, 2006).

### **1.2.7 COSECHA Y POSCOSECHA**

La fruta normalmente se colecta del suelo, después de la caída natural de los mismos, cuando han completado su desarrollo fisiológico. En esta situación, los frutos son perecibles, puesto que ya tienen la maduración adecuada para el consumo, por lo que se recomiendan colectas diarias, a fin de evitar el deterioro de los frutos en el suelo y el daño provocado por los animales. Después de la cosecha, los frutos deben lavarse en agua corriente y mantenidos en lugares sombreados y con buena ventilación (Nutriward, 2007).

El tiempo que se tarda en madurar un fruto, desde su fecundación hasta la caída, va desde los nueve a los doce meses. Los frutos son muy delicados para ser transportados; se los cosecha cuando empiezan a caerse las hojas verdes de la rama a la que está unida el fruto, que se torna de un color verde oscuro; en este estado se puede trasladar a grandes distancias en empaques corrientes. La pulpa de la fruta madura puede conservarse al ambiente o en nevera, en envases herméticos, hasta por seis meses sin necesidad de aditivos (CORPEI, 2005).

La fruta de borojó tiene de 7 a 12 cm de diámetro y alcanza hasta 2 kg de peso, la piel es de color verde y cambia a chocolate cuando está madura; la pulpa es de color chocolate, ácida y densa (alrededor de 30° Brix). Su contenido principalmente es de fructosa y glucosa. Tiene un alto contenido proteínico. Posee un número variable de semillas entre 90 a 600 por fruta (Earthly, 2007).

### **1.2.8 PRODUCCIÓN**

La planta inicia la producción a los tres años y, en el caso de las plantas producidas por vía asexual, puede acelerarse. El rendimiento estimado para una plantación de 625 árboles/ha puede ser de 30000 frutos con 15 a 20 t/ha. La producción puede variar en los diferentes años, porque la especie presenta alternancia de años buenos con años malos. Si es cultivado bajo sistemas agroforestales y en distancias de 3 x 4 m (833 árboles/ha) produce alrededor de 10000 frutos/ha (FAO, 2006).

### 1.2.9 COMPOSICIÓN QUÍMICA

A continuación, en la Tabla 4, se presenta el valor nutricional de 100 g de borojón.

**Tabla 4.** Valor nutricional de 100g de pulpa de borojón

<b>Componente</b>	<b>Contenido</b>
Agua (% fresco)	55 a 69
Carbohidratos (% fresco)	23 a 32
Azuc. Totales (% fresco)	4,2 a 7,8
Azuc. Reductores (% fresco)	2 a 6
Fibra (% fresco)	10 a 15
Cenizas (% fresco)	0,8 a 1,2
Proteína (% fresco)	0,8 a 1,3
Grasa (% fresco)	0,7 a 1,0
Calcio (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	25
Fósforo (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	160
Hierro (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	1,5
Tiamina (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	0,3
Riboflavina (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	0,12
Niacina (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	2,3
Ácido ascórbico (mg 100 g <sup>-1</sup> peso fresco)	3,1
Sólidos solubles ( ° Brix)	29 a 41
pH	2,8 a 3,0

Fuente: Orduz y Rangel, 2002

### 1.2.10 USOS

El borojón presenta varios usos en el campo agroindustrial. Actualmente se utiliza para la alimentación en diferentes formas, como: chicha (por los indígenas), jugos (solo o mezclado con otras frutas), jaleas, mermeladas, bocadillos (solo o mezclado), helados, salsa agridulce (para carne y/o pescado), mezclado con bebidas alcohólicas, compotas, pasas (deshidratado), champú, rinse, mascarillas, pastas deshidratadas y extractos en esencias. La forma más usual se encuentra procesada en pulpas, de diferentes presentaciones, ya listas para hacer jugo o cualquier tipo de preparación alimenticia, en los hogares (Nutriward, 2007).

### **1.2.11 ÉPOCAS DE PRODUCCIÓN DEL BOROJÓ**

El borojó se produce en las regiones norte (Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Sacha, Coca y Loreto) y sur (Yantzaza y El Bangui) (CORPEI, 2005).

La producción del borojó está repartida durante todo el año y el pico de producción en las dos regiones se ubica entre febrero y abril; mientras que, las producciones medias, entre julio y octubre, especialmente en la región norte (Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Sacha y Coca) (CORPEI, 2005).

## **1.3 EXTRACCIÓN DE PULPAS**

Se han desarrollado varias tecnologías para producir pulpas. Las técnicas varían para cada fruta. El procesado de frutas implica cambios estructurales importantes, por ejemplo troceado, reducción a puré, prensado, calentamiento y congelación, etc., que llevan consigo modificaciones de las características organolépticas. Existen diversos métodos de conservación de las frutas que permiten consumirlas durante periodos en los que no se dispone de ellas en estado fresco (Arthey y Ashurst, 1997).

### **1.3.1 HIGIENE Y SANIDAD EN LA PLANTA DE PROCESAMIENTO**

Es importante ordenar todos los elementos presentes en la planta de procesamiento y limpiar profundamente con desinfectante los pisos, techos, paredes, puertas, rejillas y sifones de la planta. También deben estar higienizados los operarios, el material y los equipos que entrarán en contacto con la fruta (Camacho, 1992).

La limpieza debe ser controlada tanto visual como microbiológicamente. Los transportadores, las tuberías y todas las superficies que entran en contacto con el alimento deben estar contruidos con materiales resistentes y lisos y estar tan exentos, como sea posible, de irregularidades y esquinas inaccesibles (Arthey y Ashurst, 1997).



### **1.3.2 RECEPCIÓN**

Consiste en recibir del proveedor la materia prima requerida, de acuerdo con las especificaciones entregadas de antemano por la empresa, con la aceptación de que la condición del material está de acuerdo con las exigencias de la empresa y su proceso (González, 2006).

### **1.3.3 PESADO**

Cada carga se pesa a la llegada, para determinar el precio que se tiene que pagar al proveedor. Previamente se realiza un muestreo para verificar el grado de madurez de la fruta y controlar la calidad que se requiere para la elaboración de los productos (Arthey y Ashurst, 1997).

### **1.3.4 SELECCIÓN**

Sirve para separar las frutas sanas de las descompuestas. Se puede efectuar sobre mesas o bandas transportadoras. La fruta descartada se coloca en recipientes. Los instrumentos para decidir cuáles frutas rechazar son en principio la vista y el olfato de un operario (González, 2006).

### **1.3.5 CLASIFICACIÓN**

Permite separar las frutas que pasaron la selección. Se separan aquellas que están listas para el proceso, en razón de su grado de madurez, de las verdes o aún pintonas, que deben ser almacenadas. El color, aroma o dureza de las frutas permiten elegir las frutas adecuadas, aquí no importan el tamaño o la forma (Camacho, 1992).

### **1.3.6 ALMACENAMIENTO**

Puede aplicarse para acelerar o retardar la maduración de las frutas en la fábrica. La aceleración de la maduración se logra, generalmente, ajustando la

temperatura y la humedad de una cámara donde se almacena la fruta. Las condiciones son específicas para cada especie. Por lo general, se acercan a 25° C y 90 % de humedad relativa. El retardo de la madurez se puede conseguir con la disminución de la temperatura y el ajuste de la humedad de la cámara. Además, se puede controlar la madurez mediante la modificación de la composición de la atmósfera que rodea las frutas (González, 2006).

### **1.3.7 DESINFECCIÓN**

Una vez que la fruta ha alcanzado la madurez adecuada, se inicia un proceso de limpieza a medida que se acerca el momento de extraer la pulpa. El propósito es disminuir al máximo la presencia de microorganismos que, naturalmente, trae en su cáscara la fruta y que pueden causar la disminución de su calidad o la fermentación en la cadena de distribución o en manos del consumidor final (Camacho, 1992).

La desinfección se efectúa con materiales y sustancias compatibles con las frutas. Primero se quitan las impurezas que tiene la fruta mediante aspersion o inmersión de las mismas en agua potable y después se sumerge en una solución desinfectante, durante un tiempo adecuado, que puede ser de 5 a 10 minutos. Según las características de las frutas y el estado de suciedad, es recomendable usar la solución desinfectante máximo para tres lotes de fruta para que sea eficaz la desinfección (González, 2006).

### **1.3.8 ENJUAGUE**

A la fruta desinfectada se debe retirar los residuos de desinfectante y microorganismos mediante el lavado con agua potable. Si es posible por aspersion con agua que corra. No es conveniente enjuagar sumergiéndola en tanques de agua que cada vez estará más contaminada (Camacho, 1992).

### **1.3.9 CORTE**

Algunas frutas, como el maracuyá, deben ser cortadas para extraer su masa interior antes de separar la pulpa. Aunque hay máquinas que lo hacen, por lo general en las pequeñas industrias se realiza en forma manual, con la ayuda de cuchillos (González, 2006).

### **1.3.10 PELADO**

El pelado de la fruta se realiza por diversos métodos, unos manuales y otros mecánicos; en todos los casos, resulta necesaria la inspección visual y cierto grado de selección manual, para eliminar restos de piel o imperfecciones (Arthey y Ashurst, 1997).

A ciertas frutas hay necesidad de retirarles la cáscara como al borojó, por su incompatibilidad de color, textura o sabor al mezclarla con la pulpa. Esta operación puede efectuarse de manera manual o por métodos físicos, mecánicos o químicos (Camacho, 1992).

El pelado manual se puede realizar con cuchillos comunes de cocina o con otros que presentan ciertas características que se ajustan al tipo de piel de algunas frutas. Los métodos físicos emplean calor y frío. Los mecánicos usan máquinas especialmente diseñadas para determinadas geometrías y texturas.

Los métodos químicos emplean sustancias como el hidróxido de sodio, a diferentes temperaturas y concentraciones (González, 2006).

### **1.3.11 SEPARACIÓN**

Esta operación permite retirar la pulpa de las semillas de las frutas. Se efectúa generalmente de forma manual, con la ayuda de cucharas de tamaños adecuados (Camacho, 1992).

### 1.3.12 ESCALDADO

Consiste en someter la fruta a un calentamiento corto y posterior enfriamiento. Se realiza para ablandar un poco la fruta y con esto aumentar el rendimiento de pulpa; también se reduce la carga microbiana, que aún permanece sobre la fruta y también se realiza para inactivar enzimas que producen cambios indeseables de apariencia, color, aroma y sabor en la pulpa, aunque pueda estar conservada bajo congelación (González, 2006).

Las ventajas del escaldado pueden verse superadas por los inconvenientes que supone la pérdida de nutrientes, durante esta operación. Por lo tanto, es conveniente acortar el tiempo de escaldado, tanto como sea posible. Las pérdidas de nutrientes pueden disminuirse escaldando al vapor, en lugar de hacerlo en agua, porque se reducen notablemente las pérdidas por lixiviación (Arthey y Ashurst, 1997).

En la fábrica, el escaldado se puede efectuar por inmersión de las frutas en una marmita con agua caliente o por calentamiento con vapor vivo generado también, en una marmita. Esta operación se puede realizar a presión atmosférica o a sobrepresión en un autoclave. Con el escaldado en agua caliente se pueden perder jugos y componentes nutricionales. Bajo vapor puede ser más costoso y demorado, pero hay menos pérdidas. En autoclave es más rápido, pero costoso. En todos los casos se producen algunos cambios: baja significativamente la carga microbiana, el color se hace más vivo, el aroma y sabor pueden variar a un ligero cocido y la viscosidad de la pulpa puede aumentar (Camacho, 1992).

El escaldado debe ser considerado como una operación de estabilización complementaria y no un método de conservación por sí solo. Es típico el escaldado de productos vegetales antes de su congelación, ya que de esta forma se impide el desarrollo de olores y sabores extraños, durante el almacenamiento en congelación (Sevilla, 2004).

### **1.3.13 DESPULPADO**

Es la separación de la pulpa de las semillas, cáscaras y otros. Se hace pasar la fruta troceada o la pulpa a través de un tamiz. Esto se logra por el impulso que comunica a la mezcla compuesta de pulpa, semilla y cáscara, un conjunto de paletas (2 ó 4) unidas a un eje, que gira a velocidad fija o variable. La fuerza centrífuga lleva a la masa contra el tamiz y allí logra que el fluido pase a través de los orificios del tamiz (González, 2006).

Se emplean diferentes tipos de despulpadoras; las hay verticales y horizontales, con cortadoras y refinadoras incorporadas y de diferentes potencias y rendimientos (Camacho, 1992).

El proceso de despulpado se inicia introduciendo la fruta entera en la despulpadora perfectamente higienizada. La máquina arroja por un orificio los residuos como semillas, cáscaras y otros materiales duros que no pudieron pasar por entre los orificios del tamiz; y, por otro orificio, la pulpa (González, 2006).

Los residuos pueden salir impregnados aún de pulpa, por lo que se acostumbra a repasar estos residuos. Se pueden mezclar con un poco de agua o de la misma pulpa que ya ha salido, para así incrementar el rendimiento en pulpa (Camacho, 1992).

Se recomienda exponer la pulpa al medio ambiente lo menos posible. Esto se logra si inmediatamente que se obtiene la pulpa, se cubre o se la envía por tubería, desde la salida de la despulpadora, hasta un tanque de almacenamiento (González, 2006).

### **1.3.14 REFINADO**

Consiste en reducir el tamaño de partícula de la pulpa, cuando esta ha sido obtenida antes por el uso de una malla de mayor diámetro de sus orificios. Reducir el tamaño de partícula da una mejor apariencia a la pulpa, evita una rápida separación de los sólidos insolubles en suspensión, le comunica una

textura más fina a los productos como mermelada o bocadillos, preparados a partir de esta pulpa (Camacho, 1992).

El refinado se puede hacer en la misma despulpadora, solo que se cambia la malla por otra de diámetro de orificio más fino. La malla depende de la calidad de finura que se desee para la pulpa (González, 2006).

### **1.3.15 DESAIREADO**

Permite eliminar parte del aire que pudo incorporarse en las operaciones anteriores. Existen diferentes técnicas que varían en su eficiencia y costo, la más sencilla es evitar operaciones que favorezcan el aireado. Si ya se ha aireado la pulpa, mediante un leve calentamiento se puede disminuir la solubilidad de los gases y extraerlos (Camacho, 1992).

Otra forma es aplicar vacío a una cortina de pulpa. La cortina se logra cuando se deja caer poca pulpa, por las paredes de una marmita o se logra hacer caer una lluvia de pulpa dentro de un recipiente que se halla al vacío, entre más pronto se efectúe el desaireado, menores serán los efectos negativos del oxígeno involucrado en la pulpa (González, 2006).

### **1.3.16 EMPAQUE**

Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente, a fin de mantener sus características, hasta el momento de su empleo. Esto se logra mediante el empacado con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas (Camacho, 1992).

El envase de los productos congelados, además de cumplir las exigencias comunes de todos los envases de alimentos (como ser diseño atractivo y fácil uso por parte del consumidor, estar fabricados de productos no tóxicos y que resulte económico), debe ser capaz de soportar las bajas temperaturas que el proceso exige e impedir que sufra la quemadura del frío, durante el almacenamiento (Arthey y Ashurst, 1997).

Las pulpas deben ser empacadas en envases fuertes y flexibles, para que resistan la expansión de la pulpa congelada. No deben ser llenados completamente y, por último, deben proteger a la pulpa de la luz y del aire (González, 2006).

## **1.4 PASTEURIZACIÓN**

### **1.4.1 DEFINICIÓN**

La pasteurización es un tratamiento térmico, que utiliza temperaturas menores a 100° C, que se aplica sobre los alimentos con el fin de destruir los microorganismos patógenos no esporulados, como las levaduras y mohos. Así se consigue un producto seguro para el consumo a corto plazo, como en el caso de la leche, o de mayor duración, como en el caso de frutas en conserva (Camacho, 1992).

La temperatura y el tiempo escogidos para pasteurizar una pulpa dependerán de varios factores, como su pH, composición, viscosidad y nivel de contaminación inicial. A menor pH, viscosidad y contaminación, se requerirá menor tiempo o temperatura de pasteurización para disminuir el grado de contaminación hasta niveles en los que no se presentará rápido deterioro de la pulpa (González, 2006).

Se lleva a cabo por calentamiento directo, con vapor, o por calentamiento indirecto, utilizando algún tipo de intercambiador de calor, generalmente tubular, de placas o de superficies rascadas (Arthey y Ashurst, 1997).

A continuación, en la Figura 3, se presenta un homogenizador-pasteurizador.



**Figura 3.** Homogenizador-pasteurizador  
(Sánchez, 2009)

## **1.4.2 TIPOS DE PASTEURIZACIÓN**

### **1.4.2.1 LTH (Low Temperature Holding)**

Low Temperature Holding significa pasteurización a baja temperatura. Se suele aplicar a bajos volúmenes de líquido, en torno a 100 - 500 litros, que están situados dentro de tanques, que tienen doble pared, y entre las dos paredes del tanque circula un líquido calefactor o refrigerante. Las temperaturas empleadas son de 62 – 68° C, con una duración aproximada de 30 minutos. El sistema funciona en discontinuo (Pérez, 2008).

### **1.4.2.2 HTST (High Temperatura Short Time)**

High Temperature Short Time significa pasteurización a alta temperatura y en corto tiempo o pasteurización alta. Funciona en continuo y se utilizan intercambiadores de calor, que elevan la temperatura del alimento a 72 - 85° C, durante periodos de tiempo cercanos a 30 segundos. Los intercambiadores de calor pueden ser de placas o tubulares. (Larre, 2008).



Para conocer si la pasteurización de un alimento ha sido adecuada, se realizan pruebas, como por ejemplo en el caso de la leche, se realiza la prueba para comprobar si la enzima fosfatasa alcalina, tiene actividad en el alimento o ha sido desnaturalizada completamente. Si no se encuentra actividad de fosfatasa alcalina en la leche, se asume que los microorganismos que se pretendía eliminar ya fueron destruidos (Pérez, 2008).

.

### **1.4.3 EQUIPOS DE PASTEURIZACIÓN**

Se puede trabajar con líquidos sin envasar; pero, también con líquidos o alimentos sólidos envasados en tarros de vidrio, botellas de vidrio o de plástico, entre otros (Larre, 2008).

El material más delicado es el vidrio, porque al producirse un choque térmico puede explotar el envase. El vidrio no aguanta diferencias de temperatura superiores a 20° C, al calentarse y superiores a 10° C, al enfriarse. El metal es más rápido en los tratamientos térmicos por su mayor coeficiente de conductividad térmica, por lo que conduce el calor a mayor velocidad (Larre, 2008).

.

Al trabajar en continuo, se suele utilizar una serie de bombas que recogen el agua de pasteurización y se usa para calentar el material que va a entrar y que se encuentra a temperatura ambiente y el material que va a salir y que está a la temperatura de pasteurización (Pérez, 2008).

.

El túnel de pasteurización puede ser de forma simétrica, con un perfil de temperaturas también simétrico, a lo largo del recorrido del túnel de pasteurizado (Larre, 2008).

.

A medida que el alimento avanza, aumenta la temperatura hasta llegar a la requerida para el tratamiento. A continuación se inicia la curva a través de la cual, la temperatura más alta se mantendrá constante y según avanza el alimento hacia la salida del túnel, la temperatura disminuye hasta llegar finalmente a la temperatura exterior del túnel. Al ser el túnel simétrico de ida y vuelta, con un solo

operario se puede controlar el producto de entrada y de salida, a la par que se ocupará menos espacio sobre la superficie de la fábrica, por lo que así se ahorra dinero de mano de obra y espacio (Larre, 2008).

Otro sistema que se puede utilizar es el de ducha, que es adecuado para recipientes metálicos y laminados; pero, no tanto en el caso del vidrio, ya que los calentamientos y enfriamientos suelen ser bastante rápidos. El sistema de lotes, consiste en colocar en cestos, el material ya envasado y luego se sumergen en agua a cierta temperatura durante un cierto tiempo y posteriormente se enfrían. Si se usa vidrio, se debe tener cuidado con el choque térmico (PRODAR e IICA, 2007).

En los intercambiadores de calor que se utiliza en continuo, para alimentos líquidos sin envasar, hay que tener cuidado si los alimentos son muy viscosos, ya que se podrían pegar a la pared y producirse gratinados que no serían deseables, ya que disminuirían la eficiencia térmica y podría conferir sabores y olores no deseables a los líquidos, que pasarán por el lugar con posterioridad (PRODAR e IICA, 2007).

Al eliminar el oxígeno en los zumos se evita el pardeamiento. En cuanto a las vitaminas y minerales, las pérdidas que se pueden ocasionar suelen ser mínimas (Pérez, 2008).

## **1.5 CONGELACIÓN**

### **1.5.1 DEFINICIÓN**

Es aquella operación en la que se aumenta la vida útil de los alimentos por aplicación de bajas temperaturas del orden de -18 a -30° C. A pesar de que el agua se convierta en hielo a 0° C, no todo el alimento está congelado a estas temperaturas (Symons, 1990).

Esta conservación se consigue por un efecto combinado de las bajas temperaturas, que inactivan los microorganismos y las enzimas del alimento, y la

reducción de la actividad de agua. Si la congelación, manipulado, almacenamiento y descongelación se llevan a cabo de forma adecuada, las características organolépticas y nutritivas no se ven afectadas (Symons, 1990).

Para conservar la calidad, es esencial una congelación rápida, donde se producen pequeños cristales de hielo, en tanto que la lenta determina la formación de cristales grandes, que dañan la pared celular. El producto dañado resulta blando y se desintegra al descongelarlo (Arthey y Ashurst, 1997).

## **1.5.2 TIPOS DE CONGELADORES**

En la industria alimentaria existe una multitud de sistemas para la congelación de los alimentos, que operan mediante dióxido de carbono, nitrógeno líquido y otros líquidos refrigerantes. Se pueden agrupar estos equipos en las siguientes categorías, en función del medio de transmisión térmica (Symons, 1990):

### **1.5.2.1 Congeladores de contacto directo**

El producto está sujeto entre dos placas cruzadas, en el interior de las cuales circula el criógeno, o entre dos correas, en cuyo caso el criógeno circula por el exterior de estas bandas; al producto se puede poner solo sobre una correa. Congeladores de este tipo se usan con mayor frecuencia con paquetes de productos que no sobrepasan los 60 mm de espesor. Se distinguen tres tipos de congeladores de contacto: de placas (horizontales o verticales), de correa (sencilla o doble) y de tambor rotativo (Symons, 1990).

A continuación, en la Figura 4, se presenta un congelador de contacto directo.



**Figura 4.** Congelador de contacto directo  
(Quiminet, 2009)

**a.- Congeladores de placas:** Los congeladores de placas, tanto horizontales como verticales, se utilizan con mucha frecuencia en la industria alimentaria para la congelación de alimentos empaquetados. En estos congeladores, el refrigerante circula por dentro de placas metálicas huecas, las cuales se ponen en contacto externo con el alimento (Barreiro y Sandoval, 2006).

A continuación, en la Figura 5, se presenta un congelador de placas.



**Figura 5.** Congelador de placas  
(Tune Eureka, 2009)

**b.- Congeladores de correas o bandas:** Estos congeladores sirven para congelar capas bastante delgadas de productos líquidos o pastosos. Los productos se colocan sobre una correa simple de acero inoxidable, su espesor no sobrepasa generalmente los 15 mm, o bien sujetos entre dos correas, su espesor puede alcanzar, entonces, los 40 mm (Symons, 1990).

**c.- Congeladores de tambor:** Son especialmente útiles para la congelación continua de líquidos y materiales pastosos semilíquidos, como purés y concentrados de frutas, mezclas de helados y margarina, entre otros. Estos congeladores constan de un tambor giratorio, de velocidad angular regulable, en función del tiempo de congelación que se estipule, por el interior del cual circula un fluido refrigerante, que opera en un ciclo de compresión de vapor, tal como amoníaco o freón (Barreiro y Sandoval, 2006).

**d.- Congeladores rotativos:** Es un aparato de gran capacidad (15 t/día) que puede congelar bloques de 60 a 85 mm de espesor y dimensión de 500 a 800 mm (envueltos en material impermeable), llevándolos a  $-24^{\circ}\text{C}$ , durante dos horas. Su funcionamiento es automático y la descarga al final de la congelación no requiere descongelación parcial (Symons, 1990).

### 1.5.2.2 Congeladores de aire forzado

La congelación por aire forzado se efectúa en buenas condiciones en equipos especialmente concebidos, como túneles, congeladores de correa, congeladores de lecho fluidizado, congeladores de apilado vertical o disposición en horizontal, etc. (Symons, 1990).

**a.- Túneles de congelación:** El producto empaquetado entra en cintas de malla o perforadas, o sobre correas en forma continua, aunque también puede entrar en carritos con multibandejas. El flujo de aire frío circula en contracorriente o cruzado, a través de la cinta, con velocidades entre 100 y 3500 pie/min y temperaturas de operación entre -18 y -30° C. La velocidad de la correa o de los carritos es variable, según el tiempo de congelación deseado (Barreiro y Sandoval, 2006).

**b.- Congeladores de banda transportadora:** Estos pueden ser de una sola o de dos bandas superpuestas, también pueden ser enrolladas alrededor de un tambor rotatorio. La banda se desplaza en el interior del aparato para introducir o evacuar los productos o también pueden salir del congelador, lo que permite colocar los productos sobre la misma. El aire es insuflado verticalmente y forzado a través de la capa de productos. Este tipo de congeladores son utilizados principalmente para los productos no envueltos (Symons, 1990).

**c.- Congeladores de lecho fluidizado:** En este método, un lecho perforado y vibratorio se alimenta de producto y desde abajo, circula una corriente de aire refrigerado a -30° C. La vibración del lecho y la turbulencia del aire impiden que el producto se pegue (Arthey y Ashurst, 1997).

La fluidización tiene lugar cuando determinadas partículas, de dimensiones bastante uniformes, se someten a una corriente de aire ascendente. Para una velocidad de aire apropiado, que depende de las características del producto, las partículas flotan en la corriente como un fluido. Si el producto se introduce de manera continua en la extremidad superior de una artesa inclinada, la masa pasa continuamente hacia la extremidad inferior. El producto al mismo tiempo se

congela y transporta, sin ayuda mecánica. Estos congeladores pueden ser en espiral, de lecho fluidizado, con placas y de inmersión en líquido refrigerante (Symons, 1990).

La diferencia entre una congelación rápida y una congelación lenta es el tamaño del cristal que se forma. En la primera los cristales de hielo que se forman dentro de las células de los tejidos son de tamaño muy pequeño, lo que evitará que las paredes celulares que conforman los tejidos vegetales se rompan y que al descongelar el producto no haya derrame de fluidos celulares. En una congelación lenta, el tamaño del cristal que se forma es tan grande que rompe las paredes celulares, permitiendo el derrame de fluidos internos y la consiguiente pérdida de sabor, textura y valor nutritivo cuando se descongela el alimento (Piky, 2007).

Si la congelación es correcta, a parte del daño inevitable de los cristales, no hay cambios en pigmentos, sabores y olores del alimento. Los componentes nutritivos también se conservan pero puede haber cambios durante el almacenamiento posterior (Symons, 1990).

La temperatura del congelador se debe mantener lo más constante posible, para no dañar los alimentos. De lo contrario, si hay subidas y bajadas de temperatura, algunos cristales de hielo que funden luego se volverán a congelar y pueden dar cristales diferentes (Larre, 2008).

Existen tres tipos de alteración de los cristales de hielo:

**Isomasa:** Ocurre cuando un cristal se funde y se recongela con otra forma. Se dan roturas de las células que se encuentran alrededor y aparecen exudados (Larre, 2008).

**Acrecentada:** Dos o más cristales de hielo forman gotas de agua, se juntan y se recongelan, para dar un cristal de mayor tamaño, lo que puede dañar los tejidos adyacentes (Larre, 2008).

**Migratorio:** Se funden los cristales de una zona y hay migración de vapor a otra zona. Cuando se recongelan las gotas que han migrado lo hacen con mayor tamaño. En este caso, se pueden dar quemaduras por el frío debido a las pérdidas de agua en ciertas zonas (Larre, 2008).

Como consecuencia de las malas condiciones de almacenamiento se pueden dar los siguientes hechos desagradables en los alimentos:

- Pérdida de agua y color en el alimento.
- Cambios oxidativos en las grasas.
- Intercambios de olores.
- Pérdida de compuestos volátiles.
- Desnaturalización de proteínas.

Para conocer si la temperatura se ha mantenido constante, se utilizan ceras con colorante. Si al cabo de un tiempo el colorante se ha separado de la figura es señal que se ha descongelado y se ha vuelto a congelar (Symons, 1990).

## **1.6 LIOFILIZACIÓN**

### **1.6.1 DEFINICIÓN**

Es un método de desecación, en el que se elimina el agua por congelación del producto húmedo y posterior sublimación del hielo, en condiciones de vacío. Al suministrar calor el hielo sublima y se evita el paso por la fase líquida (Bermejo, 1999).

La liofilización es un proceso de secado, mediante sublimación, que se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos, los cuales se afectan en gran medida durante los procesos convencionales de secado (Torrecilla, 2008).



A continuación en la Figura 6 se presenta un modelo de liofilizador.



**Figura 6.** Liofilizador  
(Telstar-Life Sciences, 2009)

## 1.6.2 ETAPAS DE LA LIOFILIZACIÓN

### 1.6.2.1 La congelación del material

Cada producto debe congelarse, de manera que se minimicen las alteraciones en el proceso posterior de sublimación, para lo cual se debe considerar:

- ✓ La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación,
- ✓ La velocidad óptima de enfriamiento,
- ✓ La temperatura mínima de fusión incipiente.

Se busca que el producto ya congelado tenga una estructura sólida, sin intersticios en los que haya líquido concentrado, para propiciar que todo el secado ocurra por sublimación. En los alimentos se pueden obtener distintas mezclas de estructuras, luego de la congelación que incluyen cristales de hielo, eutécticos, mezclas de eutécticos y zonas vítreas amorfas. Estas últimas son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así mismo como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial (Torrecilla, 2008).

### 1.6.2.2 El secado por sublimación

El proceso de secado, como tal, puede ocurrir o no a bajas presiones, pero en tales condiciones es mucho más eficiente el proceso difusivo. El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía suministrada en alto vacío, pues la interfase de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados), genera un considerable riesgo de fusión del material (Torrecilla, 2008).

Cuando se realiza el secado mediante la liofilización se distinguen tres fases o etapas. Con el calentamiento empieza a formarse un frente de sublimación o interfase entre la capa seca y la capa congelada de la muestra, que avanza progresivamente, y para un determinado instante, a una temperatura de interfase le corresponde una determinada presión de saturación. La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra, bajo la acción de una diferencia de presión. Esta transferencia es alta cuando la diferencia de presión es grande (Xuletas, 2008).

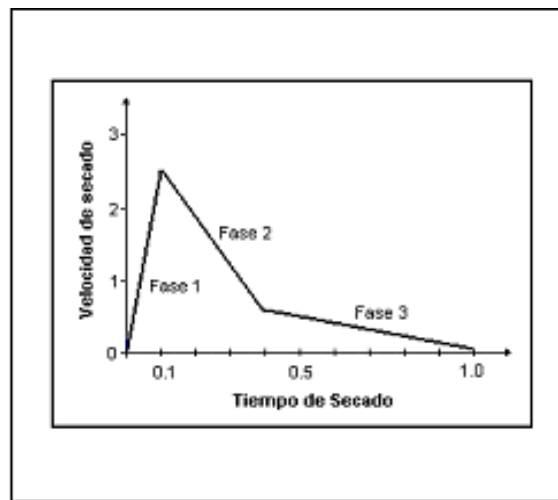
Las tres fases que se distinguen son:

**Fase 1:** Llamada etapa conductiva. Inicialmente, por el calentamiento de la muestra, la velocidad de sublimación crece rápidamente hasta llegar a un máximo en un tiempo relativamente corto; en ella se lleva a cabo la mayor parte de remoción de agua del producto (entre 75 – 90 %), el mecanismo preponderante es la transferencia de calor por conducción (Torrecilla, 2008).

**Fase 2:** Primera etapa difusiva. Muestra un descenso importante de la velocidad de sublimación, debido a la formación de una capa porosa de material seco, que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor, a medida que procede el secado (Torrecilla, 2008).

**Fase 3:** Segunda etapa difusiva. La velocidad de sublimación decrece, de forma que se aproxima a cero. Esto debido a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación (Torrecilla, 2008).

Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña. Es posible en esta etapa incrementar la temperatura de calefacción y del producto hasta valores del orden de  $50^{\circ}\text{C}$ , depende del material que se trate (Xuletas, 2008).



**Figura 7.** Etapas del proceso de liofilización  
(Torrecilla, 2008)

La curva de velocidad de sublimación, presentada en la Figura 7, indica solo la transferencia de masa. Como en todo proceso de secado, coexisten los fenómenos de transferencia de masa y calor, la curva de transferencia de calor en función del tiempo se obtiene al multiplicar la cantidad de agua sublimada por su correspondiente calor de sublimación (Xuletas, 2008).

En la transferencia de calor y masa se combinan la acción de la temperatura y los gradientes de presión como fuerzas impulsoras, que deben vencer las resistencias puestas por el espesor de la muestra y sus características físicas. El espesor es importante; mientras, es más delgado hay menor resistencia para que el flujo de calor y masa pase a través de la muestra (Torrecilla, 2008).

La transferencia de calor se hace por conducción-convección gaseosa y radiación (o una combinación de ambos mecanismos) esta última es la preponderante cuando se opera a muy baja presión (Torrecilla, 2008).

### **1.6.3 BENEFICIOS DE LOS PRODUCTOS LIOFILIZADOS Y USOS**

A continuación se detallan algunos de los principales beneficios que presentan los productos liofilizados: (Trading Argentina, 1999)

- Mantienen intactas todas sus cualidades: forma, gusto, sabor, color y valores nutricionales, libre de aditivos y conservantes.
- Tienen larga vida útil.
- No necesitan demasiados cuidados de almacenamiento, solo requieren ser almacenados en un lugar fresco y seco.
- Son de fácil aplicación.
- Pueden ser rehidratados instantáneamente.
- Presentan una excelente calidad microbiológica.

Los productos liofilizados se utilizan en mezclas secas (sopas deshidratadas, postres, comidas para microondas, etc.), snacks, mezclas con cereales, en las industrias de confitería, chocolates y golosinas (barras de cereal, galletas, cremas, mousses, postres, etc.) (Trading Argentina, 1999).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 MATERIALES

#### 2.1.1 MATERIA PRIMA

La investigación se realizó con una muestra de frutas recolectadas directamente de la Granja San Carlos, de la Estación Experimental Central de la Amazonía, del INIAP. Algunos materiales se cosecharon de las huertas de los productores de la Provincia de Francisco de Orellana.

Para el arazá (*Eugenia stipitata*) se usaron los clones 001, 002, y 003, que se presentan en las Figuras 8, 9 y 10.



**Figura 8.** Clon 001 de arazá



**Figura 9.** Clon 002 de arazá



**Figura 10.** Clon 003 de arazá

Para el borojón (*Borojoa patinoi*) se usaron los clones 15-3, 17-4, 18-5, 20-6, 21-7 y 24-8, que se presentan en las Figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16:



**Figura 11.** Clon 15-3 de borojón



**Figura 12.** Clon 17-4 de borojón



**Figura 13.** Clon 18-5 de borojón



**Figura 14.** Clon 20-6 de borojó



**Figura 15.** Clon 21-7 de borojó



**Figura 16.** Clon 24-8 de borojó

Se realizó una selección de las frutas, de acuerdo con su estado de madurez. Con las frutas que presentaron madurez comestible se realizaron las caracterizaciones física y química en la fruta fresca y liofilizada. Así como, el congelamiento y la pasteurización de las pulpas de dichas frutas.

### 2.1.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS

- Despulpador, fabricación nacional
- Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC) Agilent 1100
- Liofilizador Labconco
- Espectrofotómetro UV-VIS Shimadzu
- Incubador – agitador P. Scientific
- Refrigeradora
- Cuarto de Conservación (Cora)
- Cuarto de Congelación (Cora)
- Latas de aluminio
- Balanzas
- pHmetro, ORION EA-940
- Termómetros Traceable Control
- Destilador Millie-Q Academic
- Desecador
- Erlenmeyers Kimax
- Pipetas graduadas Kimax
- Pipetas Eppendorf
- Probetas Kimax
- Embudos de separación Kimax
- Varillas de agitación
- Soportes
- Espátulas
- Agitadores magnéticos
- Envases herméticos de vidrio
- Cajas petri
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrífuga con tapa
- Papel parafilm
- Papel filtro cuantitativo
- Estufa, Imperial V
- Baño ultrasonido, Coleparmer
- Centrífuga, International Equipment
- Penetrómetro manual Gullimex
- Refractómetro manual ATAGO
- Colorímetro, Color Tec PCM/PSM
- Licuadora industrial Waring Comercial
- Baño María, Cole Parmer 1266-02
- Nonio o calibrador digital Mitutoyo
- Agitador de tubos Mix II Thermolyne
- Mufla 48000 Furnace
- Cronómetro
- Placa agitadora Variomag telesistem
- Desmineralizador Seradest SR 1400
- Cuchillos Stainless Steel Knife set
- Balones Kimax
- Pipetas volumétricas Kimax
- Buretas Kimax
- Embudos simples Kimax
- Bandejas de plástico Pika
- Crisoles de porcelana
- Pinzas
- Gradillas
- Mortero de porcelana
- Fundas herméticas estériles
- Vasos de precipitación
- Viales
- Papel aluminio
- Papeles adsorbentes
- Papel filtro cualitativo



## **2.2 MÉTODOS**

### **2.2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE ARAZÁ Y BOROJÓ**

#### **2.2.1.1 Factores de estudio**

Tres clones de arazá y seis de borojó.

#### **2.2.1.2 Unidad experimental**

La unidad experimental estuvo constituida por 50 frutos de cada uno de los clones de arazá y de 20 frutos de cada uno de los clones de borojó.

#### **2.2.1.3 Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante medidas de tendencia central, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, que se determinaron con ayuda del programa Microsoft Excel 2007. Para la prueba de significación LSD al 5 % se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.0.

#### **2.2.1.4 Manejo específico del experimento**

Para el desarrollo de esta actividad, se utilizaron tres clones de arazá y seis de borojó, cosechados en estado de madurez organoléptica, de las huertas que posee el INIAP en la Granja San Carlos de la Estación Experimental Central de la Amazonía.

La caracterización completa incluyó determinaciones físicas en la fruta entera, y químicas en la pulpa de la fruta en fresco y liofilizada. Los análisis se realizaron en los Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. En los Laboratorios del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos en Costa Rica, se realizó la medición de la actividad, poder o capacidad antioxidante.

### **2.2.1.5 Procedimiento**

Dentro de la caracterización física, se realizaron las siguientes determinaciones en la fruta entera: peso, largo, diámetro, firmeza, color interno y externo y rendimiento de la pulpa.

Para la caracterización físico-química y funcional se utilizó la pulpa de cada uno de los cultivares de arazá y de borojó y se evaluaron los siguientes parámetros: pH, acidez titulable, sólidos solubles, humedad, cenizas, ácidos orgánicos y azúcares identificados y cuantificados por HPLC, azúcares totales y reductores, vitamina A y C, macro y micro elementos, antocianinas, polifenoles, carotenoides totales, capacidad antioxidante total, actividad de la polifenoloxidasas y peroxidasas. En el Anexo A, se describen los métodos utilizados.

### **2.2.2 SELECCIÓN DE UN CLON DE ARAZÁ Y BOROJÓ, DE ACUERDO CON LA MAYOR CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

La selección de los mejores clones de arazá y borojó se realizó mediante el análisis del contenido de la capacidad antioxidante total, por la metodología del ORAC, que se detalla en el Anexo A, reportado como micromoles equivalente de trolox y, por la sumatoria del contenido de carotenoides, polifenoles y vitamina C.

### **2.2.3 EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA PASTEURIZACIÓN Y CONGELAMIENTO SOBRE EL VALOR NUTRITIVO Y FUNCIONAL, EN UN CLON SELECCIONADO DE ARAZÁ Y BOROJÓ**

#### **2.2.3.1 Factores de estudio**

Los factores en estudio representan los dos métodos de conservación utilizados: la pasteurización y la congelación.

### 2.2.3.2 Tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres observaciones. Los tratamientos se describen en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Descripción de los tratamientos de conservación de la pulpa de arazá y borojó

Tratamiento	Descripción
T <sub>1</sub>	Pasteurización: se tomaron 250 g de pulpa fresca de cada fruta y fueron sometidas a la mejor condición obtenida para la pasteurización, en un baño con temperatura regulable y bajo agitación constante.
T <sub>2</sub>	Congelamiento: -18° C

### 2.2.3.3 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un total de 10 kg de pulpa, de los clones seleccionados de arazá y de borojó.

### 2.2.3.4 Análisis funcional

Se determinó el coeficiente de variación en porcentaje (CV%) de los parámetros determinados y para el análisis de los tratamientos se realizó la prueba de significación Tukey al 5 %, con el programa Statgraphics Plus 4.0.

### 2.2.3.5 Manejo específico del experimento

Para los ensayos en el arazá y en el borojó, las pruebas de transformación y conservación se realizaron en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.

En los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador se realizaron los análisis microbiológicos: índice de coliformes totales (método NTE INEN 1 529-7), recuento de mohos y levaduras (método NTE INEN 1 529-10).

### **2.2.3.6 Procedimiento**

Con base en los datos experimentales de la caracterización química realizada en la primera fase, se hizo una comparación entre todos los clones de arazá, mediante un análisis estadístico con el programa Statgraphics Plus 4.0. Se analizó si existieron diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas y se seleccionó el clon con mayor capacidad antioxidante. Se procedió de forma similar con el borojó.

Una vez seleccionados los clones de arazá y de borojó, se despulpó la fruta fresca, que fue previamente lavada y desinfectada y se colocó una parte de la pulpa en bolsas estériles con cierre hermético, para su almacenamiento en un cuarto de congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  y, con la otra parte de la pulpa, se procedió inmediatamente a pasteurizar en las condiciones de tiempo y temperatura establecidas en las pruebas preliminares.

Luego se analizó la calidad física y química en las pulpas pasteurizadas y en las pulpas congeladas a los seis y doce meses de congelación. Las variables evaluadas fueron: pH, acidez titulable, contenido de vitamina C, sólidos solubles y color, así como el contenido de coliformes totales, mohos y levaduras.

Se seleccionó el mejor tratamiento de conservación, con base en los datos de la caracterización de las pulpas congeladas y pasteurizadas.

### **2.2.4 ANÁLISIS ECONÓMICO A ESCALA DE PLANTA PILOTO**

Se realizó una estimación de las inversiones, los costos y gastos, los niveles de producción y las ventas relacionadas con un proyecto de producción de pulpa pasteurizada y congelada de arazá y de borojó, a escala de planta piloto. Se utilizaron los formularios para análisis económico de los estudios de prefactibilidad, que utilizan las entidades bancarias para los créditos que otorgan a los clientes. Estos incluyen indicadores financieros, como el punto de equilibrio, la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)

##### 3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Se caracterizó la fruta en su estado de madurez organoléptica, a través del análisis físico que comprendió las determinaciones de peso, largo, diámetro, relación largo/diámetro, firmeza de la fruta y rendimiento en pulpa, en cáscara y en semillas.

En el Anexo B se presentan los valores obtenidos del análisis de comparación de múltiples muestras, Anova ( $\alpha=0,05$  %), para determinar si existieron diferencias significativas entre los datos de las variables de las caracterizaciones física y físico-química correspondientes a los tres clones de arazá.

Los resultados de la caracterización física se reportan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Caracterización física de los tres clones de arazá

Clon*	Peso (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Relación L/D	Firmeza fruta (kgf)
001	202,80 ± 60,86	7,52 ± 1,04	7,57 ± 1,04	1,00 ± 0,08	2,41 ± 0,61
002	115,64 ± 67,87	5,63 ± 1,38	6,18 ± 1,57	0,91 ± 0,13	1,76 ± 0,60
003	182,26 ± 57,29	7,50 ± 0,98	8,70 ± 0,98	0,98 ± 0,16	1,60 ± 0,45

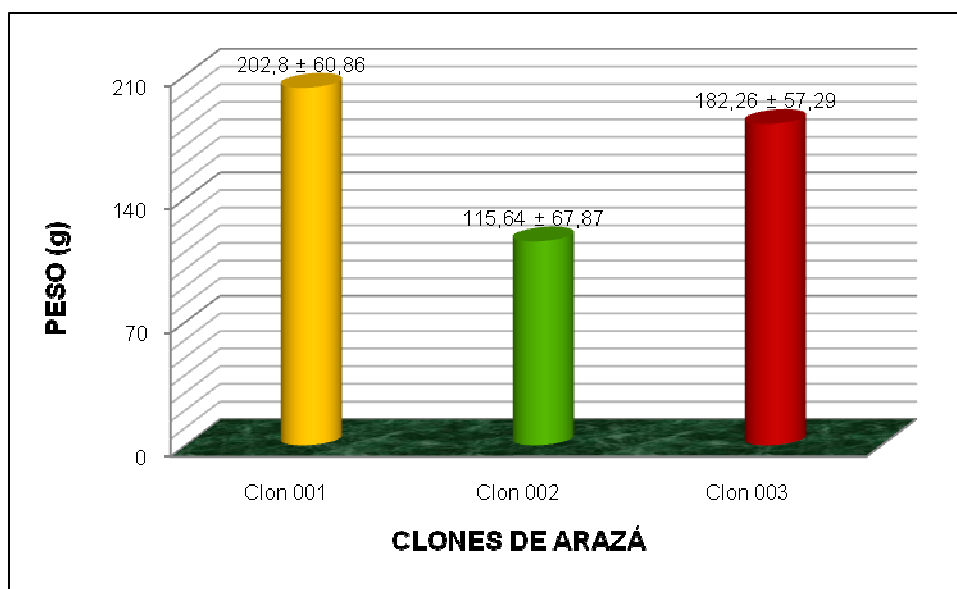
\* En base fresca ± desviación estándar de 50 repeticiones

- **Peso**

En el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se determinó que no existió diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %), entre las medias de los pesos de los tres clones de arazá.

En la Tabla 6, se presenta al clon 001 con el mayor peso promedio de 202,80 g; mientras que, el clon 002 tiene el peso promedio más bajo, con 115,64 g. Estos valores son similares a los reportados por Do Nascimento y Gentil (1999), quienes

encontraron frutos de arazá en un rango entre 126,2 y 161,5 g. En la Figura 17 se visualizan con mayor claridad estos resultados.

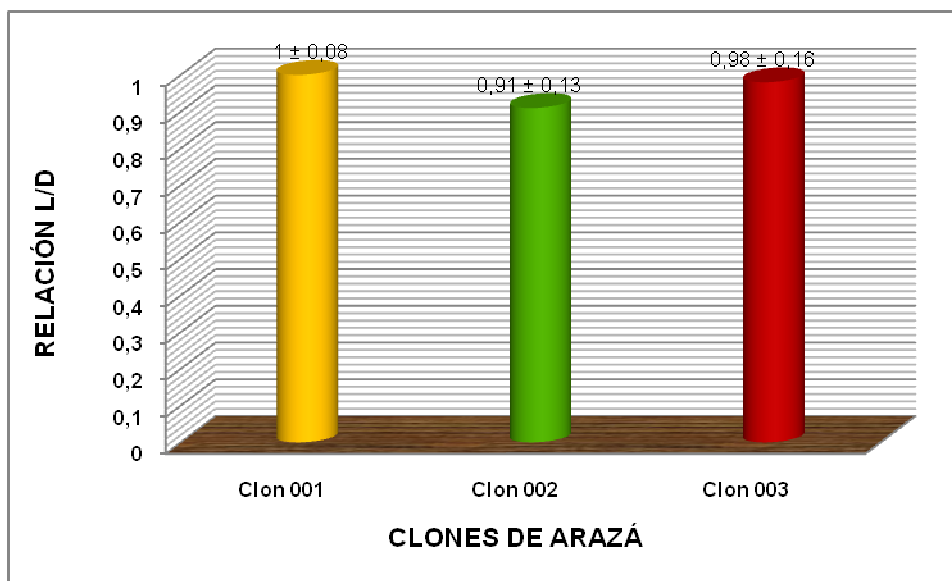


**Figura 17.** Peso promedio de los tres clones de arazá

- **Relación largo/diámetro**

En la Figura 18, se ve que las medias de las relaciones L/D para los clones 001 y 003 son cercanas a uno, esto quiere decir que tienen una forma redonda, pues la medida del largo prácticamente coincide con la del diámetro. Al contrario, el clon 002 tiene una forma ancha, con una relación de 0,91, pues el diámetro es mayor que el largo.

Aunque el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, determinó que las diferencias no son significativas ( $\alpha=0,05$  %), entre las medias de las relaciones largo/diámetro para los tres clones de arazá.



**Figura 18.** Relación largo/diámetro de los tres clones de arazá

- **Firmeza**

En la Tabla 6, se aprecia que el clon más firme fue el 001, con 2,41 kgf y el menos firme fue el clon 003, con 1,60 kgf. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $\alpha=0,05$  %), entre las medias para los tres clones de arazá.

- **Rendimiento**

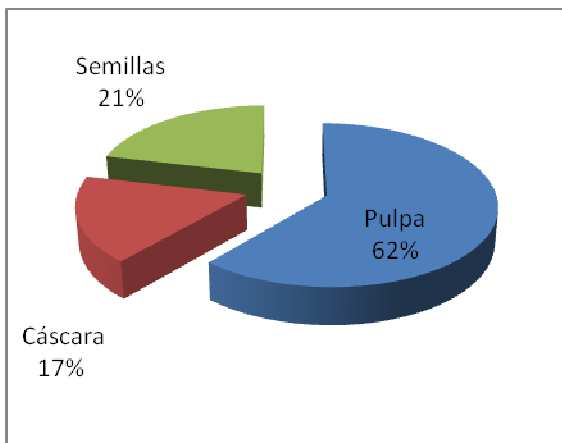
Los resultados del rendimiento en pulpa, semillas y cáscara con relación a la fruta de los tres clones de arazá, se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara de los tres clones de arazá

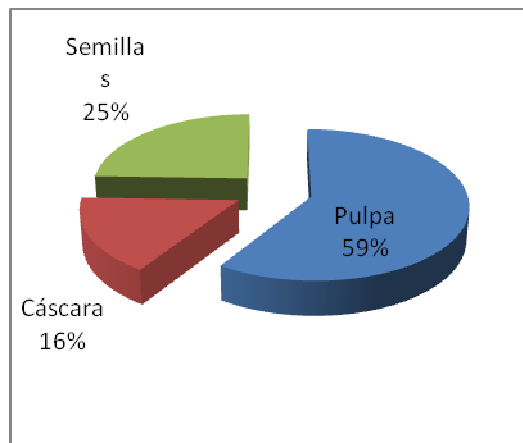
ANÁLISIS*	CLON 001	CLON 002	CLON 003
Pulpa a fruta (%)	61,36 ± 3,30	59,21 ± 2,81	60,20 ± 4,57
Cáscara a fruta (%)	17,32 ± 1,67	16,29 ± 3,22	17,41 ± 3,81
Semillas a fruta (%)	21,32 ± 1,64	24,50 ± 0,50	22,39 ± 1,52

\*En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

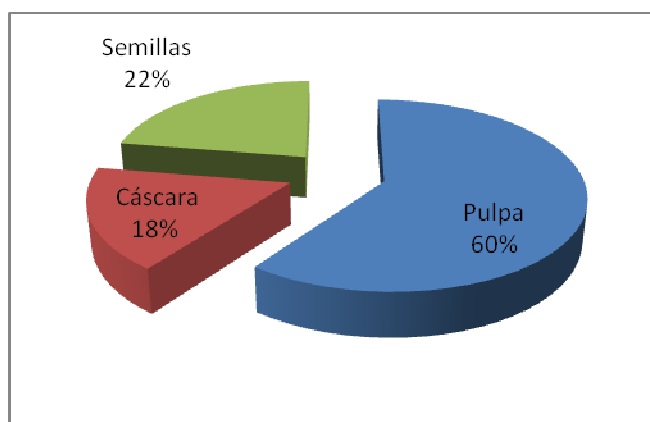
Con base en los resultados reportados en la Tabla 7 y en las Figuras 19, 20 y 21, el clon 001 fue el de mayor rendimiento en pulpa y el clon 002 el de menor rendimiento, mientras que el clon 002 fue el de mayor rendimiento en semillas.



**Figura 19.** Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara en el clon 001 de arazá



**Figura 20.** Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara del clon 002 de arazá



**Figura 21.** Rendimiento en pulpa, semilla y cáscara en el clon 003 de arazá

El clon de mayor peso fue el que presentó el mayor rendimiento en pulpa (clon 001); sin embargo, el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, determinó que las diferencias no fueron significativas estadísticamente al nivel de confianza LSD 95 %, entre los tres clones de arazá.



### 3.1.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Dentro de la caracterización físico-química de la pulpa de la fruta de arazá, se realizaron los análisis de color instrumental, pH, acidez titulable, humedad, cenizas, sólidos solubles, ácidos orgánicos, azúcares identificados y cuantificados por HPLC, azúcares totales, azúcares reductores, vitaminas A y C, minerales (macro, microelementos y metales pesados), polifenoles, carotenoides totales, antocianinas, capacidad antioxidante, actividad peroxidasa y polifenoloxidasa.

- **Color externo e interno**

Se determinaron el color interno de la pulpa de arazá y el color externo de la fruta, con los valores reportados para L, a, b se cálculo el ángulo Hue ( $^{\circ}$  H), la cromaticidad (C) y el índice de oscurecimiento (IO), los que se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Color interno y externo de los tres clones de arazá

ANÁLISIS*		CLON 001	CLON 002	CLON 003
<b>COLOR EXTERNO (CÁSCARA)</b>	<b>L</b>	48,03 ± 0,80	55,02 ± 0,05	58,91 ± 0,97
	<b>a</b>	-10,55 ± 0,61	-6,92 ± 0,66	-4,53 ± 0,48
	<b>b</b>	38,74 ± 1,09	48,82 ± 1,83	56,08 ± 1,10
	<b><math>^{\circ}</math>H</b>	-73,66 ± 0,82	-76,13 ± 0,42	-85,42 ± 0,57
	<b>C</b>	40,33 ± 1,12	49,93 ± 1,81	56,42 ± 0,99
	<b>IO</b>	122,21 ± 11,69	153,24 ± 4,27	181,26 ± 3,04
<b>COLOR INTERNO (PULPA)</b>	<b>L</b>	46,13 ± 2,14	56,30 ± 1,11	51,93 ± 0,78
	<b>a</b>	-7,01 ± 0,72	-6,42 ± 0,91	-2,46 ± 0,10
	<b>b</b>	23,60 ± 2,06	28,81 ± 2,62	26,50 ± 0,92
	<b><math>^{\circ}</math>H</b>	-73,48 ± 0,34	-77,48 ± 0,85	-84,68 ± 0,24
	<b>C</b>	24,62 ± 2,17	29,52 ± 2,74	26,63 ± 0,88
	<b>IO</b>	54,95 ± 4,86	58,26 ± 5,78	64,58 ± 2,65

\* En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

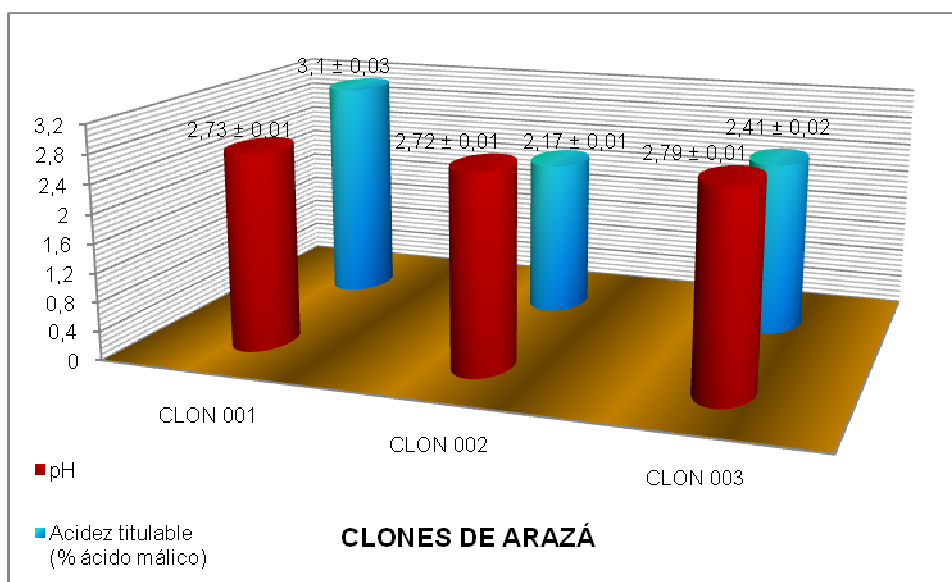
La luminosidad externa es mayor para el clon 003, así como el parámetro b con 56,08, correspondiente a la tonalidad amarilla. Los valores reportados para b en el color interno presentan la misma tonalidad amarilla. El análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se realizó para  $^{\circ}$ H, IO y C habiéndose

determinado que existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias para el color externo en los tres clones de arazá.

Para el color interno, se determinó que existió diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %), entre todas las medias del ángulo Hue de los tres clones de arazá. En la cromaticidad existió una variación estadísticamente significativa entre la media del clon 001 y la media del clon 002 y, para el índice de oscurecimiento, existió diferencia estadísticamente significativa entre la media del clon 001 y la del clon 003.

- **pH y acidez titulable**

Con base a los resultados reportados en la Figura 22 y según el análisis estadístico, se determinó que existió variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias del pH del clon 003 con 2,79 con relación a los clones 001 y 002. El valor reportado por Hernández *et al.* en el año 2006, para el pH de esta fruta es 2,5.



**Figura 22.** Valor promedio del pH y la acidez titulable, en base fresca, de los tres clones de arazá

En relación con los resultados reportados de las medias de la acidez titulable de los tres clones de arazá, se determinó que existe una variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los tres clones.

El clon 001 presentó el mayor porcentaje de acidez titulable, reportada como ácido málico, con 3,10 % y el clon 002 con 2,17 % es el material con menor acidez, característica deseable para esta fruta.

- **Contenido de sólidos solubles**

Para los resultados reportados en la Tabla 9, las medias del contenido de sólidos solubles no presentan cambios, lo cual se comprueba ya que estadísticamente las diferencias no son significativas, entre los tres clones de arazá.

**Tabla 9.** Contenido de sólidos solubles en los tres clones de arazá

ANÁLISIS*	CLON 001	CLON 002	CLON 003
Sólidos solubles (° Brix)	4,30 ± 0,54	4,37 ± 0,75	4,40 ± 0,57

\* En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

- **Contenido de vitamina A y vitamina C**

Para la vitamina A, existió diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias de los clones de arazá. Los valores obtenidos para las vitaminas A y C, se reportan en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Contenido de vitamina A y C en los tres clones de arazá

ANÁLISIS	CLON 001	CLON 002	CLON 003
Vitamina C* (mg/100 g)	29,88 ± 0,48	35,39 ± 1,51	36,84 ± 0,74
Vitamina A** (UI/100 g)	3018,73 ± 2,45	4618,21 ± 3,34	2687,18 ± 2,65

\*\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones  
base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

\*En

La media de la vitamina C del clon 001, presentó diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) con respecto a las medias de los clones 002 y 003, determinada por el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras.

- **Análisis proximal**

El análisis proximal comprendió las determinaciones de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra y los elementos libres de nitrógeno. Por fines comparativos, se reportan los resultados en base seca y la humedad se analiza de forma separada, los resultados se reportan en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Resultados promedio en base seca del análisis proximal de tres clones de arazá

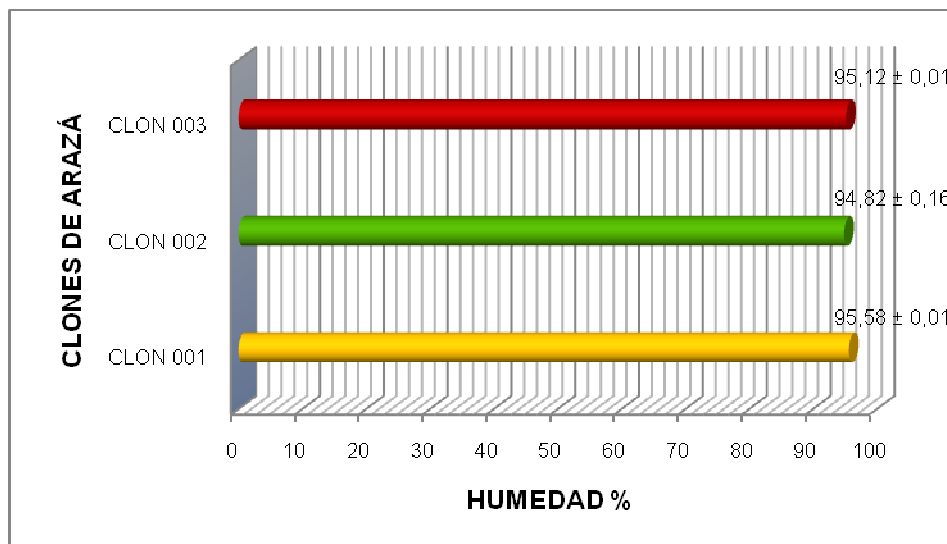
%*	CLON 001	CLON 002	CLON 003
<b>Cenizas</b>	2,94 ± 0,02	2,58 ± 0,04	2,52 ± 0,01
<b>Extracto etéreo</b>	0,86 ± 0,03	0,59 ± 0,02	0,71 ± 0,04
<b>Proteína</b>	12,68 ± 0,03	10,31 ± 0,01	12,67 ± 0,07
<b>Fibra</b>	8,24 ± 0,02	7,31 ± 0,02	6,69 ± 0,06
<b>E.L.N.</b>	62,66 ± 0,01	64,54 ± 0,02	60,36 ± 0,01

\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones

De acuerdo con el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se determinó que existió variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre la media del contenido de cenizas del clon 001, con respecto a los otros dos clones. En el contenido de extracto etéreo se estableció que existió una diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias de los clones de arazá.

En los resultados reportados del contenido de proteína, se encontró una variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre la media del clon 002 con respecto a las medias de los otros dos clones. En el análisis estadístico se determinó que en la fibra y en los elementos libres de nitrógeno existió diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias de los clones de arazá.

En la Figura 23 se reportan los resultados del contenido de humedad de los clones de arazá.

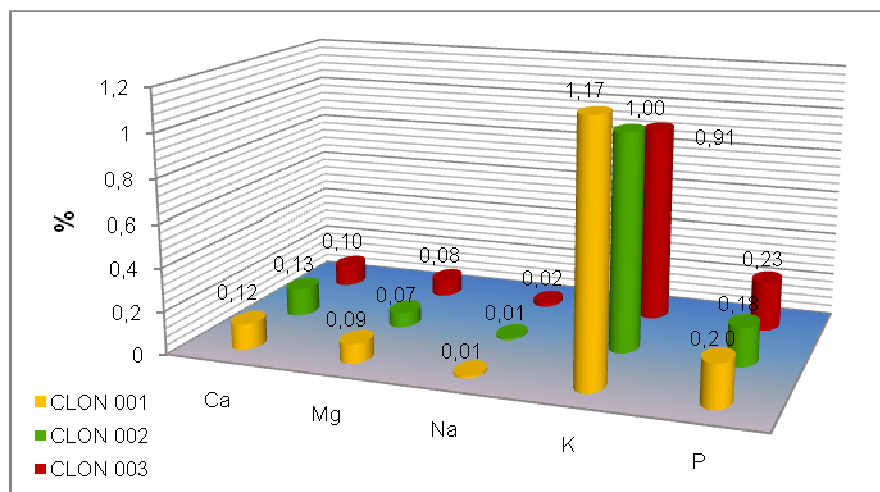


**Figura 23.** Humedad en los tres clones de arazá

El análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, determinó que existe variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el contenido de humedad para los tres clones de arazá.

- **Contenido de macronutrientes minerales**

En la Figura 24 se presentan los resultados del contenido de calcio, magnesio, sodio, potasio y fósforo, de los tres clones de arazá; la desviación estándar se encuentra en el orden de milésimas y diez milésimas, razón por la cual no se presentan la figura. El análisis estadístico de comparación de múltiples muestras estableció que solamente para el calcio, el potasio y el fósforo existió variación significativa entre las medias de todos los clones de arazá.

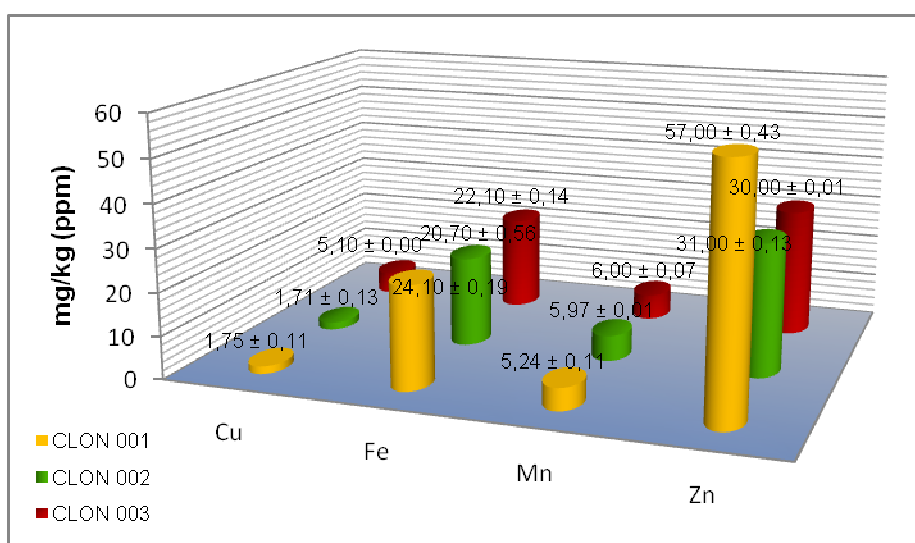


**Figura 24.** Contenido de macroelementos, en base seca, en los tres clones de arazá

En los resultados reportados del magnesio, se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0,05$  %) para el clon 001. El contenido de sodio en los tres clones de arazá, no presenta diferencias significativas.

- **Contenido de microelementos minerales**

Los resultados del contenido de microelementos minerales en los tres clones de arazá están reportados en la Figura 25.



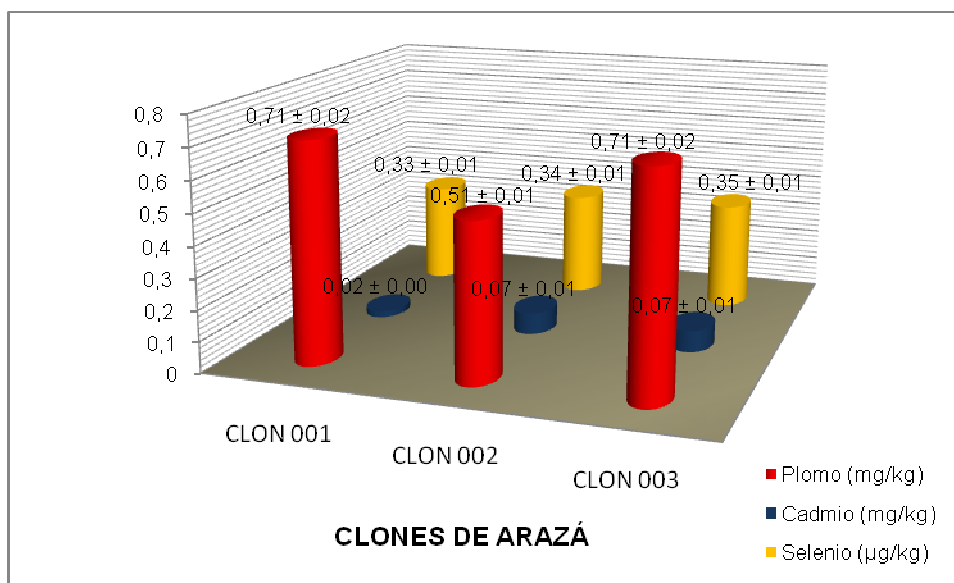
**Figura 25.** Contenido de microelementos, en base seca, en los tres clones de arazá

En el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se determinó que existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias del contenido de cobre del clon 003 y las de los clones 001 y 002.

Se estableció estadísticamente que existe variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias de todos los clones, para el contenido de hierro y de cinc; el contenido de manganeso no presenta diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 001 y las de los clones 002 y 003.

- **Contenido de metales pesados**

Los resultados del contenido de plomo, cadmio y selenio, en los clones de arazá están reportados en la Figura 26.



**Figura 26.** Contenido de metales pesados, en base seca, en los tres clones de arazá

El plomo presentó diferencias estadísticamente significativas entre el clon 002 y los clones 001 y 003; con relación al contenido de cadmio estas diferencias se presentaron entre el clon 001 y los clones 002 y 003. Los valores obtenidos para estos dos metales se encuentran dentro de los contenidos permitidos para las

frutas, por la Unión Europea (contenido máximo mg/kg peso fresco: 0,05 Cd, 0,10 Pb).

Se estableció diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias de contenido de selenio de los tres clones. Esta fruta no representa un gran aporte, ya que los requerimientos nutricionales diarios para este metal, considerado un oligoelemento, es de 50 a 75  $\mu\text{g}/\text{día}$  en peso fresco.

- **Contenido de azúcares totales y reductores**

Los resultados del contenido de azúcares totales y reductores en los clones de arazá están reportados en la Tabla 12. De acuerdo con el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se determinó que existió diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) de las medias del contenido de azúcares totales del clon 003, con respecto a los clones 001 y 002.

**Tabla 12.** Resultados promedio del contenido de azúcares totales y reductores, en base seca, de los tres clones de arazá

ANÁLISIS	CLON 001	CLON 002	CLON 003
Azúcares totales (%)	24,56 $\pm$ 0,82	26,46 $\pm$ 1,17	33,76 $\pm$ 1,10
Azúcares reductores (%)	4,08 $\pm$ 0,01	6,40 $\pm$ 0,08	7,75 $\pm$ 0,07

\* En base seca  $\pm$  desviación estándar de 3 repeticiones

En el contenido de azúcares reductores, se encontró una variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los tres clones de arazá.

- **Contenido de Azúcares por HPLC**

Los resultados del contenido de azúcares analizados por cromatografía líquida de alta resolución, para los clones de arazá, están reportados en la Tabla 13.



**Tabla 13.** Contenido de fructosa, glucosa y sacarosa, en base seca, en los tres clones de arazá

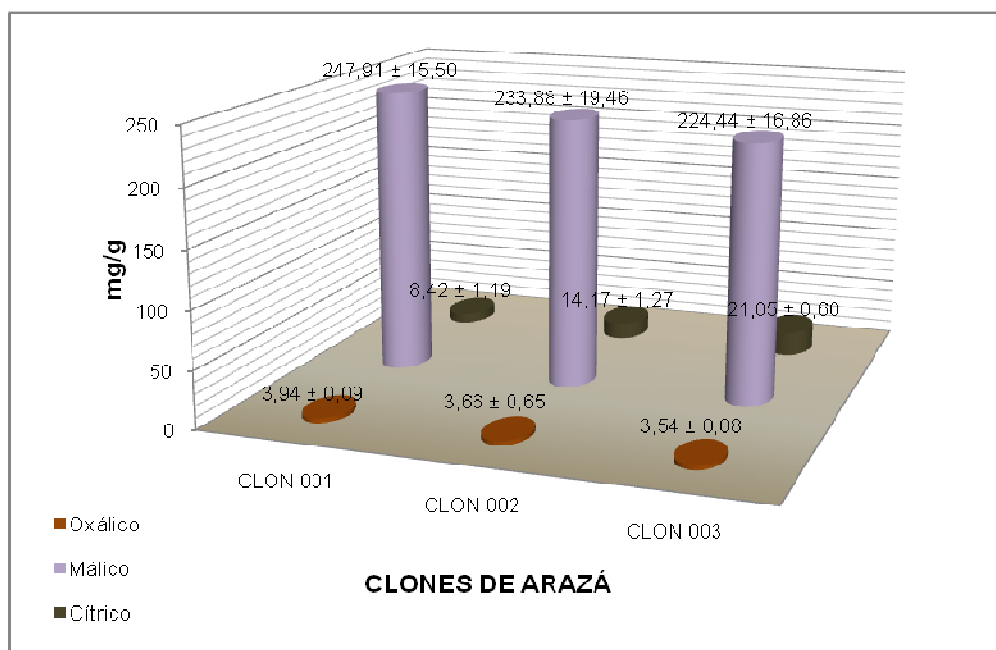
ANÁLISIS	CLON 001	CLON 002	CLON 003
Fructosa (%)	1,09 ± 0,03	1,88 ± 0,04	2,67 ± 0,02
Glucosa (%)	0,73 ± 0,04	1,21 ± 0,05	1,83 ± 0,01
Sacarosa (%)	1,49 ± 0,01	2,74 ± 0,17	5,57 ± 0,01

\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones

En el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se encontró varianza significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los tres clones de arazá en el contenido de fructosa, glucosa y sacarosa. El azúcar representativo para el arazá es la sacarosa, ya que tiene el mayor contenido con valores de 1,49, 2,74 y 5,57 %, con relación a la fructosa y glucosa, en los clones 001,002 y 003.

- **Ácidos orgánicos por HPLC**

El contenido de ácidos orgánicos analizados por cromatografía líquida de alta resolución, se encuentran reportados en la Figura 27.



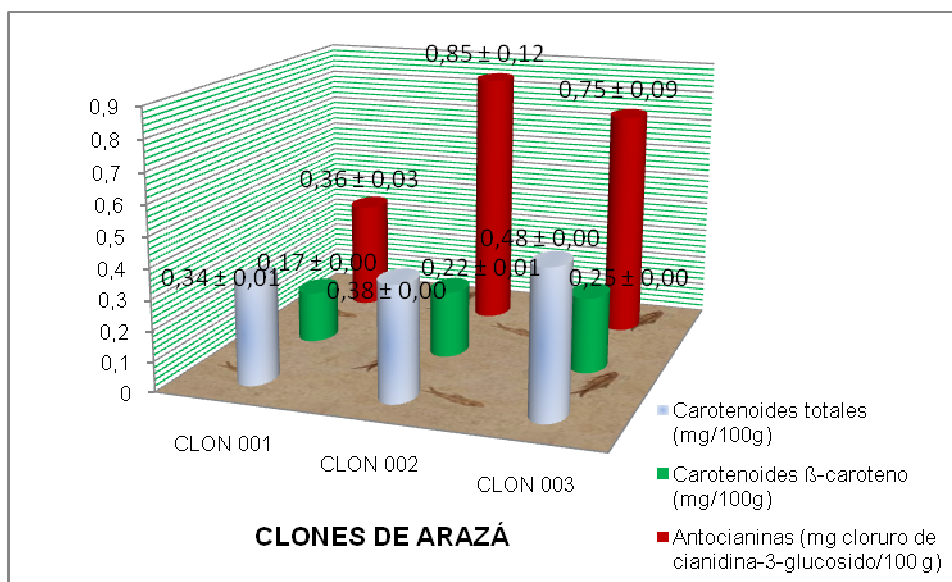
**Figura 27.** Resultados promedio del contenido de ácido oxálico, málico y cítrico en base seca en los tres clones de arazá.

El ácido málico se encuentra en mayor cantidad con respecto al ácido cítrico y al oxálico y se constituye como el ácido representativo del arazá.

En el análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, se estableció que, en el contenido de ácido oxálico y ácido málico, no existió variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los clones de arazá.

- **Contenido de carotenoides totales,  $\beta$ -caroteno y antocianinas**

Los valores correspondientes al contenido de carotenoides totales,  $\beta$ -caroteno y antocianinas se presentan en la Figura 28.

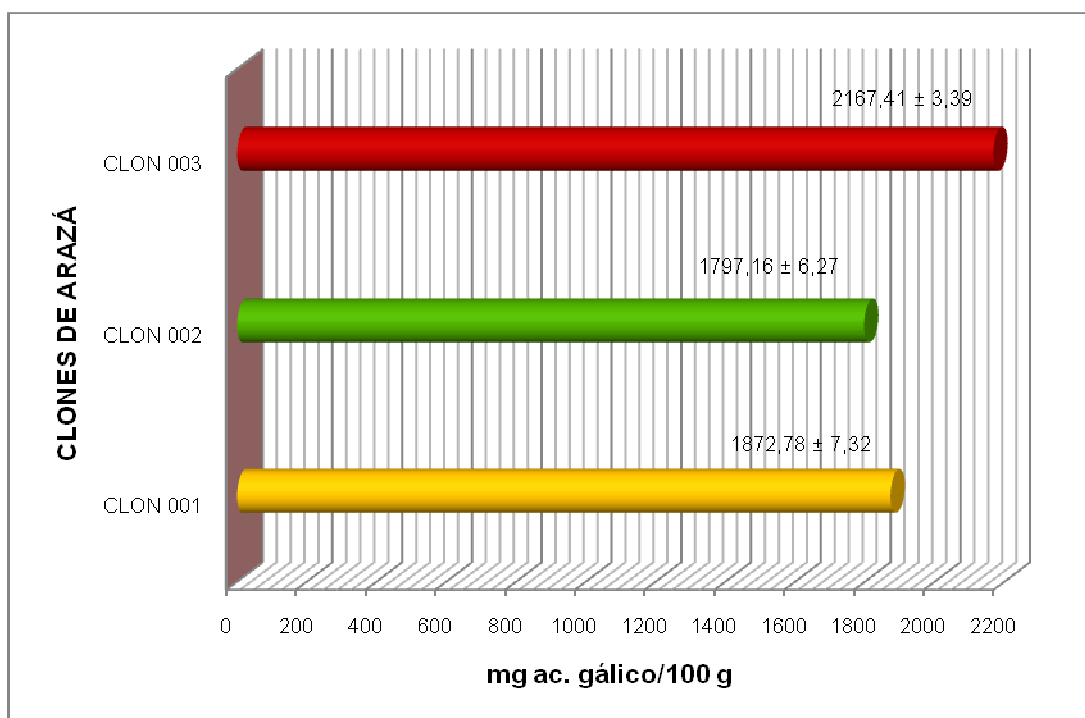


**Figura 28.** Resultados promedio del contenido de carotenoides totales, carotenoides  $\beta$ -caroteno y antocianinas, en base seca, en los tres clones de arazá

Se determinó estadísticamente que existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) en el contenido de carotenoides totales y de  $\beta$ -caroteno, para los tres clones de arazá y se estableció que los clones 002 y 003 fueron homogéneos en el contenido de antocianinas y que tuvieron diferencia significativa con respecto al clon 001. El clon con mayor contenido de antocianinas fue el 002 con 0,85 mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g y el clon 003 el de mayor contenido de carotenoides totales, con 0,48 mg/100 g.

- **Contenido de polifenoles totales**

El contenido de polifenoles totales en los clones de arazá está reportado en la Figura 29.

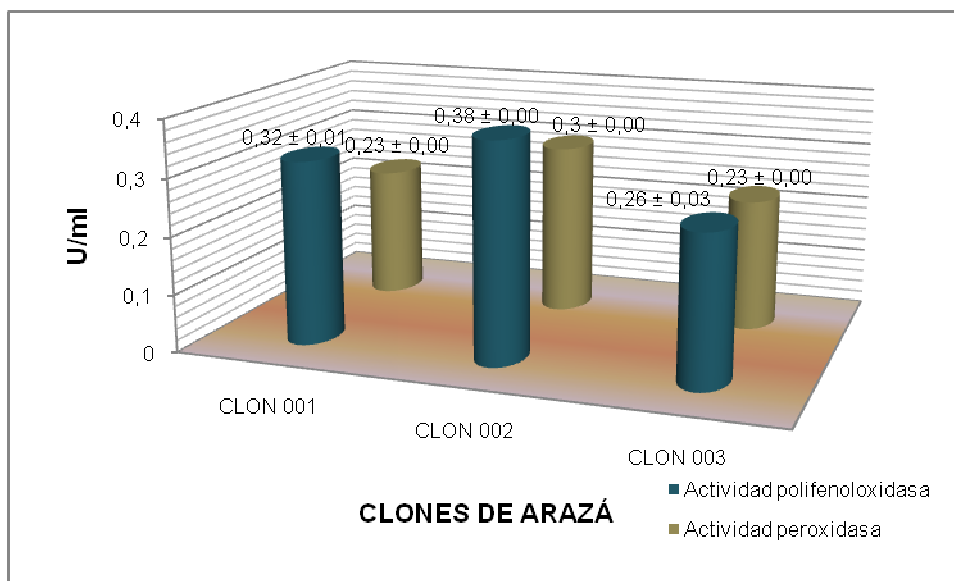


**Figura 29.** Resultados promedio del contenido de polifenoles totales, en base seca, en los tres clones de arazá

Estadísticamente, se encontró variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los tres clones, en el contenido de polifenoles totales. El clon 003 fue el de mayor contenido, con 2167,41 mg ácido gálico/100 g y el clon 002 el de menor contenido, con 1797,16 mg ácido gálico/100 g.

- **Actividad polifenoloxidasa y peroxidasa**

Los resultados de la actividad polifenoloxidasa y peroxidasa de los clones de arazá, están reportados en la Figura 30.



**Figura 30.** Resultados promedio de la actividad polifenoloxidasas y peroxidasas, en base fresca, en los tres clones de arazá.

En la actividad polifenoloxidasas se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones de arazá, mientras que, en la actividad peroxidasas, se estableció estadísticamente que el clon 001 y el clon 003 fueron homogéneos y que tuvieron variación significativa con respecto al clon 002.

El clon 002 fue el que presentó la mayor actividad peroxidasas y polifenoloxidasas, con  $0,3$  u/ml y  $0,38$  u/ml, respectivamente, este clon tiende a pardearse en menor tiempo por la acción directa del oxígeno del medio ambiente, con relación a los clones 001 y 003.

- **Capacidad antioxidante total**

Con base en los resultados reportados en la Figura 31, que relaciona la capacidad antioxidante obtenida por el método ORAC y por la sumatoria de los principales analitos que aportan a esta determinación, se estableció que existe variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los tres clones. El clon 003 fue el que presentó el mayor contenido, con  $129,8 \pm 1,3$   $\mu$ moles de trolox equivalente/g, seguido del 001 con  $101,8 \pm 0,5$  y el menor valor para el clon 002 con  $95,1 \pm 0,5$   $\mu$ mol TE/g.

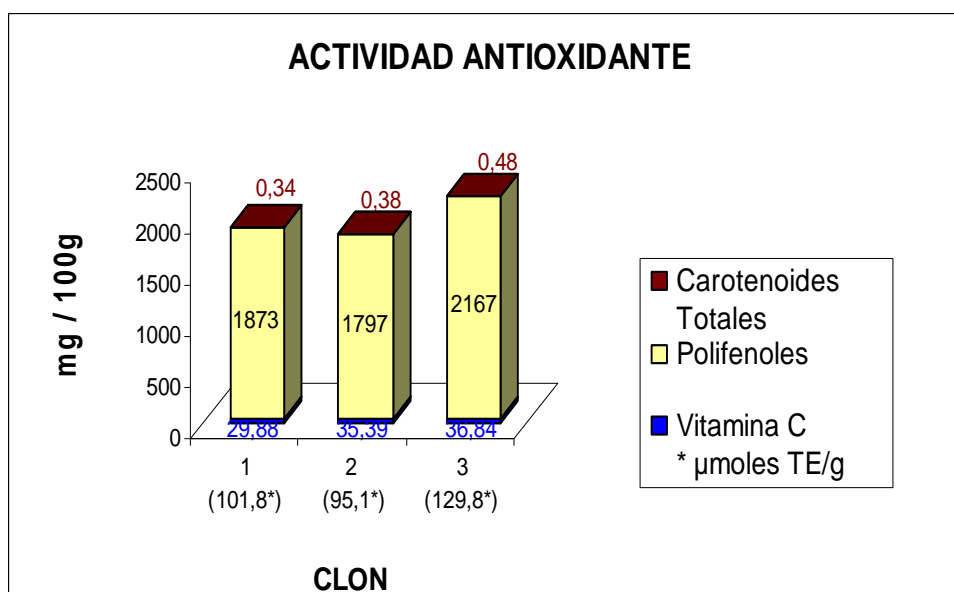


Figura 2. Resultados promedio de la capacidad antioxidante, en base seca, en los tres clones de arazá

## 3.2 CARACTERIZACIÓN DELBOROJÓ (*Borojoa patinoi*)

### 3.2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Se caracterizó la fruta en su estado de madurez organoléptica y se evaluaron las variables peso, largo, diámetro, relación largo/diámetro, firmeza y rendimientos.

En el Anexo B se presentan los valores obtenidos del análisis de comparación de múltiples muestras, Anova ( $\alpha=0,05$  %), para determinar si existieron diferencias significativas entre los resultados de las variables de las caracterizaciones física y físico-química correspondientes a los seis clones de borojó.

Los resultados de la caracterización física del borojó se reportan en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Resultados promedio del peso, largo, diámetro, relación L/D y firmeza de los seis clones de borjón

CLON	Peso (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Relación L/D	Firmeza fruta (kgf)
Clon 18-5 <sup>1</sup>	708,49 ± 145,00	10,01 ± 0,78	10,73 ± 0,82	0,93 ± 0,04	1,45 ± 0,31
Clon 24-8 <sup>2</sup>	683,50 ± 16,00	9,59 ± 1,05	10,71 ± 1,29	0,90 ± 0,07	1,13 ± 0,22
Clon 21-7 <sup>3</sup>	747,20 ± 150,80	9,82 ± 1,16	10,61 ± 1,03	0,93 ± 0,09	1,62 ± 0,52
Clon 20-6 <sup>4</sup>	790,28 ± 200,50	10,20 ± 1,17	11,00 ± 0,93	0,93 ± 0,07	1,68 ± 0,63
Clon 17-4 <sup>5</sup>	753,36 ± 132,23	10,18 ± 0,79	10,75 ± 1,15	0,96 ± 0,13	2,23 ± 0,13
Clon 15-3 <sup>6</sup>	758,31 ± 128,04	9,91 ± 0,68	10,98 ± 0,84	0,91 ± 0,09	1,44 ± 0,51

<sup>1</sup> en base fresca ± desviación estándar de 20 repeticiones

<sup>2</sup> en base fresca ± desviación estándar de 13 repeticiones

<sup>3</sup> en base fresca ± desviación estándar de 15 repeticiones

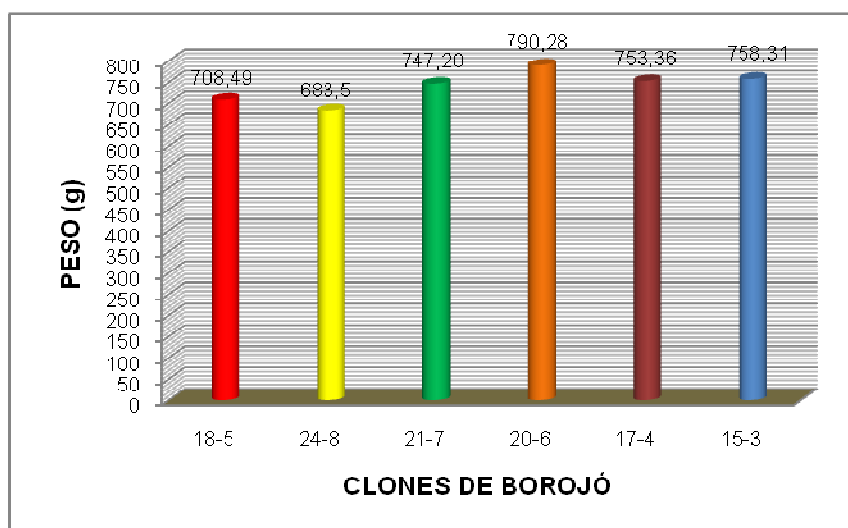
<sup>4</sup> en base fresca ± desviación estándar de 9 repeticiones

<sup>5</sup> en base fresca ± desviación estándar de 5 repeticiones

<sup>6</sup> en base fresca ± desviación estándar de 14 repeticiones

### • Peso

La Figura 32 muestra que el clon con mayor peso promedio fue el clon 20-6, con 790,28 g; mientras que el de menor peso promedio fue el 24-8, con 683,5 g.

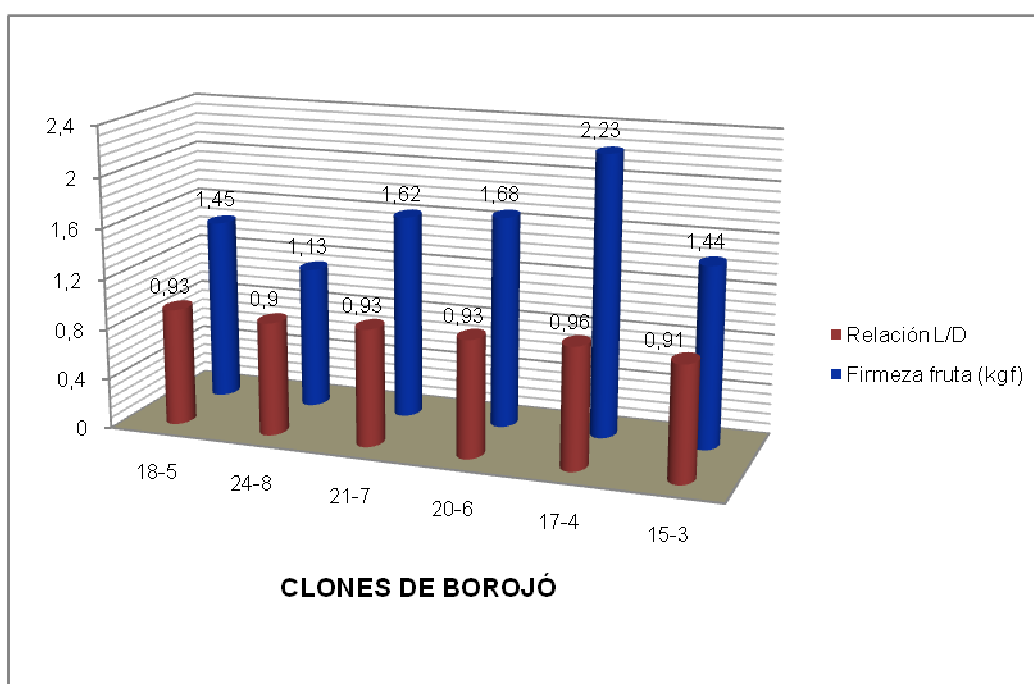


**Figura 32.** Resultados promedio del peso de los seis clones de borjón

El análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, determinó que no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los pesos de los seis clones de borjón.

- **Relación largo/diámetro y firmeza**

Los resultados de la relación largo/diámetro y la firmeza de los clones de borjón, se reportan en la Figura 33.



**Figura 33.** Relación largo/diámetro y firmeza de los seis clones de borjón

Se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias de la relación largo/diámetro de los seis clones de borjón.

Se observó que la relación largo/diámetro de los seis clones fue aproximadamente de uno, lo que indica que el borjón es una fruta redonda, pues la medida del largo prácticamente coincide con la del diámetro.

En cuanto a la variable firmeza, no se presentaron diferencias significativas ( $\alpha=0,05$  %) entre los seis clones de borjón. En la Figura 33 se observa que el clon 17-4 fue el más firme, con 2,23 kgf y el clon 24-8 el menos firme, con 1,13 kgf.

- **Rendimiento en pulpa, cáscara y semilla**

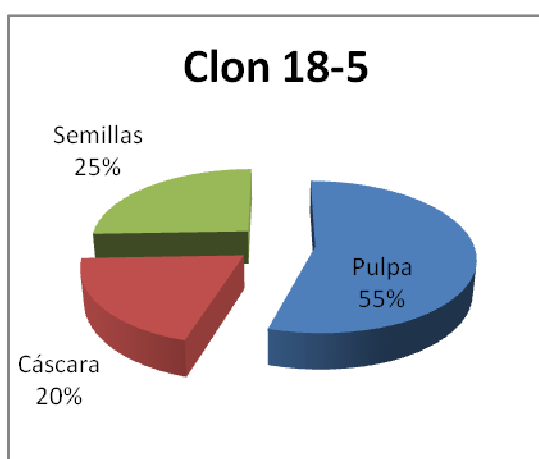
Con base en los resultados reportados en Tabla 15 y en las Figuras 34, 35, 36, 37, 38 y 39, el clon con mayor rendimiento en pulpa fue el clon 21-7, con 65,98 %; mientras que, el de menor rendimiento fue el 20-6, con 53,94 %. El clon con mayor rendimiento en semillas fue el clon 20-6, con 27,75 % y el de menor rendimiento fue el 17-4, con 19,2 %.

**Tabla 15.** Rendimiento en pulpa, cascara y semilla de los seis clones de borjój

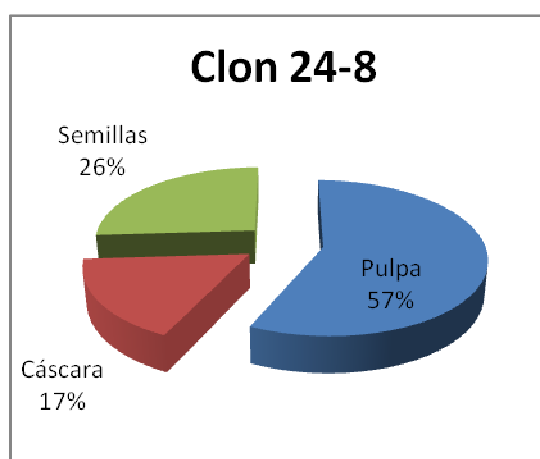
CLON ANÁLISIS	18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
Pulpa a fruta (%)	54,72 ± 8,67	56,98 ± 6,57	53,94 ± 9,22	65,98 ± 6,69	60,71 ± 8,66	64,47 ± 2,09
Cáscara a fruta (%)	19,70 ± 4,48	17,00 ± 4,17	18,31 ± 5,32	12,56 ± 4,18	15,19 ± 3,70	16,23 ± 3,00
Semillas a fruta (%)	25,59 ± 6,52	26,02 ± 4,71	27,75 ± 9,89	21,47 ± 4,37	24,10 ± 6,21	19,30 ± 2,01

\* En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

En el análisis estadístico de comparación de muestras múltiples, se determinó que no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los clones de borjój, con respecto al rendimiento en pulpa, cáscara y semilla.

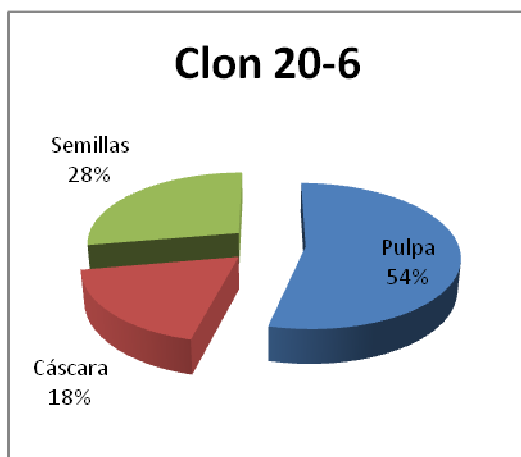


**Figura 34.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 18-5 de borjój

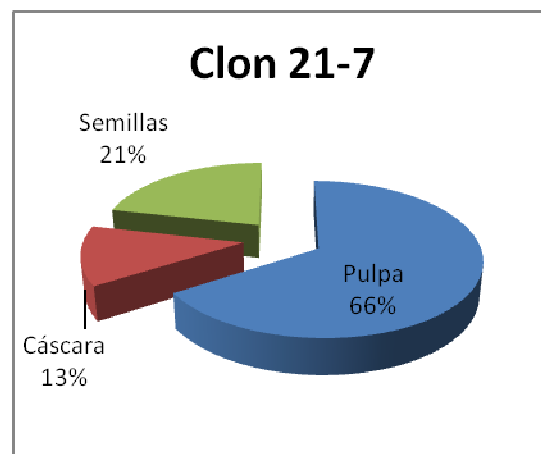


**Figura 35.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 24-8 de borjój

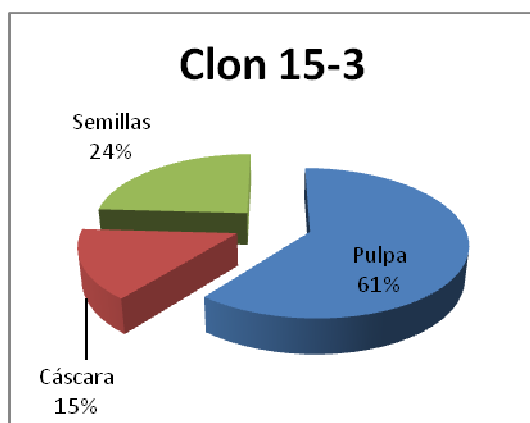




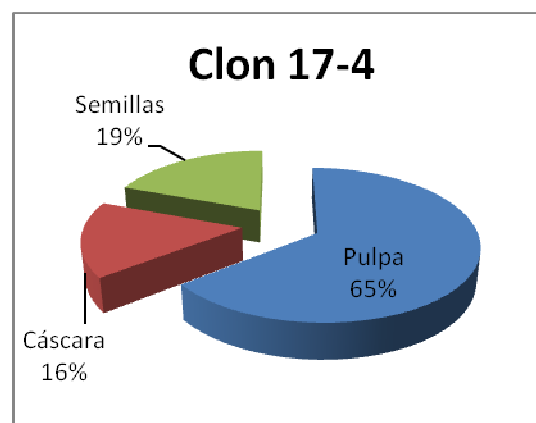
**Figura 36.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 20-6 de borjón



**Figura 37.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 21-7 de borjón



**Figura 38.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 15-3 de borjón



**Figura 39.** Rendimiento en pulpa, semillas y cáscara del clon 17-4 de borjón

### 3.2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Dentro de la caracterización físico-química de la fruta entera de borjón, se realizaron los análisis de color instrumental, pH, acidez titulable, humedad, cenizas, sólidos solubles, ácidos orgánicos, azúcares identificados y cuantificados por HPLC, azúcares totales, azúcares reductores, vitaminas A y C, minerales (macro, microelementos y metales pesados), polifenoles, carotenoides, antocianinas, capacidad antioxidante, actividad peroxidasa y polifenoloxidasas.

- **Color externo e interno**

Con base en los datos obtenidos en la medición del color, parámetros reportados, como L, a, b, se cálculo el ángulo Hue (H), la cromaticidad (C) y el índice de oscurecimiento (IO) para la pulpa (color interno) y en la fruta entera (color externo) del borojó, resultados que se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Color externo e interno de los seis clones de borojó.

CLONES		18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
<b>COLOR EXTERNO (CÁSCARA)</b>	<b>L</b>	40,03 ± 0,42	31,85 ± 0,88	41,33 ± 0,44	39,62 ± 0,42	39,09 ± 0,14	38,49 ± 0,09
	<b>a</b>	2,64 ± 0,28	2,51 ± 0,05	2,30 ± 0,33	2,47 ± 0,13	2,98 ± 0,22	3,45 ± 0,13
	<b>b</b>	21,01 ± 2,06	16,06 ± 0,08	22,71 ± 0,65	23,24 ± 0,62	18,73 ± 0,34	18,42 ± 0,24
	<b>°H</b>	82,21 ± 1,69	81,01 ± 0,48	83,88 ± 0,62	83,80 ± 0,22	80,26 ± 1,63	79,41 ± 0,48
	<b>C</b>	21,21 ± 2,01	16,14 ± 0,07	22,86 ± 0,69	23,46 ± 0,62	19,00 ± 0,33	18,75 ± 1,99
	<b>IO</b>	76,42 ± 7,19	73,17 ± 2,37	80,44 ± 2,70	87,65 ± 0,64	68,61 ± 3,61	69,05 ± 1,51
<b>COLOR INTERNO (PULPA)</b>	<b>L</b>	33,45 ± 0,53	34,46 ± 0,39	34,46 ± 0,39	31,50 ± 0,35	28,50 ± 0,49	29,98 ± 0,43
	<b>a</b>	4,40 ± 0,06	3,09 ± 0,14	3,09 ± 0,14	4,26 ± 0,23	5,51 ± 0,35	5,28 ± 0,76
	<b>b</b>	14,55 ± 0,88	21,09 ± 0,81	16,82 ± 1,00	11,75 ± 0,49	9,93 ± 0,24	15,47 ± 1,75
	<b>°H</b>	71,73 ± 2,31	81,23 ± 0,01	73,98 ± 1,20	62,51 ± 0,20	58,06 ± 5,38	60,21 ± 11,69
	<b>C</b>	15,39 ± 0,66	21,42 ± 0,74	17,54 ± 0,99	13,03 ± 0,34	11,68 ± 0,19	15,91 ± 5,46
	<b>IO</b>	65,74 ± 3,02	95,26 ± 3,71	82,38 ± 4,42	56,76 ± 2,38	56,79 ± 0,65	46,24 ± 11,56

\* En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

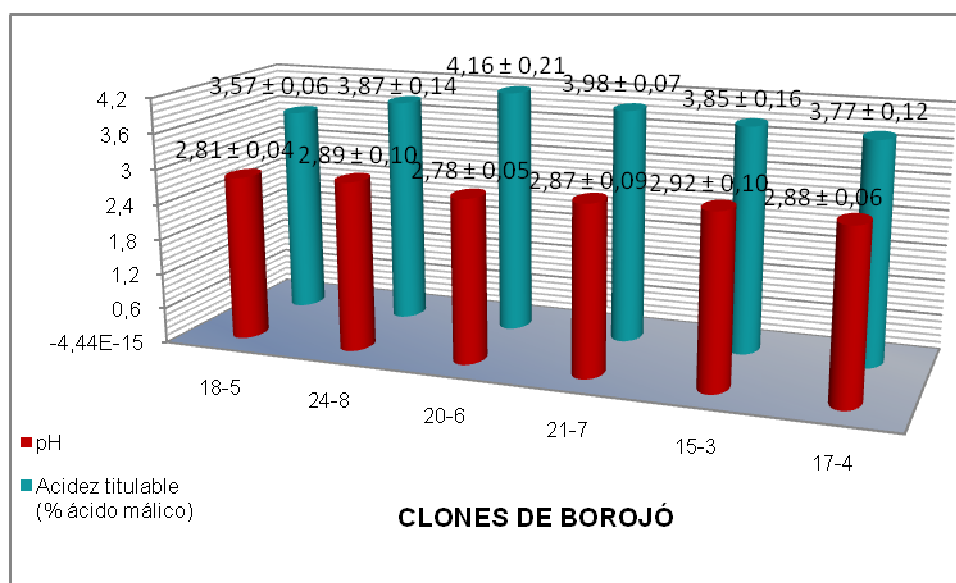
Para el color externo, el análisis estadístico determinó que no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %), entre las medias del H del clon 24-8 con el 15-3, y entre el clon 20-6 con el 21-7. En el color interno, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones de borojó.

En la cromaticidad del color externo, se estableció que no existe variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias del clon 20-6 con respecto a los clones 18-5 y 21-7 y entre el clon 17-4 con el 15-3. Para el color interno se determinó que no existió variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias del clon 17-4 con relación a los clones 20-6 y 18-5, y del clon 21-7 con el 15-3.

Para el color externo, en el cálculo del índice de oscurecimiento, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre las medias del clon 18-5 con relación a los clones 21-7 y 15-3. En el color interno, se estableció que no existió diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 15-3 con relación al 21-7.

- **pH y acidez titulable**

Los resultados del pH y acidez titulable de los clones de borjón, se reportan en la Figura 40.



**Figura 40.** Resultados promedio del pH y de la acidez titulable de los seis clones de borjón

El análisis estadístico de comparación de múltiples muestras, estableció que no existe variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los resultados promedios de pH de los seis clones.

Con respecto a la acidez, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 20-6 con los clones 17-4, 24-8 y 18-5 y entre el clon 18-5 con los clones 24-8, 15-3 y 21-7. El clon 20-6 presentó el mayor contenido de ácido málico, con 4,16 % y el clon 18-5 el menor valor, con 3,57 %.

- **Contenido de sólidos solubles**

Con relación al contenido de sólidos solubles, no existe variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los seis clones de borjón, valores que se presentan en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Contenido de sólidos solubles en los seis clones de borjón

CLON ANÁLISIS	18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
Sólidos Solubles (° Brix)	25,27 ± 2,58	25,41 ± 2,17	28,47 ± 4,08	26,85 ± 1,11	24,36 ± 3,12	26,12 ± 1,09

\* En base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

- **Contenido de vitamina A y C**

En la Tabla 18, se observa que el clon con mayor contenido de vitamina C fue el 18-5 y el de menor contenido fue el 15-3. Se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones para el contenido de esta vitamina, excepto entre el clon 18-5 y 24-8.

**Tabla 18.** Contenido de vitamina A y vitamina C en los seis clones de borjón

CLON ANÁLISIS	18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
Vitamina C (mg/100g) <sup>a</sup>	21,32 ± 0,54	21,26 ± 0,46	14,99 ± 0,32	18,30 ± 0,32	12,40 ± 0,32	19,30 ± 0,54
Vitamina A** (UI/100)	3015,2	555,00	-----	-----	764,94	-----

\* en base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

\*\*análisis realizado por el Laboratorio de la Universidad Central, Método HPLC ---- no se realizó

Mediante el análisis estadístico, se estableció que existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los clones 18-5, 24-8 y 15-3 en el contenido de vitamina A. Como se observa en la Tabla 18, el clon 18-5 fue el que presentó mayor

contenido de vitamina A entre los tres clones, con 3015,2 UI/100 g y el de menor contenido fue el 24-8, con 555 UI/100 g.

- **Análisis proximal**

En la Tabla 19, se presentan los resultados del análisis proximal de los clones de borjón.

**Tabla 19.** Resultados promedio en base seca del análisis proximal, en tres clones de borjón.

<b>CLON</b>	<b>18-5</b>	<b>24-8</b>	<b>15-3</b>
<b>Cenizas</b>	2,24 ± 0,01	2,25 ± 0,01	2,28 ± 0,04
<b>Extracto etéreo</b>	0,36 ± 0,04	0,26 ± 0,00	0,26 ± 0,00
<b>Proteína</b>	3,03 ± 0,01	3,14 ± 0,01	3,06 ± 0,01
<b>Fibra</b>	11,62 ± 0,04	10,78 ± 0,01	11,32 ± 0,01
<b>E. L. N.</b>	82,75 ± 0,82	83,57 ± 0,81	83,08 ± 0,82

\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones

En el análisis estadístico de comparación de muestras múltiples, se encontró diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) en los resultados reportados en la Tabla 19 del extracto etéreo, entre el clon 18-5 con los clones 24-8 y 15-3.

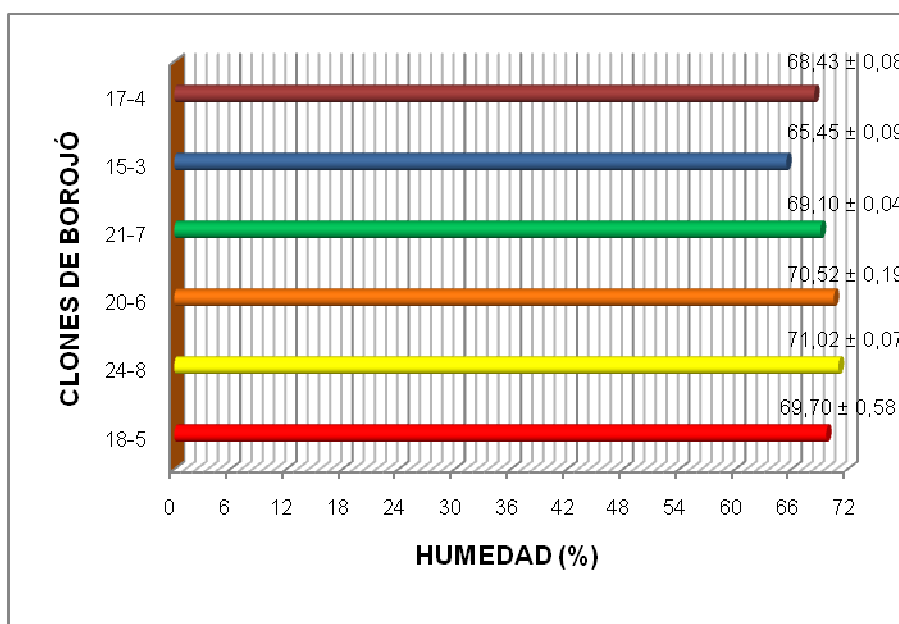
Con base en los resultados reportados de fibra en la Tabla 19, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones.

Los elementos libres de nitrógeno corresponden al contenido de los carbohidratos totales calculados por diferencia del análisis proximal, para los cuales no se encontró una variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre ningún clon de borjón. El clon 24-8 fue el que presentó el mayor contenido de elementos libres de nitrógeno y el clon 18-5 el menor contenido.

En el contenido de proteína, se encontró variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones de borjón, reportados en la Tabla 19.

En el análisis estadístico, se determinó que no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los promedios del contenido de cenizas de los clones de borjón, presentados en la Tabla 19.

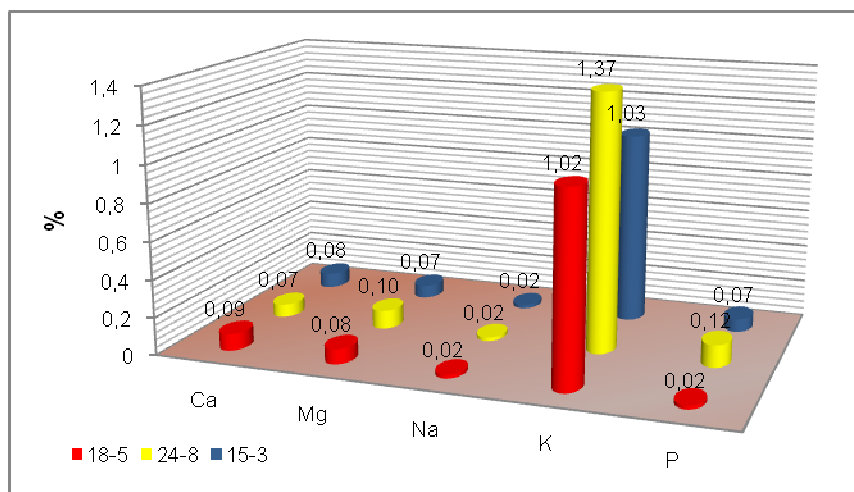
Con respecto a la humedad, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los clones, como se observa en la Figura 41. El clon 24-8 fue el que tuvo el mayor contenido de agua y el 15-3 el menor contenido.



**Figura 41.** Humedad en los seis clones de borjón.

- **Contenido de macroelementos**

Los resultados del contenido de macroelementos en los clones de borjón se presentan en la Figura 42.



**Figura 42.** Resultados del contenido de macroelementos (Ca, Mg, Na, K y P), en base seca, en tres clones de borjón.

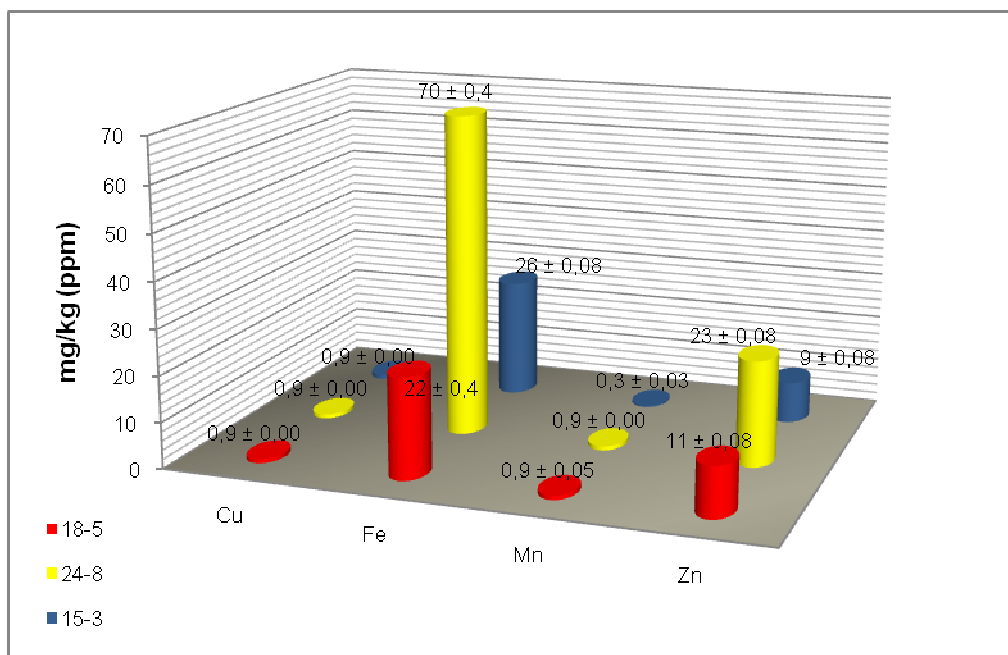
El análisis estadístico determinó que, en el contenido de calcio y sodio no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los clones de borjón.

En el contenido de magnesio y potasio, se estableció una diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 24-8 con los clones 18-5 y 15-3 y en el contenido de fósforo existió diferencia significativa entre todas las medias. El clon 24-8 fue el que tuvo el mayor contenido de potasio, con 1,37 % y de magnesio, con 0,1 %.

- **Contenido de microelementos**

En la Figura 43 se presentan los resultados del contenido de microelementos en los clones de borjón.

En el contenido de hierro y cinc, se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todas las medias reportadas en la Figura 43. El clon 24-8 fue el que tuvo el mayor contenido de hierro y cinc, con 70 mg/kg y 23 mg/kg, respectivamente.



**Figura 43.** Resultados del contenido de cobre, hierro, manganeso y zinc, en base seca, en tres clones de borjón

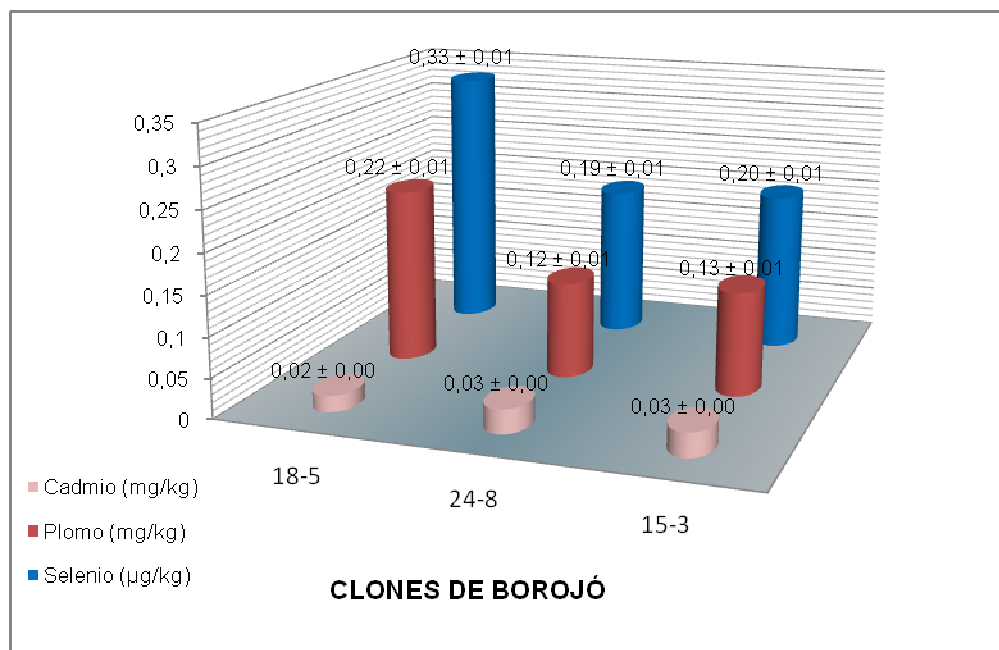
Los requerimientos en miligramos por día de los macro y micro elementos en un hombre adulto reportados por Pascal Leterme en su artículo publicado en la Food Chemistry 95 del año 2006, indica lo siguiente: 800 -1200 Ca, 700 - 800 P, 300 - 400 Mg, 500 Na, 10 - 15 Fe, 12 - 15 Zn, 2 -3 Cu, los cuales son suplementados en las poblaciones con la ingesta de otros alimentos.

En el contenido de cobre no se presentó variación estadísticamente significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre los clones; mientras que, en el contenido de manganeso se encontró una variación significativa entre el clon 15-3, con los clones 18-5 y 24-8.

- **Contenido de metales pesados**

Los resultados del contenido de metales pesados en los clones de borjón se presentan en la Figura 44.





**Figura 44.** Contenido de cadmio, plomo y selenio, en base seca, en clones de borjón

En el análisis estadístico de comparación de muestras múltiples, se determinó que existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 18-5 con los clones 24-8 y 15-3, en el contenido de cadmio, plomo y selenio. El clon 18-5 fue el que presentó el mayor contenido de plomo y selenio, con  $0,22 \mu\text{g/kg}$  y  $0,33 \text{ mg/kg}$ , respectivamente y el menor contenido de cadmio, con  $0,02 \text{ mg/kg}$ .

El selenio es un oligoelemento indispensable en el cuerpo humano, es un antioxidante primordial en la lucha contra los radicales libres y actúa de forma combinada con la vitamina C. Contribuye a descontaminar el organismo de metales pesados como el arsénico, plomo, mercurio, cadmio. Las necesidades en el ser humano son de 55 a 70  $\mu\text{g}$  de selenio por día.

- **Contenido de azúcares totales y reductores**

En la Tabla 20, se presentan los resultados del contenido de azúcares totales y reductores de los clones de borjón.

**Tabla 20.** Resultados promedio del contenido de azúcares totales y reductores, en base seca, en los seis clones de borjón

CLONES	18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
<b>Azúcares totales (%)</b>	59,21 ± 2,29	55,71 ± 1,36	48,82 ± 0,24	55,96 ± 0,08	50,14 ± 0,29	49,21 ± 1,95
<b>Azúcares reductores (%)</b>	26,86 ± 0,03	26,87 ± 0,03	24,15 ± 0,00	24,55 ± 0,91	24,60 ± 0,42	25,73 ± 0,24

\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones

En el contenido de azúcares totales se determinó que estadísticamente no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre el clon 20-6 con los clones 15-3 y 17-4, entre el clon 15-3 con el 17-4 y entre el clon 24-8 con el 21-7.

Según el análisis estadístico de comparación de muestras múltiples, se determinó que no existió diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) en el contenido de azúcares reductores, entre el clon 20-6 con los clones 15-3 y 21-7, entre el 21-7 con el 15-3 y entre el clon 18-5 con el 24-8.

- **Contenido de azúcares por HPLC**

En la Tabla 21, se reportan los resultados del contenido de fructosa, glucosa y sacarosa analizados por cromatografía líquida de alta resolución, de los clones de borjón.

**Tabla 21:** Resultados promedio del contenido de fructosa, glucosa y sacarosa, en base seca, en los seis clones de borjón

CLONES	18-5	24-8	20-6	21-7	15-3	17-4
<b>Fructosa (%)</b>	13,72 ± 0,17	14,01 ± 0,01	12,91 ± 0,04	13,32 ± 0,02	13,57 ± 0,04	13,41 ± 0,20
<b>Glucosa (%)</b>	4,68 ± 0,11	5,34 ± 0,01	3,42 ± 0,01	6,20 ± 0,03	4,58 ± 0,01	4,89 ± 0,04
<b>Sacarosa (%)</b>	2,67 ± 0,03	2,09 ± 0,01	2,70 ± 0,09	2,53 ± 0,14	2,29 ± 0,05	2,63 ± 0,01

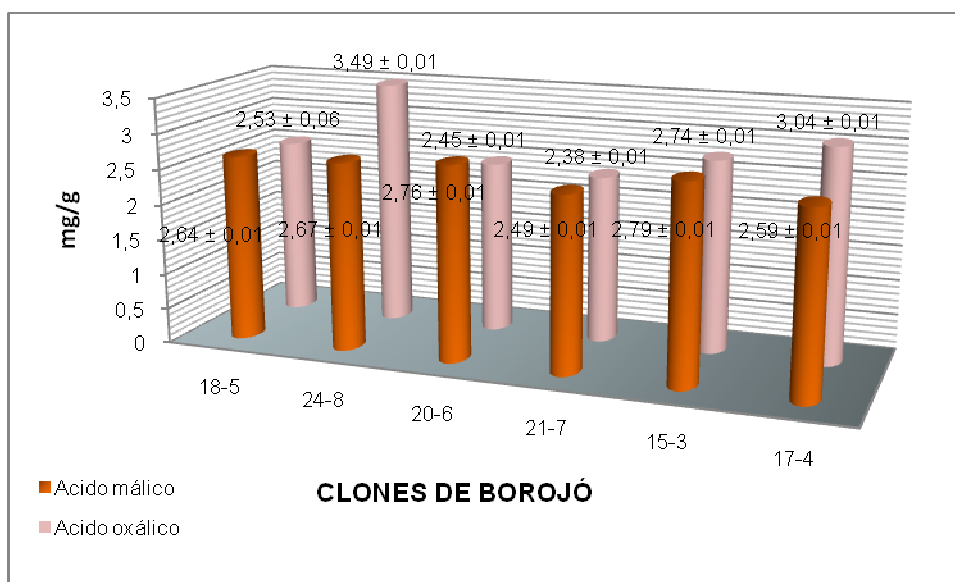
\* En base seca ± desviación estándar de 3 repeticiones

En relación con los azúcares determinados por HPLC, en el análisis estadístico de comparación de muestras múltiples, se estableció que no existe diferencia

significativa ( $\alpha=0,05$  %) en el contenido de fructosa, entre el clon 15-3 con los clones 17-4 y 18-5 y entre el clon 21-7 con el 17-4. En el contenido de glucosa, no existe diferencia significativa entre el clon 18-5 con el 15-3 y, en el contenido de sacarosa, entre el clon 18-5 con los clones 21-7, 20-6 y 17-4, y entre el clon 17-4 con los clones 21-7 y 20-6.

- **Contenido de ácidos orgánicos**

Los resultados del contenido de ácidos orgánicos en los clones de borjón, se presentan en la Figura 45.



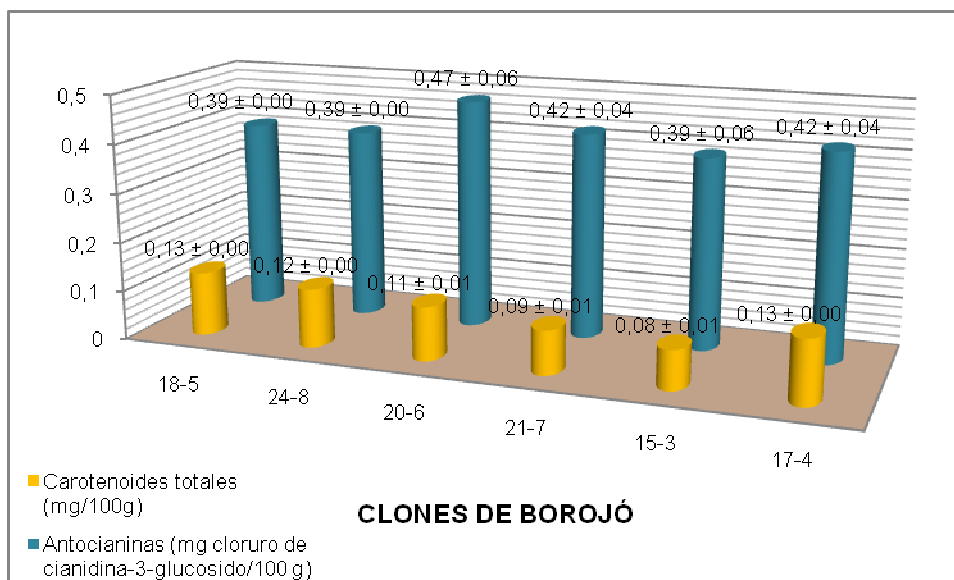
**Figura 45.** Resultados del contenido de ácido málico y oxálico, en base seca, en los seis clones de borjón

Se encontró, estadísticamente, diferencias significativa ( $\alpha=0,05$  %) entre todos los resultados reportados en la Figura 45, del contenido de ácido málico y oxálico para los seis clones de borjón. El clon 24-8 fue el que tuvo mayor contenido de ácido oxálico, con 3,49 mg/g y el clon 15-3 fue el de mayor contenido de ácido málico, con 2,79 mg/g.

Es importante destacar que el borjón no presentó ácido cítrico. Esto se explicaría porque las frutas se encontraban en su estado de madurez organoléptica.

- **Contenido de carotenoides totales,  $\beta$ -carotenos y antocianinas**

Los resultados del contenido de carotenoides totales,  $\beta$ -carotenos y antocianinas en los clones de borjój, se presentan en la Figura 46.



**Figura 46.** Resultados promedio del contenido de carotenoides totales y antocianinas, en base seca, de los seis clones de borjój

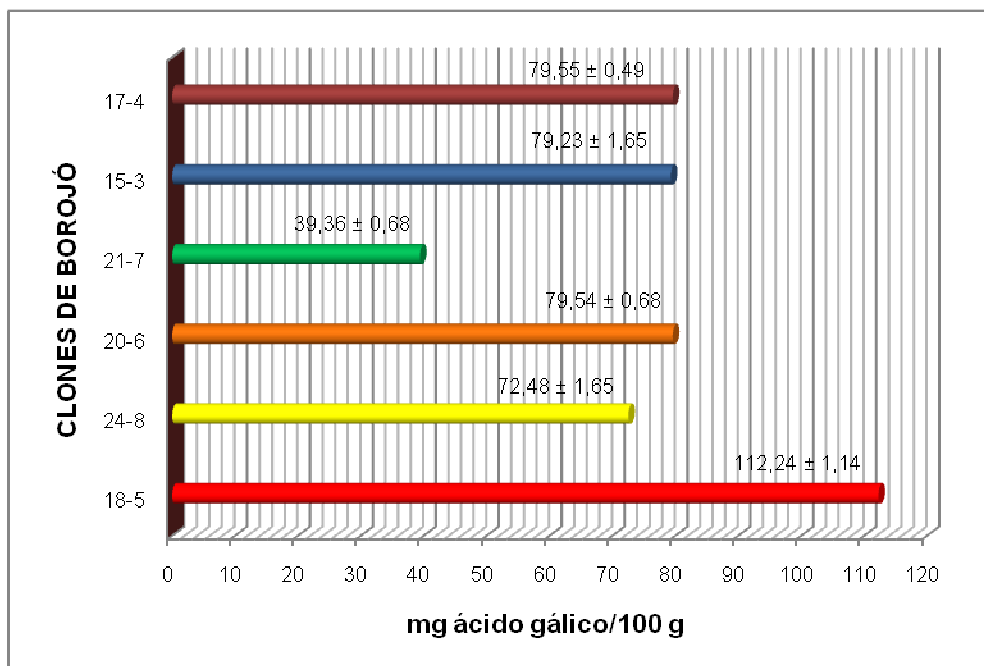
El análisis estadístico, estableció diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) en el contenido de carotenoides totales, entre el clon 24-8 con los clones 18-5, 20-6 y 17-4, entre el clon 21-7 con los clones 20-6 y 15-3 y entre el clon 18-5 con el 17-4.

Por otro lado, se encontró que en el contenido de antocianinas, todos los clones de borjój fueron homogéneos; es decir, no existió diferencia significativa entre ellos. Los clones 18-5 y 17-4 presentaron el mayor contenido de antocianinas, con 0,13 mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g cada uno y el de menor contenido fue el clon 15-3, con 0,08 mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g.

Mientras que los  $\beta$ -carotenos no fueron detectados en ningún clon de borjój.

- **Polifenoles totales**

Los resultados del contenido de polifenoles totales en los clones de borjój, se presentan en la Figura 47.

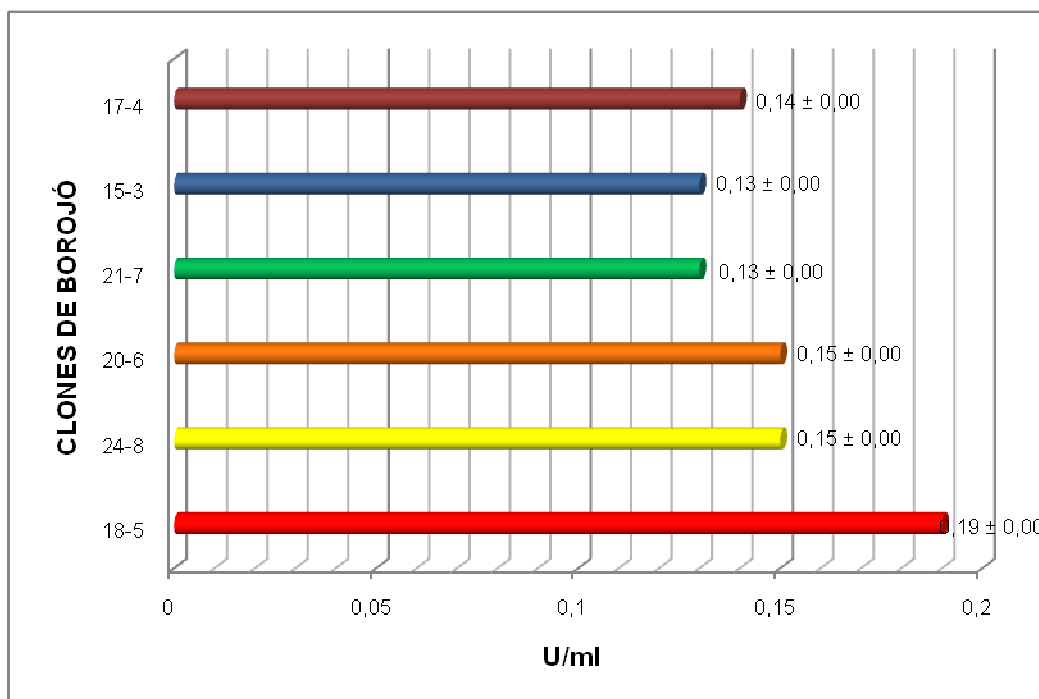


**Figura 47.** Resultados del contenido de polifenoles, en base seca, en seis clones de borjón.

En el análisis estadístico, se estableció que no existió diferencia significativa ( $\alpha=0,05$  %) en el contenido de polifenoles, entre el clon 20-6 con los clones 17-4 y 15-3 y entre el clon 17-4 con el 15-3. El clon 18-5 fue el que presentó el mayor contenido de polifenoles, con 112,24 mg ácido gálico/100 g y el clon 21-7 f el menor contenido, con 39,36 mg ácido gálico/100 g.

- **Actividad peroxidasa y polifenoloxidasas**

Los resultados de la actividad peroxidasa en los clones de borjón, se presentan en la Figura 48.



**Figura 48.** Resultados de la actividad peroxidasa, en base fresca, de los seis clones de borjón.

Estadísticamente, se encontró que no existe diferencia significativa ( $\alpha=0,05\%$ ) en la actividad peroxidasa, entre el clon 24-8 con el 20-6 y entre el clon 21-7 con el 15-3. El clon 18-5 fue el que presentó la mayor actividad peroxidasa, con 0,19 U/ml.

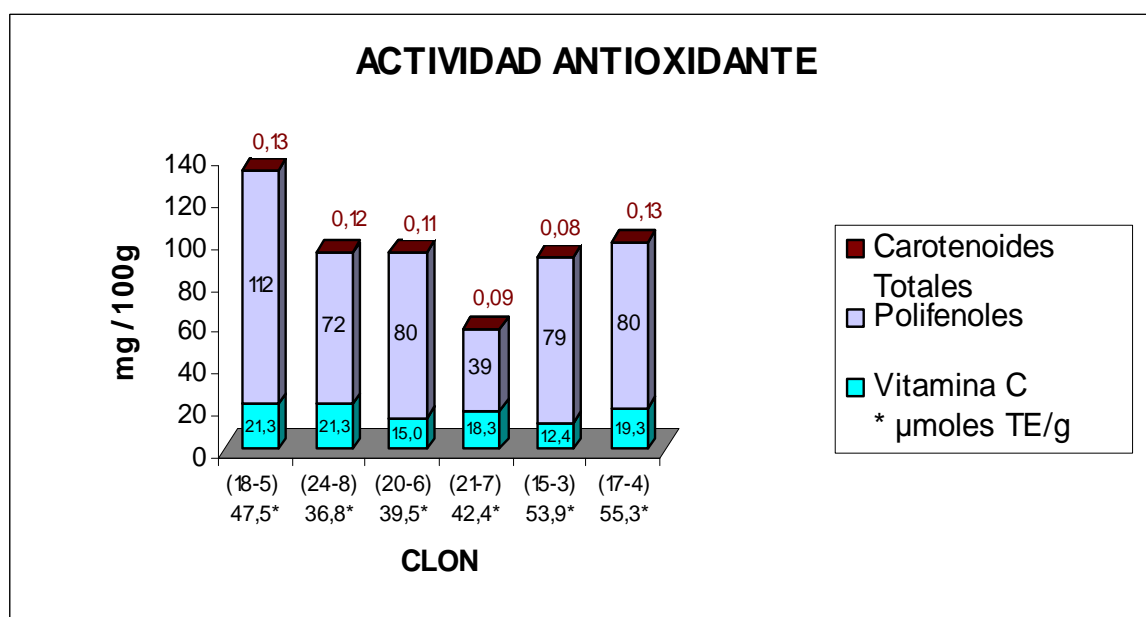
Mientras que la actividad polifenoloxidasa, no fue detectada en ninguno de los seis clones de borjón.

- **Capacidad antioxidante**

Los resultados de la actividad antioxidante en los clones de borjón, se presentan en la Figura 49.

Al sumar los resultados obtenidos de vitamina C, carotenoides y polifenoles, se estableció un valor aproximado de los compuestos antioxidantes, en peso, presentes en el borjón.

Se determinó, estadísticamente, que no existe variación significativa ( $\alpha=0,05$  %) en los valores del poder antioxidante, entre el clon 21-7 con los clones 18-5, 24-8 y 20-6, entre el clon 24-8 con el 20-6 y entre el clon 17-4 con el 15-3. El clon 17-4 fue el que presentó el mayor poder antioxidante, con  $55,3 \pm 2,7$   $\mu\text{mol TE/g}$ , seguido de los clones 15-3, 18-5, 21-7, 20-6 y 24-8 con  $53,9 \pm 0,6$ ,  $47,5 \pm 5,5$ ,  $42,4 \pm 2,7$ ,  $39,5 \pm 0,5$  y  $36,8 \pm 4,2$   $\mu\text{mol TE/g}$ , respectivamente.



**Figura 49.** Resultados de la capacidad antioxidante, en base seca, en tres clones de borjój

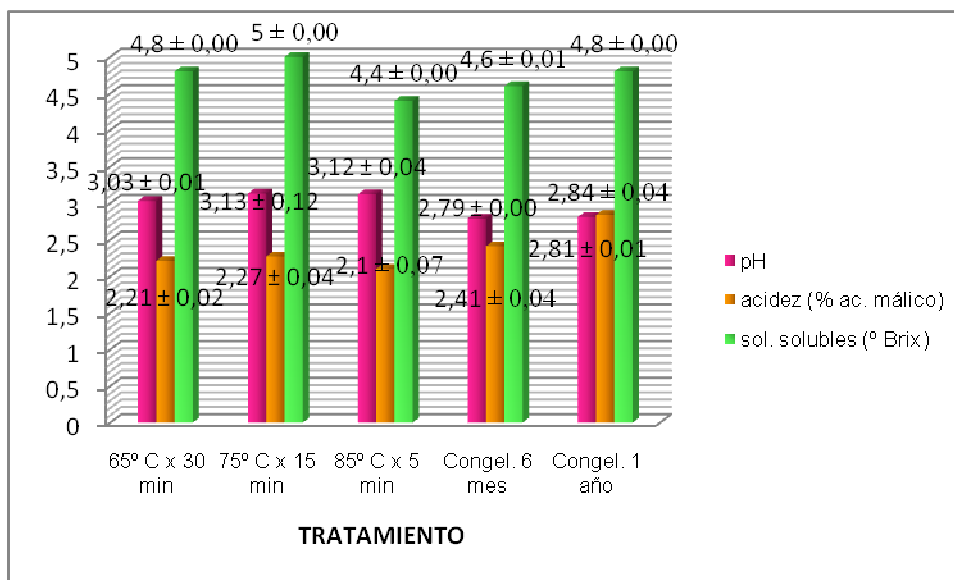
### 3.3 SELECCIÓN DE UN CLON DE ARAZÁ Y BOROJÓ POR SU MAYOR CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante para las dos frutas amazónicas, permitieron seleccionar al clon 003 de arazá y al clon 17-4 de borjój.

Los clones seleccionados presentaron características especiales dentro de la caracterización física y química, analizadas en la presentación de los resultados de la sección 3.1 y 3.2.

### 3.4 EVALUACIÓN DEL ARAZÁ PASTEURIZADO O CONGELADO

En la Figura 50, se presentan los valores obtenidos para los tres parámetros de control (pH, acidez titulable y sólidos solubles) en los cinco tratamientos utilizados para la conservación de la pulpa del clon 003 de arazá.



**Figura 50.** pH, acidez y sólidos solubles del arazá después de cada tratamiento de pasteurización (65° C x 30 min, 75° C x 15 min y 85° C x 5 min) o de congelamiento (-18° C x 6 meses y -18° C x 12 meses)

En el Anexo C, se presentan los valores obtenidos del análisis de Tukey al 5 %, para determinar si existió diferencia significativa entre los resultados de las variables de calidad, correspondientes a los tres tratamientos de pasteurización de la pulpa de arazá.

### 3.4.1 CONTROL DE CALIDAD PARA EL ARAZÁ PASTEURIZADO

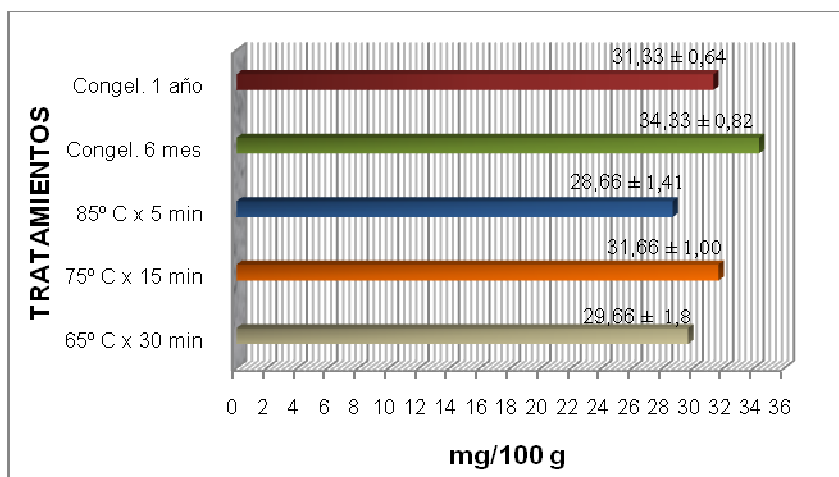
Según el análisis de Tukey (95 % de confianza), no existe diferencia estadísticamente significativa en el pH para los tres tratamientos de pasteurización.

La diferencia fue significativa en la acidez entre el tratamiento de 65° C por 30 min con el de 85° C por 5 min y entre el tratamiento de 75° C por 15 min con el de 85° C por 5 min; los valores se encuentran cercanos al valor de 2,41 de la pulpa sin tratamiento.



La variación fue significativa en el contenido de sólidos solubles entre los tres tratamientos de pasteurización. El mayor contenido presentó el tratamiento de 75° C por 15 min, con 5° Brix.

En la Figura 51, se presentan los resultados obtenidos del contenido de vitamina C en los cinco tratamientos de conservación.



**Figura 51.** Contenido de vitamina C en el arazá después de cada tratamiento de pasteurización (65° Cx30 min, 75° Cx15 min y 85° Cx5 min) o de congelamiento (-18° Cx6 meses y -18° Cx12 meses)

Con base en el análisis de Tukey (95 % de confianza), no existe variación significativa entre los datos del contenido de vitamina C en los tres tratamientos de pasteurización.

El color de la pulpa se utilizó para definir el oscurecimiento o pardeamiento, que afecta la calidad física en los tratamientos utilizados para la pasteurización, resultados reportados en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Color de la pulpa de arazá para los tres tratamientos de pasteurización

TRATAMIENTO	IO	C	°H
65° C x 30 min	52,76 ± 4,61	24,52 ± 1,79	-81,91 ± 0,25
75° C x 15 min	57,80 ± 6,07	24,49 ± 1,37	-84,28 ± 0,86
85° C x 5 min	49,95 ± 2,40	23,46 ± 1,00	-81,48 ± 0,32

De acuerdo con en el análisis de Tukey (95 % de confianza), el índice de oscurecimiento y la cromaticidad no tuvieron variación significativa en los tres

tratamientos de pasteurización y en el ángulo Hue existe variación significativa entre el tratamiento de 75° C por 15 min, con respecto a los otros dos tratamientos.

### 3.4.2 CONTROL DE CALIDAD PARA EL ARAZÁ CONGELADO

Según con el análisis de Tukey (95 % de confianza), existió variación significativa en el pH para los dos tratamientos de congelación. Los datos se presentan en la Figura 50.

En la acidez, se encontró variación significativa entre los dos tratamientos. El mayor valor correspondió al arazá congelado a -18° C durante un año, con 2,84. El contenido de sólidos solubles no presentó diferencia significativa entre los dos tratamientos de congelación.

Se encontró variación significativa, entre los dos tratamientos de congelación, en el contenido de vitamina C para el arazá. El mayor contenido correspondió al congelado por 6 meses, con 34,33 mg/100 g y el menor al de 12 meses, con 31,33 mg/100 g, como se ve en la Figura 51.

Los resultados del color de la pulpa de arazá, después del congelamiento durante 6 y 12 meses a -18° C, se presentan en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Color de la pulpa de arazá después de los dos tratamientos de congelación

TRATAMIENTO	IO	C	°H
<b>Congel. 6 mes</b>	56,72	24,22	-84,19
<b>Congel. 1 año</b>	55,72	24,6	-84

La variación no fue significativa para el color de la pulpa de arazá, en el índice de oscurecimiento, la cromaticidad y el ángulo Hue, como efecto de los dos tratamientos de congelación, mediante el análisis de Tukey (95 % de confianza). No se observaron cambios en la luminosidad de la pulpa, con relación a la fruta recién despulpada.

### 3.4.3 CONTROL MICROBIOLÓGICO DEL ARAZÁ PASTEURIZADO O CONGELADO

Como se aprecia en la Tabla 24, los tres tratamientos de pasteurización y el de congelamiento por 6 meses inhibieron el desarrollo de coliformes totales, mohos y levaduras presentes en la pulpa fresca de arazá; mientras que, en la pulpa de arazá congelada por un año, existió desarrollo de levaduras.

Este comportamiento puede deberse a que el frío no garantiza la inocuidad de la pulpa de la fruta durante el tiempo que fue almacenada.

**Tabla 24.** Contenido de coliformes totales, mohos y levaduras en la pulpa de arazá fresca y después de los tres tratamientos de pasteurización o dos de congelamiento.

Tratamiento	Rec. colif total(ufc/g)	Rec. de mohos (upm/g)	Rec. de levaduras (upl/g)
Araza fresco	< 10	90	23 x 100
65°Cx 30 min	< 10	< 10	< 10
75°Cx 15 min	< 10	< 10	< 10
85°Cx 5 min	< 10	< 10	< 10
cong. 6meses	< 10	< 10	< 10
cong. 1 año	< 10	< 10	46 x 10

### 3.4.4 SELECCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE PASTEURIZACIÓN O CONGELACIÓN EN LA PULPA DE ARAZÁ

Los resultados fueron analizados estadísticamente, con un nivel de confianza del 95 %, para establecer si existieron diferencias significativas en las variables de control, así como con el análisis microbiológico.

Con base en los datos obtenidos para el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles, el color y el contenido de vitamina C, después de cada tratamiento de conservación, se determinó que el mejor tratamiento de pasteurización para la pulpa de arazá fue el de 75° C por 15 min.

En el mencionado tratamiento, se conservó de mejor manera el contenido de vitamina C, con valores para la pulpa fresca de 36,84 hasta disminuir en 31,66 mg/100 g. Los sólidos solubles se incrementaron de 4,40° Brix para la pulpa

fresca a 5,0° Brix. El color no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos, al igual que no existieron diferencias en el análisis microbiológico.

Se determinó que la congelación a -18° C por 6 meses, fue el tratamiento que conservó de mejor manera el contenido de vitamina C con 34,33 mg/100 g; mientras que, en el contenido de sólidos solubles no existió diferencia significativa para los dos tratamientos de congelación. El análisis microbiológico mostró que no hubo cambios hasta los seis meses de conservación a -18° C.

### **3.4.5 COMPARACIÓN ENTRE EL MEJOR TRATAMIENTO DE PASTEURIZACIÓN Y MEJOR DE CONGELACIÓN EN LA PULPA DE ARAZÁ**

Para los tratamientos de pasteurización a 75° C por 15 min y de congelación a -18° C por 6 meses, se realizó el análisis estadístico de Tukey (95 % de confianza) y se encontró diferencia significativa en el pH entre los dos tratamientos. El tratamiento de pasteurización presentó el valor del pH de 3,13 y el de congelación de 2,79.

Para la acidez titulable, existió diferencia estadísticamente significativa (95 % de confianza) entre los dos tratamientos. El valor mayor correspondió al tratamiento de congelación con 2,41 % de ácido málico y el valor menor para el tratamiento de la pasteurización con 2,27 % de ácido málico.

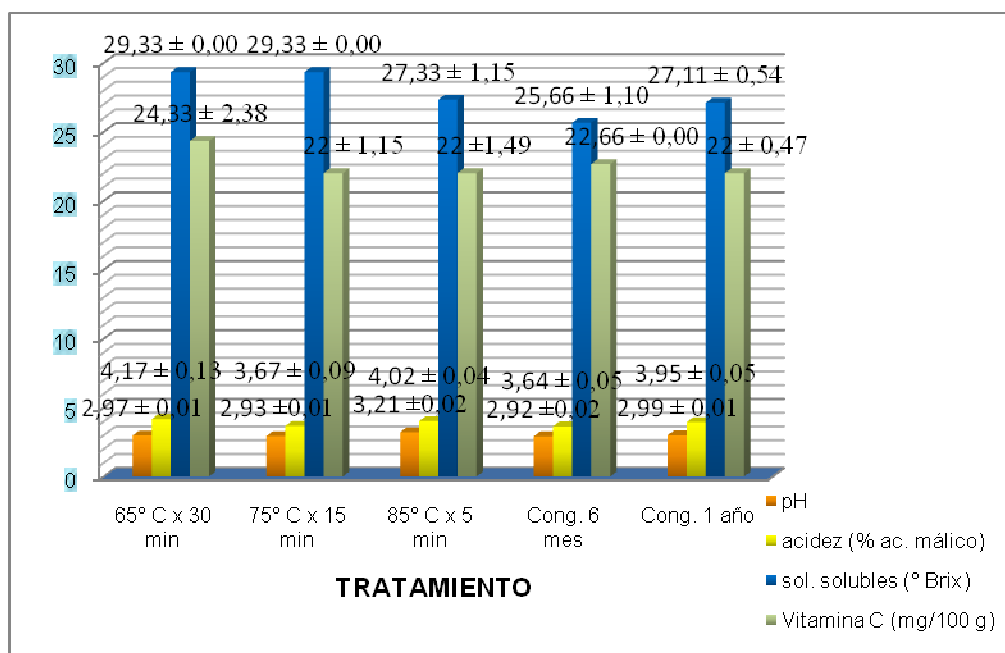
Se encontró diferencia significativa (95 % de confianza) en el contenido de sólidos solubles, entre los dos tratamientos. El mayor contenido correspondió al tratamiento de pasteurización, con 5° Brix y el menor a la congelación, con 4,6° Brix.

El mayor contenido de vitamina C correspondió al tratamiento de congelación con 34,33 mg/100 g y el menor valor al de pasteurización con 31,66 mg/100 g. La variación fue estadísticamente significativa (95 % de confianza) entre los dos tratamientos, demostrándose que el calor incide en la disminución del contenido de esta vitamina con mayor efecto que la congelación.

En el índice de oscurecimiento no existió diferencia significativa (95 % de confianza) entre los dos tratamientos, mientras que, la cromaticidad presentó una variación significativa, relacionada a los cambios en la intensidad del color para la pulpa de arazá.

### 3.5 EVALUACIÓN DEL BOROJÓ PASTEURIZADO O CONGELADO

En la Figura 52, se presentan los valores obtenidos para los cuatro parámetros de control (pH, acidez titulable, sólidos solubles y vitamina C, en los cinco tratamientos utilizados para la conservación del borojó.



**Figura 52.** pH, acidez, sólidos solubles y vitamina C del borojó después de cada tratamiento de pasteurización (65° Cx30 min, 75° Cx15 min y 85° Cx5 min) o de congelamiento (-18° Cx6 meses y -18° Cx12 meses)

#### 3.5.1 CONTROL DE CALIDAD PARA EL BOROJÓ PASTEURIZADO

Según el análisis de Tukey (95 % de confianza), entre los tres tratamientos de pasteurización, se encontraron diferencias significativas en el pH. El mayor valor

de pH se presentó en el tratamiento de 85° C por 5 min, con 3,21 y el menor valor en el de 75° C por 15 min, con 2,93.

La diferencia fue significativa (95 % de confianza) en la acidez entre el tratamiento de 75° C por 15 min, con el de 65° C por 30 min y el de 85° C por 5 min. Se encontró variación significativa en el contenido de sólidos solubles, entre el tratamiento de 85° C por 5 min con los otros dos tratamientos.

En el contenido de vitamina C, no se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos de pasteurización, según Tukey (95 % de confianza). Como se ve en la Figura 52, existió mayor contenido de vitamina C en la pulpa sometida al tratamiento de 65° C por 30 min, con 24,33 mg/100 g, con respecto a los 22 mg/100 g determinados en la pulpa sometida a los otros dos tratamientos.

Mediante el análisis estadístico de Tukey (95 % de confianza), en el índice de oscurecimiento, se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de 65° C por 30 min y los otros dos tratamientos. En la cromaticidad, se estableció variación significativa entre los tres tratamientos de pasteurización y, en el ángulo Hue, existió variación significativa entre el tratamiento de 65° C por 30 min con el de 85° C por 5 min, valores reportados en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Color de la pulpa de borojó para los tres tratamientos de pasteurización

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>IO</b>	<b>C</b>	<b>°H</b>
<b>65° C x 30 min</b>	62,79	12,75	67,9
<b>75° C x 15 min</b>	46,08	8,36	64,55
<b>85° C x 5 min</b>	40,6	7,03	63,87

### **3.5.2 CONTROL DE CALIDAD PARA EL BOROJÓ CONGELADO**

De acuerdo al análisis de Tukey (95 % de confianza), se encontraron diferencias significativas en el pH para los dos tratamientos de congelación, resultados reportados en la Figura 52.

En la acidez, se estableció una variación significativa entre los dos tratamientos. El mayor valor de la acidez correspondió al tratamiento de  $-18^{\circ}\text{C}$  por 12 meses, con 3,95 % de ácido málico. El contenido de sólidos solubles no presentó diferencia significativa, de acuerdo con el análisis de Tukey (95 % de confianza), entre los dos tratamientos de congelación.

Se encontró variación significativa, entre los dos tratamientos de congelación, en el contenido de vitamina C, para la pulpa de borjón. Los resultados se presentan en la Figura 52.

Los resultados del color de la pulpa de borjón, después del congelamiento durante 6 y 12 meses a  $-18^{\circ}\text{C}$ , se presentan en la Tabla 26. Con base en el análisis estadístico de Tukey (95 % de confianza), no se encontró variación significativa en el índice de oscurecimiento ni en la cromaticidad entre los dos tratamientos de congelación.

**Tabla 26.** Color de la pulpa de borjón después de los dos tratamientos de congelación

TRATAMIENTO	IO	C	°H
Congel. 6 mes	69,19	19,17	74,53
Congel. 1 año	76,25	18,83	72,32

### 3.5.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL BOROJÓN PASTEURIZADO O CONGELADO

Como se observa en la Tabla 27, los tres tratamientos de pasteurización y los dos de congelamiento inhibieron el desarrollo de coliformes totales, mohos y levaduras en la pulpa de borjón; razón por la cual, el recuento en el análisis microbiológico fue menor de 10 unidades por gramo.

**Tabla 27.** Contenido de coliformes totales, mohos y levaduras en la pulpa de borjón en fresco y después de los tres tratamientos de pasteurización o dos de congelamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Rec. colif total(ufc/g)</b>	<b>Rec. de mohos (upm/g)</b>	<b>Rec. de levaduras (upl/g)</b>
<b>Boroj3 fresco</b>	< 10	< 10	< 10
<b>65°Cx 30 min</b>	< 10	< 10	< 10
<b>75°Cx 15 min</b>	< 10	< 10	< 10
<b>85°Cx 5 min</b>	< 10	< 10	< 10
<b>cong. 6 meses</b>	< 10	< 10	< 10
<b>cong. 1 a3o</b>	< 10	< 10	< 10

### **3.5.4 SELECCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO DE PASTEURIZACIÓN O CONGELACIÓN EN LA PULPA DE BOROJ3**

Con base en los resultados reportados para el pH, la acidez titulable, los s3lidos solubles, el color y el contenido de vitamina C, despu3s de cada tratamiento de conservaci3n, se determin3 que el mejor tratamiento de pasteurizaci3n para el boroj3 fue el de 85° C por 5 min. Esta informaci3n fue analizada estad3sticamente con Tukey, al 95 % de confianza.

Para los dos tratamientos de congelaci3n, no se encontraron variaciones significativas en el contenido de vitamina C ni en el de s3lidos solubles. El IO fue mayor en el tratamiento de congelaci3n de 12 meses a -18° C; por tal raz3n, se escogi3 como mejor tratamiento al de 6 meses a esta temperatura, porque la tonalidad que present3 la pulpa fue menos oscura.

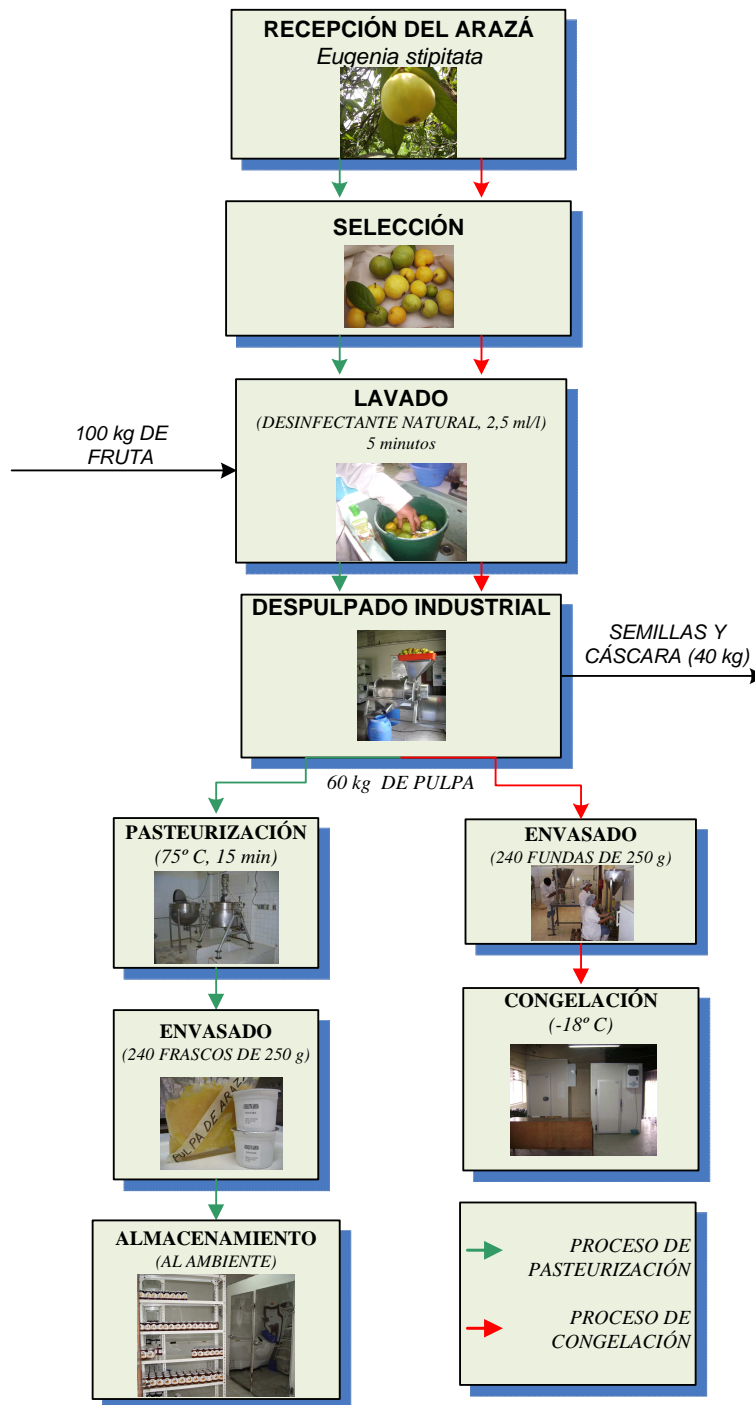
### **3.5.5 COMPARACI3N ENTRE EL MEJOR TRATAMIENTO DE PASTEURIZACI3N Y MEJOR DE CONGELACI3N EN LA PULPA DE BOROJ3**

El an3lisis estad3stico con la prueba de significaci3n de Tukey al 95 % de confianza, revel3 que existi3 diferencia significativa en el pH entre los dos tipos de conservaci3n. El mayor valor de pH fue encontrado en la pulpa pasteurizada, con 3,21; mientras que, en la pulpa congelada, el pH fue 2,92. El mayor valor de acidez correspondi3 a la pulpa sometida a la pasteurizaci3n, con 4,02 % de 3cido m3lico, frente a un 3,65 % de 3cido m3lico en la pulpa sometida a congelaci3n.



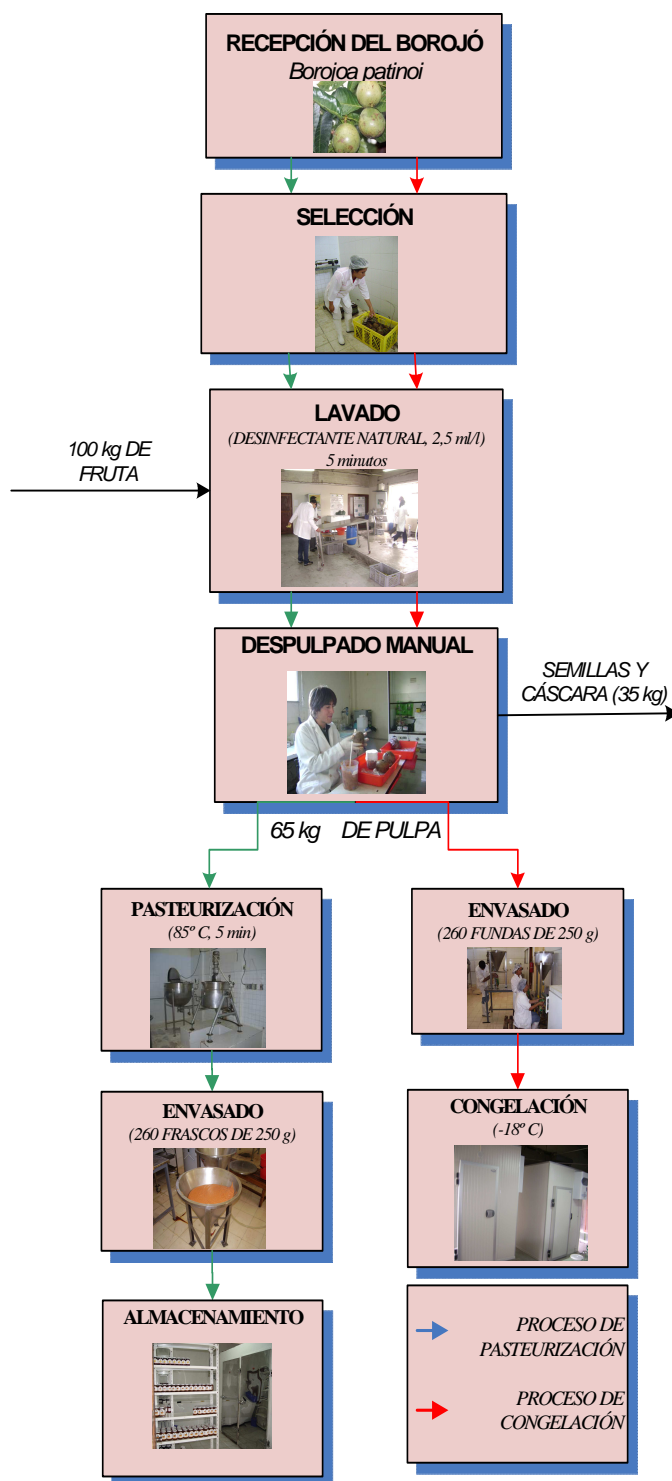
Estadísticamente, no existió diferencia significativa entre los dos tipos de conservación, para el contenido de sólidos solubles y de vitamina C. En el color, se presentó una diferencia significativa en el índice de oscurecimiento, en la cromaticidad y en el ángulo Hue, para los dos tratamientos. Los datos del IO fueron más altos para la conservación a  $-18^{\circ}$  C durante 12 meses, con 76,25 y menores para el tratamiento a  $85^{\circ}$  C por 5 min, con un valor de 40,60.

### **3.6 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE ARAZÁ O BOROJÓ, CONGELADA O PASTEURIZADA**



**Figura 53.** Diagrama de flujo de la obtención de pulpa de arazá, pasteurizada o congelada

En las Figuras 53 y 54 se observan los diagramas de flujo para los procesos de obtención de pulpa de arazá ó de borojó, a las condiciones óptimas determinadas en esta investigación.



**Figura 54.** Diagrama de flujo de la obtención de pulpa de borojó pasteurizada o congelada

### 3.7 ANÁLISIS ECONÓMICO A ESCALA DE PLANTA PILOTO

Se realizó un análisis económico a nivel de planta piloto, de acuerdo a las condiciones de producción optimizadas, tanto para la obtención de pulpas pasteurizadas y congeladas.

De acuerdo con la optimización del proceso de pasteurización y congelación de pulpas de arazá ó borojó, se determinaron los costos de producción para la obtención de 30 kg de pulpa de arazá y 32,5 kg de pulpa de borojó.

#### 3.7.1 MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS

En la Tabla 28 se presentan los costos de los materiales directos e indirectos.

**Tabla 28.** Materiales directos e indirectos del proyecto

DENOMINACIÓN	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Borojó (kg)	12000	0,28	3360,00
Arazá (kg)	12000	0,40	4800,00
<u>Total Directos</u>			8160,00
Cartones corrugado (unidades)	5040	0,1	504,00
Fundas plásticas (unidades)	60000	0,08	4800,00
Etiquetas (unidades)	60000	0,03	1.800,00
<u>Total Indirectos</u>			7104,00
<b>TOTAL:</b>			15264,00

Se realizó un costeo de los materiales directos (fruta de arazá y borojó) y de los materiales indirectos, dentro de los materiales necesarios para la elaboración de las pulpas pasteurizadas como para la obtención de pulpas congeladas, este valor fue de 15264 USD.

### 3.7.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

En la Tabla 29 se presentan los costos en detalle de la maquinaria y equipo del proyecto.

**Tabla 39.** Maquinarias y equipos del proyecto

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Valor Ex-Aduana</u> (Dólares)
Equipo de producción (Importado y nacional)	6690,32
Equipo auxiliar (Calderín y planta eléctrica)	5540,00
Materiales y utensilios de trabajo	253,69
Gastos de instalación y montaje (Equipo auxiliar) *	1223,03
Vehículos de trabajo	22000,00
<u>TOTAL</u>	35707,04

\* Corresponde al 10% del costo de los equipos

Se determinó el costo de los equipos y la maquinaria utilizada en el proceso de elaboración de las pulpas pasteurizadas o congeladas de arazá o borjój. El costo total del uso fue de 35707,04 USD.

### 3.7.3 MANO DE OBRA DIRECTA

En la Tabla 30 se detallan los valores de la mano de obra directa.

**Tabla 30.** Mano de obra directa del proyecto

<u>DENOMINACION</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo Mensual (USD)</u>	<u>Total Anual (USD)</u>
Calificados	1	480,00	5760,00
No calificados	2	220,00	5280,00
<u>SUMAN</u>			11040,00
Cargas sociales	38,7%		4266,96
<u>TOTAL</u>			15306,96

Para la producción de 30 kg de pulpa de arazá y 32,5 kg de pulpa de borjón a escala de planta piloto se requiere la participación de dos obreros y el gerente que hace las funciones de Jefe de control de calidad y de producción. El costo fue de 15306,96 USD.

### 3.7.4 ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE VENTA

Se estableció que para producir 30 kg de pulpa de arazá y 32,5 kg de borjón, los costos de producción corresponde a 1,05 dólares la unidad, entendida como unidad a una funda de 250 g de pulpa. En la Tabla 31 se detallan los costos de producción, para el cálculo del precio se tomó como referencia una utilidad del 81% para la pulpa de borjón para obtener un precio de venta de 1,90 USD y del 86% para la pulpa de arazá con un precio final de 1,95 USD.

**Tabla 31.** Costos de producción del proyecto

<b><u>COSTOS DE PRODUCCIÓN</u></b>		
	<u>Dólares</u>	<u>%</u>
Materiales directos	8160,00	12,92
Mano de obra directa	15306,96	24,24
Carga fabril	19834,58	31,42
a) Mano de obra indirecta	-	0,000
b) Materiales indirectos	7104,00	11,25
c) Depreciación	9256,76	14,66
e) Suministros	2778,85	4,40
d) Reparación y mantenimiento	81,19	0,13
f) Seguros	36,08	0,06
g) Imprevistos	577,71	0,92
<u>TOTAL</u>	63136,12	100,000

### 3.7.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

Se encontró que los costos fijos para la producción establecida, tuvieron un valor de 29353,18 dólares y el costo variable 34008,75 dólares. El punto de equilibrio resultante fue de 46,28%.

La cantidad de unidades de producto (fundas de 250 g de pulpa) necesaria para alcanzar al punto de equilibrio es 116 por día.

### **3.7.6 ÍNDICES FINANCIEROS**

Los índices financieros calculados para este proyecto fueron el valor actual neto (VAN) que es de 277,45 dólares y la tasa interna de retorno (TIR) que es del 12%.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Se caracterizó física, química y funcionalmente tres clones de arazá y seis de borojó, que se encuentran en la colección in situ del Banco de Germoplasma del INIAP en la Estación Experimental Central de la Amazonía. Información que representa uno de los principales valores agregados para la comercialización de estas frutas en fresco.
- El clon 001 de arazá fue el que presentó el mayor peso, la firmeza de la pulpa y el rendimiento de 61,36 % de pulpa. También presentó el mayor contenido de cenizas con 2,94 %, extracto etéreo 0,86 %, proteína 12,68 %, fibra 8,24 %, humedad 95,58 %, Fe 24 mg/kg, Zn 57 mg/kg, Mg 0,09 %, K 1,17 % y ácido málico con 247,91 mg/g, que representan al ácido para esta fruta.
- El clon 002 de arazá fue el que presentó el mayor contenido de vitamina A con 4618,21 UI/100 g, carbohidratos totales obtenidos por cálculo con 64,54 %, Ca con 0,13 %, la mayor actividad de las enzimas peroxidasa y polifenoloxidasas con 0,3 U/ml y 0,38 U/ml, respectivamente.
- El clon 003 de arazá presentó la mayor luminosidad y cromaticidad en el color externo e interno. El mayor valor del pH con 2,79, vitamina C 36,84 mg/100 g, Na 0,02 %, P 0,23 %, Cu 5 mg/kg, Mn 6 mg/kg, Se 0,35 µg/kg. Los sólidos solubles, con 4,40 °Brix, se relacionan con el contenido de azúcares correspondiendo a los totales y reductores el 33,76% y 7,75%, respectivamente, que se relacionó con el contenido de fructosa, glucosa y sacarosa obtenidos por HPLC. El contenido de carotenoides totales, β-caroteno y polifenoles totales tuvo una concentración de 0,48 mg/100 g, 0,25 mg/100 g y 2167,41 mg ácido gálico/100 g.
- Con respecto a la caracterización física y química del borojó, se puede señalar que el clon 20-6 obtuvo el mayor peso, la mayor firmeza de la fruta fue para el



clon 17-4 y el de mayor rendimiento de la pulpa fue el clon 21-7, con 65,98 %. El índice de oscurecimiento de la pulpa del clon 17-4 fue el que presentó el menor valor con 46,24.

- El clon 20-6 presentó la mayor acidez con 4,16 % de ácido málico y el mayor contenido de sólidos solubles con 28,47° Brix, parámetros que se relacionan con el sabor de la fruta. El clon 18-5 tuvo el mayor contenido de azúcares totales con 59,21 % y 26,86 % de azúcares reductores.
- En los minerales el clon 18-5 fue el que presentó el mayor contenido de Ca y Mg con 0,09 % y 0,08 %. Los clones 18-5 y 24-8 reportaron igual valor para el Mn de 0,9 %. Por otro lado los clones 18-5, 24-8 y 15-3 presentaron el mismo contenido de Cu con 0,9 %, el clon 17-4 presentó el mayor contenido de Fe con 70 mg/kg y Zn con 23 mg/kg. El clon 24-8 presentó mayor contenido de K y P con 1,37 % y 0,12 %. Esta fruta tiene bajo contenido de Na con 0,02 %.
- El contenido de Cd fue similar para los clones 24-8 y 15-3 con 0,03 mg/kg. El clon 18-5 presentó el mayor contenido de Pb y Se con 0,22 mg/kg y 0,33 µg/kg, respectivamente.
- Los clones 18-5 y 17-4 presentaron los mayores contenidos de carotenoides con 0,13 mg/100 g. El clon 18-5 tuvo el mayor contenido de vitamina C y vitamina A con 21,32 mg/100 g y 3015,2 UI/100 g. El clon 20-6 sobresale con un contenido de antocianinas equivalente a 0,47 mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g, la mayor cantidad de polifenoles totales es del clon 18-5 con 112,24 mg ácido gálico/100 g.
- Los seis clones de borojó no presentaron en su composición al ácido cítrico; pero, sí tuvieron la presencia de ácido oxálico. De igual manera no se detectó la presencia de β-carotenos.

- La selección de los materiales de arazá y borjón, de acuerdo con su mayor contenido de la capacidad antioxidante fue para el clon 003 de arazá con 129,8  $\mu\text{moles TE/g}$  y el clon 17-4 de borjón con 55,3  $\mu\text{moles TE/g}$ , valores reportados en base seca.
- Para la pulpa de arazá, se seleccionó como mejor tratamiento de pasteurización el de 75° C por 15 minutos, debido a que se conservó mejor el contenido de sólidos solubles, vitamina C, el color de la pulpa y no se presentó contaminación microbiológica. En la pulpa de borjón se seleccionó como mejor tratamiento de pasteurización el de 85° C por 5 minutos, por las mismas razones.
- Con respecto a la conservación por congelación a -18°C sin pasteurización, la pulpa de arazá no presentó cambios significativos durante los 6 meses de almacenamiento; sin embargo, a los 12 meses la pulpa tuvo niveles no aceptables de levaduras, con un valor de 46x10 upl/g. En contraste, la pulpa de borjón se conservó bien hasta los 12 meses.
- El proyecto es rentable, porque la relación beneficio/costo es mayor a 1, se encontraron valores del TIR del 12 % y el VAN de 277,45 dólares.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Diseñar un despulpador para la fruta de borjón a escala industrial, ya que por su alta viscosidad es difícil utilizar las que se comercializan en el mercado.
- Realizar el envasado o empackado al vacío, para disminuir el pardeamiento en la pulpa de las frutas.
- Para la elaboración de las pulpas, todas las etapas del proceso deben ser realizadas cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura, para evitar cualquier tipo de contaminación y así prolongar la vida útil del producto.

- Para que progrese la producción nacional del arazá y borojó, los productores deberían asociarse para formar organizaciones jurídicamente reconocidas y comercializar en común, directamente, en fresco o procesadas, dirigido al mercado nacional e internacional.
- El gobierno debería apoyar a los productores de estas frutas, mediante el otorgamiento de créditos y capacitación, así como la inversión en la promoción de las pulpas de éstas y otras frutas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGRONET, 2008, “Aspectos generales del arazá”, [www.agronet.gov.co/](http://www.agronet.gov.co/), (Mayo 2008).
2. ARTHEY, D. y ASHURST, P., 1997, “Procesado de frutas”, Zaragoza, España, Acribia, p.p: 147-150, 173,174, 175-176.
3. BARREIRO, J. y SANDOVAL, A., 2006, “Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas”, [http://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&printsec=copyright&source=gbs\\_pub\\_info\\_s&cad=2](http://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&printsec=copyright&source=gbs_pub_info_s&cad=2), (Julio, 2009).
4. BERMEJO, M., 1999, “Liofilización”, <http://www.uv.es/~mbermejo/Freeze-Drying.pdf>, (Diciembre, 2008).
5. CAMACHO, G., 1992, “Obtención y conservación de pulpas de frutas” Memorias del curso de extensión. ICTA - Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfr/p8.htm>, (Mayo 2008).
6. CONCOPE, 2009, “Tipos de Cultivos – Frutas Amazónicas – Arazá”, [http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo\\_Agro/Tecnologia\\_innovacion/Agricola/Cultivos\\_Tradicionales/Cultivos/Frutas/frutas\\_am/textos/arazatxt.html](http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/Frutas/frutas_am/textos/arazatxt.html), (Marzo, 2009).
7. CORPEI, 2005, “Naranjillas, Pitahaya, Arazá y Borojó con Agroquímicos”, [http://www.ceaecuador.org/imagesFTP/4740.fichas\\_Naranjilla\\_pitahaya\\_araza\\_y\\_borojo\\_con\\_Agroquimicos.pdf](http://www.ceaecuador.org/imagesFTP/4740.fichas_Naranjilla_pitahaya_araza_y_borojo_con_Agroquimicos.pdf), (Enero,2008)
8. CHARANJIT, K. y HARISH, C., 2001, “Antioxidants in fruits and vegetables– the millennium’s health”, International Journal of Food Science and Technology, 36, 703 – 725.
9. DELANITRADING, 2009, “Congeladores en espiral”, [www.delanitradng.com/ images/tunel\\_congelador\\_espiral.jpg&imgrefurl](http://www.delanitradng.com/images/tunel_congelador_espiral.jpg&imgrefurl), (Febrero, 2009).

10. DIAZ, A, 2003, "Unión Europea. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios", (Octubre, 2009).
11. DO NASCIMENTO, S. y GENTIL, D., 1999, "Manual Técnico Cultivo y Utilización del Arazá (*Eugenia stipitata*)", <http://www.otca.org.br/publicacao/SPT-TCA-VEN-SN%20araza.pdf>, (Agosto 2008).
12. ESCOBAR, C., ZULUZAGA, J. y MARTINEZ, A., 1996, "El Cultivo de Arazá", <http://www.agronet.gov>, (Diciembre, 2008).
13. EARTHLY, "Borojó", <http://www.borojo.net/whatisborojo.html>, (Mayo, 2008)
14. FAO y AGRONET, 2004, "Borojó", <http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros/44/texto00.htm>, (Marzo, 2008).
15. GONZÁLEZ, R., 2006, "Empresa Industrial procesadora y comercializadora de frutas", <http://www.monografias.com/trabajos37/procesadora-frutas/procesadora-frutas.shtml>, (Septiembre, 2008).
16. HERNÁNDEZ, M., BARRERA, J. y CARRILLO, M., 2006, "Arazá", [http://www.sinchi.org.co/uploads/Araza\\_2.pdf](http://www.sinchi.org.co/uploads/Araza_2.pdf), (Agosto, 2008).
17. INTRONET, 2005, "Borojó el pionero", [http://www.borojoelpionero.com/productos\\_elborojo.htm](http://www.borojoelpionero.com/productos_elborojo.htm), (Mayo, 2008).
18. KAUR, C. y KAPOOR, H., 2001, <http://www.ingentaconnect.com/content/bsc/ijfst/2001/00000036/00000007/art00513> , (Febrero 2008)
19. LARRE, 2008, "Guía de la alimentación", [www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/pasteurizacion.htm](http://www.ikerlarre.e.telefonica.net/paginas/pasteurizacion.htm), (Septiembre, 2008).
20. NACIONES UNIDAS, 1958, "Manual de Proyectos de Desarrollo Económico", México, D. F, pp. 124, 150.
21. NUTRIWARD, 2005, "El Borojó", [http://www.nutriward.com/images/Borojo\\_Manual1.pdf](http://www.nutriward.com/images/Borojo_Manual1.pdf), (Mayo, 2008).

22. ORDUZ, J. y RANGEL, J., 2002, "Frutales tropicales para el piedemonte llanero", <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Frutalestropicalescartilla.pdf>, (Febrero 2008)
23. PASCAL, L. et al, 2006, Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. Food Chemistry (Colombia) 95; pp. 644 - 652.
24. PÉREZ, J., 2008, "Procesos Industriales en los Alimentos", <http://www.scribd.com/doc/15487703/Procesos-Industriales-bromatologia>, (Junio, 2009).
25. PIKY, M., 2007, "La IQF o congelación rápida de manera individual", <http://www.directoalpaladar.com/nuevas-tendencias/la-iqf-o-congelacion-rapida-de-manera-individual>, (Julio, 2009).
26. PROEXANT, 2005, "Arazá (Amazon Peach)", [http://www.proexant.org.ec/HT\\_Araz%C3%A1.html](http://www.proexant.org.ec/HT_Araz%C3%A1.html), (Mayo, 2008).
27. PRODAR e IICA, 2007, "Fichas sobre operaciones básicas en la agroindustria, pasteurización", [http://www.territorioscentroamericanos.org/Agroindustria/Fichas%20operaciones/OPE3\\_pasteurizaci%C3%B3n.pdf](http://www.territorioscentroamericanos.org/Agroindustria/Fichas%20operaciones/OPE3_pasteurizaci%C3%B3n.pdf), (Julio, 2009).
28. QUIMINET, 2009, "Congelador de contacto directo", <http://www.quiminet.com/>, (Febrero, 2009).
29. RUIZ, L., 2003, "Situación de la cadena productiva de las frutas amazónicas ecuatorianas", <http://infoagro.net/shared/docs/a5/cf>, (Junio, 2008).
30. SÁNCHEZ, H., 2009, "Redeparede", <http://redeparede.com.co/users/taigaltda>, (Febrero, 2009).
31. SEVILLA, J., 2004, "Tecnología de los Alimentos", <http://www.ual.es/~ifernand/TA/Tema6/Tema6-EscaldadoyPV.pdf>, (Julio, 2009).
32. SIAC, 2008, "Borojoa patinoi Cuatrec", <http://www.siac.net.co>, (Julio, 2008)

33. SYMONS, H., 1990, "Alimentos congelados", tercera edición, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, pp. 49, 61.
34. TELSTAR-lifesciences, 2009, "Liofilizadores", <http://www.telstar-lifesciences.com/es/laboratorios/tecnologias/sistemas+de+liofilizacion/liofilizadores+de+laboratorio+cryodos.htm>, (Febrero, 2009).
35. TORRECILLA, V., 2008, "Liofilización", <http://www.demoprogresista.org.ar/>, (Febrero 2009).
36. TUNE EUREKA, 2009, "Congeladores de placa", <http://www.tuneureka.com>, (Febrero, 2009).
37. TRADING ARGENTINA, 1999, "Alimentos liofilizados", <http://www.tradar.com.ar/Castellano/Productos/Liofilizados/>, (Mayo 2008).
38. XULETAS, 2008, "Liofilización", <http://www.xuletas.es/ficha/liofilizacion-3>, (Mayo, 2009).

# ANEXO A

## MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

### DETERMINACIÓN DEL COLOR

#### a) Principio

El color se determina por el Sistema Hunter, se utiliza el equipo marca ColorTec-PCM™. El color se reportará en L\* (luminosidad), a\* (rojo+, verde-) y b\* (amarillo+, azul-). La escala de parámetros L, a y b se usará para calcular en ángulo Hue (H), la cromaticidad (C) y el índice de oscurecimiento (IO).

#### b) Equipo y material

- Equipo ColorTec-PCM™
- Cajas petri

#### c) Procedimiento

- Colocar la muestra en una caja petri pequeña, tapar teniendo cuidado de no dejar grumos o burbujas en la caja.
- Colocar el prisma del ColorTec-PCM™ sobre la superficie de la caja, tratando de cubrir toda la superficie.
- Tomar las lecturas en diferentes zonas de la caja. Anotar : L, a, b,

#### d) Cálculos

$$H = \arctg(b/a)$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$IO = 100 * ((a + 1,75 * L) / (5,645 * L + a - 3,012 * b) - 0,31) / 0,172$$

#### e) Referencias

Manual ColorTec PCM/PSMTM, adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP

Alvarado, J; Aguilera, J. 2001. Métodos para medir propiedades físicas e industriales de alimentos. España. Editorial Acribia, S. A. pp. 157, 329.



## DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

### a) Principio

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. El material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca.

### b) Equipo y material

- Estufa
- Balanza analítica
- Latas de Aluminio
- Pinza metálica
- Desecador

### c) Procedimiento

- Pesar aproximadamente 10 g de muestra fresca (ó 1 g de muestra seca), y colocar en latas de aluminio previamente taradas.
- Colocar en una estufa a 105° C durante 8 horas (o por una noche).
- Enfriar en un desecador y pesar la muestra seca.

### d) Cálculos

$$\text{Humedad (\%)} = \left( \frac{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \right) * 100$$

Donde:

- P<sub>1</sub> = Peso de la lata vacía (g)
- P<sub>2</sub> = Peso de la lata con la muestra fresca (g)
- P<sub>3</sub> = Peso de la lata con la muestra seca (g)

### e) Referencias

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist). 1998. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE CENIZAS

### a) Principio

La muestra es incinerada en una mufla a 600° C, previa precalcinación en una placa calentadora o reverbero, para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se denomina ceniza.

### b) Equipo y material

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| - Balanza analítica | - Pinza metálica        |
| - Mufla             | - Desecador             |
| - Placa calentadora | - Crisoles de porcelana |

### c) Procedimiento

- Pesar de 1,5 a 2,0 g de muestra y colocar en crisoles previamente tarados.
- Precalcinar la muestra hasta que no se desprenda humo.
- Colocar en una mufla a 600° C durante 8 horas (o por una noche).
- Sacar los crisoles, enfriar en un desecador y pesar.

### d) Cálculos

$$Cenizas (\%) = \left( \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) * 100$$

Donde:

- P<sub>1</sub> = Peso del crisol vacío (g)  
 P<sub>2</sub> = Peso del crisol más muestra (g)  
 P<sub>3</sub> = Peso del crisol más cenizas (g)

### e) Referencias

Método de la A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1998. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES

### a) Principio

La concentración de sólidos solubles se mide por refractometría. La desviación del ángulo luminoso está relacionado con el contenido de elementos solubles presentes dentro de una muestra (azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes). Los azúcares están relacionados directamente con el índice refractométrico el cual depende de la cantidad de estos en el medio.

### b) Equipo y material

- Refractómetro
- Vasos de precipitación
- Varilla de agitación
- Papel Kleenex
- Piceta

### c) Procedimiento

- Levantar la cubierta del refractómetro y colocar dos o tres gotas de jugo de fruta sobre el prisma de la superficie.
- Cerrar la cubierta del refractómetro y presionar ligeramente para evitar la presencia de burbujas teniendo en cuenta que se cubra toda la superficie.
- Leer la concentración de sólidos solubles en grados Brix
- Levantar la cubierta, lavar con agua destilada y secar suavemente con papel kleenex.

### d) Cálculos

La concentración de sólidos solubles de la fruta analizada se expresa directamente el valor de la lectura expresada en ° Brix.

### e) Referencias

Método de la A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1998. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES**

### **a) Principio**

Se determina por el método de la antrona. Se realiza una hidrólisis de los polisacáridos en medio ácido en caliente. La antrona reacciona con las hexosas y las aldopentosas para dar un complejo de color azul - verdoso, presentando un máximo de absorbancia a 625 nm.

La presencia de proteínas que contengan triptófano da color rojo a la muestra y puede interferir con la reacción. Este método es muy sensible, permite dosificar concentraciones en azúcares totales de 0 a 50 mg/L. Teniendo en cuenta la gran sensibilidad del método es necesario efectuar diluciones en la muestra a analizar. Se realiza siguiendo el método de Dubios, M. Hamilton J.K. (1956).

### **b) Equipo y material**

- Espectrofotómetro UV - VIS
- Balanza analítica
- Placa agitadora
- Baño maría
- Agitador de tubos
- Embudos
- Porta embudos
- Erlemneyes
- Balones aforados
- Papel filtro cualitativo
- Tubos de ensayo
- Pipetas graduadas
- Pipetas volumétricas
- Micropipeta y puntas
- Agitadores
- Gradillas

### **c) Reactivos**

**Acido sulfúrico concentrado  $H_2SO_4$ :** Concentración 95-97 %.

**Solución de antrona:** Pesar 200 mg de antrona y adicionar 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.

**Solución estándar de glucosa 50 mg/l:** Pesar 0.5 g de glucosa D-(+)-glucosa  $C_6H_{12}O_6$ , disolver y aforar a 100 ml con agua destilada. Tomar 1 ml y diluir a

100 ml.

#### d) Procedimiento

##### d1) Preparación de la muestra:

- Pesar aproximadamente 1 g de muestra liofilizada ó 30 g de muestra fresca.
- Extraer con 75 ml de agua destilada por una hora sobre una placa agitadora.
- Filtrar y aforar a 100 ml con agua destilada

##### d2) Cuantificación:

- Tomar 1,25 ml de muestra, previamente diluida y colocar en un baño de hielo.
- Adicionar 2,5 ml de reactivo de antrona, agitar los tubos y colocar en un baño de agua a ebullición durante 10 min.
- Sacar los tubos y colocar en un baño de hielo durante 10 minutos y agitar.
- Leer la absorbancia a 625 nm.

#### e) Cálculos

$$\% \text{ Azúcares To tales} = \frac{LR * V * FD * 10^{-6} (g / \mu g)}{Pm} * 100$$

Donde:

LR = Lectura de regresión ( $\mu\text{g/ml}$ )

V = Volumen final (ml)

FD = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

#### f) Referencias

DUBOIS, M.; Hamilton J.K. Repus P. A. Smith F. 1956. Coloreometric method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28-300-356.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES

### a) Principio

Los azúcares reductores se realiza según el método DNS. Se basa en la reducción del ácido 3,5 dinitrosalicílico a ácido 3-amino-5 nitrosalicílico por el grupo carbonilo libre de los azúcares reductores. El complejo formado es medido espectrofotométricamente a 540 nm. Siendo la densidad óptica proporcional a la concentración de azúcares reductores.

### b) Equipo y material

- Espectrofotómetro UV - VIS
- Balanza analítica
- Placa agitadora
- Baño maría
- Agitador de tubos
- Embudos
- Porta embudos
- Erlenmeyes
- Balones aforados
- Papel filtro cualitativo
- Tubos de ensayo
- Pipetas graduadas
- Pipetas volumétricas
- Micropipeta y puntas
- Agitadores
- Gradillas

### c) Reactivos

#### Reactivo Dinitrosalicílico (DNS):

**Solución A:** Pesar 13,5 g de hidróxido de sodio NaOH PM 40 g/mol, pureza 99% y disolver en 300 ml de agua destilada.

**Solución B:** Pesar 8,8 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico DNS,  $C_7H_4N_2O_7$  y disolver en 400 ml de agua destilada, adicionar 225 g de tartrato de sodio y potasio  $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$  y ajustar con 400 ml de agua destilada.

**Solución C:** Mezclar las soluciones A y B, esta solución se conserva 1 año en refrigeración.

**Solución D:** Pesar 2,2 g de hidróxido de sodio NaOH (; 10 g de fenol cristalizado C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH, *PM* 94,11 g/mol en 100 ml de agua destilada

**Solución de bisulfito de sodio:** Pesar 5 g de bisulfito de sodio y aforar a 25 ml de agua destilada.

**Solución de trabajo:** A la **solución C** agregar 69 ml de la **solución D** y 23.2 ml de bisulfito de sodio. Conservar en frasco oscuro en refrigeración. Esta solución dura máxima un año. Usar cinco días después de su preparación

**Solución de hidróxido de sodio 1 M:** Pesar 40,8163 g de NaOH *PM* 40 g/mol, disolver y aforar a 1000 ml de agua destilada.

**Solución estándar de glucosa 2000 ppm:** Pesar 50 mg de D-(+)-glucosa, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, disolver y aforar a 25 ml con agua destilada.

#### d) Procedimiento

- Tomar 0,5 ml de muestra o de la dilución en un tubo de ensayo
- Adicionar 0,5 ml de hidróxido de sodio 1M y 1,5 ml de DNS y agitar
- Colocar los tubos en baño de agua hirviendo durante 5 minutos, enfriar en baño de agua hielo, adicionar 9,5 ml de agua destilada y agitar
- Medir la absorbancia a 540 nm.

#### e) Cálculos

$$\% \text{ Azúcares Reductores} = \frac{LR * V_t * FD * 10^{-6} (g / \mu g)}{P_m} * 100$$

Donde:

LR = Lectura de regresión (μg/ml)

V<sub>t</sub> = Volumen final (ml)

FD = Factor de dilución

P<sub>m</sub> = Peso de la muestra (g)

#### f) Referencias

MILLER, G. L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Anal. Chem. 31:426-428.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE pH Y ACIDEZ TITULABLE**

### **a) Principio**

La acidez se determina en un peso de muestra llevada a un volumen conocido, se titula con una base estandarizada hasta el viraje determinado por el pH 8,2 del indicador fenolftaleína.

### **b) Equipo y material**

- pH - metro
- Licuadora
- Agitador magnético
- Vasos de precipitación
- Bureta
- Soporte universal

### **c) Reactivos**

**Solución Buffer pH 4:** (Merck 0C407512, ácido cítrico / hidróxido de sodio / ácido clorhídrico; trazable a SRM de NIST y PTB).

**Solución Buffer pH 7:** (Merck 0C529950, di-sodio hidrógeno fosfato / potasio di-hidrógeno fosfato, trazable a SRM de NIST y PTB).

**Solución de hidróxido de sodio NaOH 0.1 N:** Pesar 2,0408 g de NaOH PM 40 g/mol, disolver y aforar a 500 ml con agua destilada, estandarizar con ftalato ácido de potasio (secado por dos horas a 100-110° C.)

### **d) Procedimiento**

- Pesar 30 g de muestra, licuar y llevar a un volumen conocido (200 ml) con agua destilada. Tomar un alícuota (20 ml).
- Calibrar el pH - metro, utilizando las soluciones buffer de pH = 4 y pH = 7.



- Medir en la muestra el pH inicial. Titular con hidróxido de sodio 0,1 N estandarizado hasta que el pH-metro marque 8,2 que es el viraje del indicador fenolftaleína.
- Expresar el resultado de acuerdo al ácido predominante.

#### e) Cálculos

$$\text{Acidez Titulable (\% \acute{a}c. predo min ante)} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N * \text{meq} * V_t}{P_m * V_a} * 100$$

Donde:

- $V_{\text{NaOH}}$  = Volúmen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación (ml)  
 N = Normalidad del hidróxido de sodio  
 meq = miliequivalentes del ácido predominante  
 VT = Volumen final (ml)  
 Pm = Peso de la muestra (g)  
 Va = Volúmen de la alícuota (ml)

#### f) Referencias

Método de la A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1998. Peer Verifed Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE ACIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)

#### a) Principio

El ácido ascórbico reduce el ácido molibdofosfórico amarillo a azul de fosfomolibdeno, cuya concentración se determina por reflectometría, que es una técnica basada en la interacción entre luz y materia, la luz es una forma de energía que se expresa en parámetros de onda, por la óptica geométrica se detectó la reflexión.

#### b) Equipo y material

- Reflectómetro RQ flex 16970
- Licuadora
- Reflectoquant 1.16981, Test Ácido Ascórbico (tubo conteniendo 50 tirillas analíticas y una tira de código de barras), (Merck, de 25 - 450mg/l)
- Vasos de precipitación, balones aforados

**c) Procedimiento**

- Pesar 30 g de muestra, licuar y llevar a un volumen conocido (200 ml) con agua destilada.
- Calibrar el equipo, con la curva de calibración que viene con las tirillas.
- Tomar una tirilla analítica del tubo y cerrar inmediatamente.
- Presionar la tecla STAR del reflectómetro e introducir de forma absolutamente simultánea la tirilla analítica con ambas zonas de reacción durante aproximadamente 2 segundos en la muestra. Eliminar el exceso de líquido de la tirilla, sacudiéndola manualmente.
- Cuando suene la señal acústica (5 segundos antes de transcurrir el tiempo de reacción) la tirilla ya deber estar introducida con la zona de reacción en dirección a la pantalla hasta el tope en el adaptador de tirillas
- Después de transcurrido el tiempo de reacción, leer en la pantalla el valor de medición en mg/l de ácido ascórbico. El valor se almacena automáticamente.
- Si el valor de medición es superior al intervalo de medida, debe repetirse la medición con nuevas muestras diluidas hasta obtener un valor inferior a 450 mg/l de ácido ascórbico, que luego se multiplicará por el correspondiente factor de dilución.

**d) Cálculos**

$$\text{VitaminaC (mg / 100 g .acidoascórbico)} = \frac{L * V}{Pm}$$

Donde:

- L = Lectura (mg/l)
- V = Volumen final (ml)
- Pm = Peso de la muestra (g)

-

**e) Referencias**

Método reflectométrico de la MERCK, Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad INIAP

## **DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS**

**a) Principio**

Los ácidos orgánicos de los jugos de frutas se extraen mediante la utilización de resina Bio-Rad 5, posteriormente se eliminan los azúcares y alcoholes lavando con agua la resina, a continuación se eluyen los ácidos orgánicos con ácido sulfúrico 1 N. El extracto que contiene los ácidos orgánicos se pasa por un cartucho SEP-PAK C18 para eliminar las interferencias por polifenoles y se cuantifica por Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC.

**b) Equipo y material**

- Equipo HPLC Agilent 1100 automuestreador y bomba
- Balanza analítica
- Placa agitadora
- Balones aforados
- Gradillas
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Varillas de agitación
- Jeringuillas plásticas con filtro de lana de vidrio
- Micropipeta y puntas
- Baño Ultrasonido
- Viales
- Membrana MILLIPORE de filtración de 0,22 µm

**c) Reactivos**

**Solución de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N:** Transferir cuantitativamente el contenido de un cartucho de tritisol a un balón volumétrico de 1 L y completar con agua bidestilada.

**Carbonato de sodio 0,5 M:** Pesar 5.3 g de carbonato de sodio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, grado p.a, pureza ≥99,9%, PM 105.99 g/mol-g, disolver y aforar a 100 ml con agua bidestilada.

**Fase móvil para HPLC:**

**Solución de fosfato diácido de potasio 10 mM pH 2,3:** Pesar 1,360 g de fosfato diácido de potasio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) y disolver en 500 ml de agua bidestilada, ajustar el pH a 2,3 con ácido orto fosfórico al 85 % y aforar a un litro con agua bidestilada, colocar en el baño ultrasonido por cinco minutos.

**Soluciones Estándar de ácidos orgánicos:**

**Solución estándar patrón de ácidos orgánicos:** Pesar las cantidades de cada ácido orgánico indicadas en el siguiente cuadro y aforar a 100 ml con agua bidestilada para obtener la concentración deseada.

Estándar ácido orgánico	Peso (g)	Concentración (g/L)
Acido Oxálico	0,10	1,0
Acido Málico	0,60	6,0
Acido Cítrico	0,80	8,0
Acido Succínico	0,60	6,0

Medir 10 ml de la solución patrón y aforar a 100 ml con agua bidestilada.

**d) Procedimiento**

**d1) Pre - acondicionamiento de la Resina Bio-Rex 5**

- Pesar 0,5 g de resina en un vaso de 50 ml. Adicionar 3 ml de solución de carbonato de sodio, agitar y filtrar. Descartar la solución.
- Sobre la resina adicionar 3 ml de carbonato de sodio, agitar y filtrar. Descartar la solución.

- Lavar la resina con 3 ml de agua bidestilada. Secar y guardar.

**d2) Pre - acondicionamiento del cartucho SEP-PACK C-18**

- Pasar por la columna 0,5 ml de metanol puro.
- Lavar con 3 ml de agua bidestilada dos veces.

**d3) Tratamiento de la muestra**

- Pesar 0,25 g de muestra liofilizada en vasos de precipitación de 50 ml.
- Adicionar 25 ml de agua bidestilada.
- Agitar por una hora sobre una placa agitadora.
- Centrifugar por 30 min a 4500 rpm, hasta obtener un sobrenadante claro sin partículas en suspensión.
- En el caso de jugos de fruta tomar 20 ml y centrifugar.
- En un vaso de precipitación de 10 ml pesar 0,5 g de resina Bio-Rad CL 5 previamente acondicionada.
- Añadir 2 ml del sobrenadante (ó 1ml de jugo de fruta centrifugada y 1 ml de agua bidestilada), agitar sobre una placa por 15 min.
- Trasvasar el contenido del vaso a una columna con filtro de fibra de vidrio y lavar 3 veces con 2 ml de agua bidestilada.
- Descartar el agua de lavado
- Añadir 3 ml de ácido sulfúrico 1N por tres veces y recoger el eluido sobre un balón de 10 ml, y aforar con agua bidestilada (cada vez que pase el ácido sulfúrico agitar la resina con una varilla de vidrio)
- Eliminar las interferencias de polifenoles, haciendo circular el extracto por un cartucho SEP-PAC18 previamente acondicionado.
- Filtrar a través de una membrana Millipore de 0.22  $\mu\text{m}$ , y trasvasar a un vial.  
Inyectar 20  $\mu\text{m}$  en el HPLC bajo las siguientes condiciones:
  - ❖ Columna: SRT ODS II (150 x 4.6 nm)  
Shimadzu
  - ❖ Temperatura de la Columna: 40° C
  - ❖ Detector UV-VIS: Longitud de onda 210 nm
  - ❖ Flujo: 1,0 ml /min
  - ❖ Fase Móvil: Solución de 10 mM de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  pH 2,3

❖ Volumen inyección: 20 µl

### e) Cálculos y resultados

Los cálculos se realizan sobre la base de las áreas y concentraciones de los estándares:

$$\text{Concentración(mg / g)} = C * \frac{\text{Areamuestra}}{\text{Areaestàndar}} * \frac{Vt}{Pm} * FD$$

*Donde:*

mg/g = concentración del ácido orgánico por gramo de muestra

C = Concentración de cada ácido orgánico en el estándar

Vt = Volumen total (ml)

FD = Factor de dilución (10/2)

Pm = Peso de la muestra (g)

### f) Referencias

Caperos, J.; Giraldo, J-P. Laboratorio cantonal de Neuchatel. Manual de Calidad. Cap 10<sup>a</sup>, Dosage d`acides organiques, sucres et d`alcools par HPLC, MO EC 520. Suiza. Pág. 1.

JINAP, S., DIMICK, P., Journal of Food Science. Volumen 55. Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. No. 2, 1990. pág. 547-550.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES

**a) Principio**

Los polifenoles son comúnmente determinados usando el reactivo de Folin & Ciocalteu's que interactúa con otras diferentes sustancias reduciendo las sustancias no fenólicas llevando a una sobrestimación del contenido de polifenoles. El extracto de la fase sólida fue quitado con la eliminación de los componentes solubles en agua reduciendo las interferencias incluyendo la ocasionada por la vitamina C. La corrección colorimétrica fue desarrollada extrayendo las sustancias que podrían interferir en el agua de lavado del extracto bruto. No obstante la vitamina C presente en el agua del lavado del extracto puede ser destruida por el calor y así colorimetricamente deducida.

**b) Equipo y material**

- Espectrofotómetro Shimadzu  
UVVIS
- Balanza analítica
- Placa agitadora
- Papel filtro cualitativo
- Balones aforados
- Pipetas volumétricas
- Probetas
- Viales con tapa
- Vasos de precipitación
- Cronómetro
- Agitadores magnéticos
- Cartuchos OASIS
- Termómetro

### c) Reactivos

**Acetona 70:30 (v/v):** Medir 70 ml de acetona  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  grado p.a. PM 58,08 g/mol,  $\geq 99,8\%$ ,  $\delta=0,79$  g/ml y mezclar con 30 ml de agua destilada.

**Metanol puro:** grado p.a  $\text{CH}_3\text{OH}$ , PM 32,04 g/mol, pureza 99,90 %.

**Solución de carbonato de sodio 75 g/l:** Pesar 75 g de carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , grado p.a,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , pureza  $\geq 99,9\%$ , PM 105,99 g/mol-g, disolver con un poco de agua destilada caliente y aforar a 1000 ml.

**Reactivo de Folin-Ciocalteus:** Tomar 1 ml del reactivo de Folin, adicionar 9 ml de agua destilada, dilución 1/10.

**Solución estándar de ácido gálico de 500 ppm:** Pesar 0,0564 g de ácido gálico monohidratado  $(\text{HO})_3\text{C}_6\text{H}_2\text{CO}_2\text{H}\cdot\text{H}_2\text{O}$ , 98 %, disolver y aforar a 100 ml con agua destilada. Prepara una curva de 0-500 ppm, tomar 50  $\mu\text{l}$  de cada estándar, adicionar 450  $\mu\text{l}$ , (volumen final 500  $\mu\text{l}$ ) y proceder con el método.

**Solución estándar de ácido L(+)-ascórbico de 1000 ppm:** Pesar 0,1003 g de ácido L(+)-ascórbico p.a  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  99,7 % disolver y aforar a 100 ml con agua destilada. Prepara una curva de 0-1000 ppm, tomar 500  $\mu\text{l}$  de cada estándar y proceder con el método.

### d) Procedimiento

- Pesar entre 0,3 g a un 1 g de muestra liofilizada, en viales con tapa.
- Adicionar 10 ml de la mezcla acetona/agua.
- Agitar por 45 minutos en una placa agitadora.
- Centrifugar por 10 min a 3500 rpm. y/o filtrar a través de papel filtro.
- Recoger el filtrado en viales con tapa (*extracto bruto*).

#### Determinación de los componentes solubles totales en agua (Fracción A)

- Tomar 25  $\mu\text{l}$ , 50  $\mu\text{l}$  ó 75  $\mu\text{l}$  del extracto bruto.
- Adicionar 475  $\mu\text{l}$ , 450  $\mu\text{l}$  ó 425  $\mu\text{l}$  de metanol.
- Medir utilizando el método de Folin.

#### Separación de polifenoles y compuestos solubles en agua (Fracción B)

- Tomar 500  $\mu\text{l}$  del extracto bruto.
- Adicionar 3,5 ml de agua.



- Colocar 2 ml de esta solución en un cartucho OASIS previamente acondicionado (3 ml de metanol + 2 x 3 ml de agua).
- Lavar con 2 x 2 ml de agua.
- Tomar 500 µl del extracto lavado.
- Medir utilizando el método de Folin.

NOTA: Después de cada análisis lavar los cartuchos OASIS con: 4 x 3 ml de metanol puro. Lavar con 2 x 2 ml de agua destilada.

#### **Eliminación de Vitamina C del extracto lavado (Fracción C)**

- Tomar 3 ml del extracto lavado en tubos de ensayo.
- Colocar en un baño de agua a 85° C por dos horas.
- Tomar 500 µl del extracto lavado.
- Medir utilizando el método de Folin.

#### **Método de Folin**

- Adicionar 2,5 ml de Folin-Ciocalteu (diluido en 1/10 con agua).
- Dejar a temperatura ambiente por dos minutos.
- Adicionar 2 ml de carbonato de sodio, agitar e incubar inmediatamente a 50° C por 15 minutos exactos. Enfriar los tubos rápidamente en agua a 4° C.
- Leer la absorbancia inmediatamente a 760 nm. Realizar las mediciones en duplicado.

#### **e) Cálculos**

**Polifenoles Totales (mg ácido gálico/100 g muestra) = A – B**

$$A \text{ (mg/100g)} = LR_a * \frac{Vt}{Pm}$$

$$B \text{ (mg/100g)} = \left[ LR_b * \frac{Vt}{Pm} * FD \right] * \frac{1}{10}$$

**Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g muestra) = B-C**

$$\text{Vita min aC(mgácidoascórbico/100g)} = \left[ \frac{B-C}{pc} * \frac{Vt}{Pm} * FD \right] * \frac{1}{10}$$

Donde:

- LR<sub>a</sub> = Concentración en mg/l de ácido gálico de la Fracción A  
 LR<sub>b</sub> = Concentración en mg/l de ácido gálico de la Fracción B  
 Vt = Volumen total (ml)  
 Pm = Peso muestra (g)  
 FD = Factor de dilución Fracción B ((4/0,5)\*(6/2))  
 B = ABS a 760 nm de la Fracción B  
 C = ABS a 760 nm de la Fracción C  
 pc . = Pendiente – curva de ácido ascórbico (mg/l)

#### f) Referencias

Stephane, G; Pierre, B; Pascaline, A; Marie, J.A. Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant – Derived Products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005, Vol. 53, 1370 -1373 pp

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES

### a) Principio

Los carotenoides totales se determinan espectrofotométricamente a una longitud de onda de 450 nm, utilizando una curva de un estándar de caroteno (β-caroteno) a una longitud de onda de 450 nm.

**b) Equipo y material**

- Espectrofotometro UV – VIS Shimadzu
- Equipo HPLC Agilent 1100, automuestrador y bomba
- Balanza analítica
- Centrífuga
- Baño ultrasonido
- Placa agitadora
- Agitadores magnéticos
- Viales con tapa
- Vasos de precipitación
- Embudos de separación
- Tubos para centrifuga de 50 ml con tapa
- Pipetas
- Micropipeta y puntas
- Cronómetro

**c) Reactivos**

**Solución Etanol: Hexano:** Mezclar etanol, grado p.a.  $C_2H_5OH$ , pureza  $\geq 99,9\%$ , PM 46,07 g/mol-g, con hexano, grado p.a.  $CH_3(CH_2)_4CH_3$ , pureza  $\geq 96,0\%$ , PM 86,18 g/mol-g en la proporción 4:3 (v/v).

**Butilhidroxitolueno BHT 0,1%:** Pesar 0,1 g de 2,6-Di-tert-butyl-4-methyphenol BHT  $C_{15}H_{24}O$ , PM 220,36 y disolver en la mezcla etanol-hexano.

**Hexano:** grado HPLC,  $CH_3(CH_2)_4CH_3$ , pureza  $\geq 98,0\%$ , PM 86,18g/mol.

**Acetonitrilo:** grado HPLC,  $CH_3CN$ , pureza  $\geq 99,9\%$ , PM 41,05 g/mol-g.

**Metanol:** grado HPLC,  $CH_3OH$ , pureza  $\geq 99,9\%$ , PM 32,04 g/mol-g.

**Cloroformo:** grado HPLC,  $CHCl_3$ , pureza 99,9% PM 119,38 g/mol-g.

**Sulfato de sodio:** grado p.a.,  $Na_2SO_4$  pureza  $\geq 99,0\%$ , PM 14,04 g/mol-g.

**Fase móvil para HPLC:** Acetonitrilo : Metanol : Cloroformo (47:47:6). Mezclar 470 ml de acetonitrilo, 470 ml de metanol y 60 ml de cloroformo, colocar en el baño ultrasonido por cinco minutos.

**Solución patrón del estándar  $\beta$ -caroteno:** Tipo II, Sigma  $\geq 95\%$  (C4582-25 mg): Romper la ampolla del estándar con mucho cuidado, disolver todo su contenido

con hexano grado HPLC y aforar a 250 ml. La concentración final es 100 ppm. Guardar en congelación en un envase completamente cerrado y protegido de la luz.

**Solución estándar de  $\beta$ -caroteno 10 ppm:** Tomar 1 ml de la solución patrón de 100 ppm y aforar a 10 ml con hexano grado HPLC.

**Curva de calibración del estándar de  $\beta$ -caroteno para la cuantificación por el espectrofotómetro UV-VIS:** A partir de la solución de 10 ppm, preparar una curva de 0 - 3  $\mu\text{g/ml}$  y medir en el espectrofotómetro UV-VIS inmediatamente.

**Curva de calibración del estándar de  $\beta$ -caroteno para HPLC:** A partir de la solución de 10 ppm preparar una curva de 0-10  $\mu\text{g/ml}$  e inyectar inmediatamente en el HPLC.

#### **d) Procedimiento**

- Pesar 0,6 a 1 gramos de muestra liofilizada en un vial con tapa y protegido de la luz (forrado con papel aluminio).
- Adicionar 0,12 g de carbonato de magnesio. Adicionar 10 ml de la mezcla etanol : hexano. Agitar por 30 minutos en una placa agitadora
- Trasvasar el contenido a tubos completamente protegidos de la luz y centrifugar por 10 minutos a 3500 rpm
- El sobrenadante trasvasar a un embudo de separación completamente protegido de la luz; sobre el residuo añadir 10 ml de la mezcla etanol: hexano
- Agitar por 3 minutos y centrifugar. Sobre el residuo adicionar 10 ml de etanol
- Agitar por 3 minutos y centrifugar. En el residuo adicionar 10 ml de hexano.
- Agitar por 3 minutos y centrifugar.
- El sobrenadante que queda después de cada centrifugación trasvasar a un embudo de separación, lavar dos veces con 20 ml de una solución de cloruro de sodio al 10 % y tres veces con 20 ml de agua destilada.
- La fase acuosa se desecha. Sobre la fase de hexano adicionar sulfato de sodio anhidro para eliminar completamente el agua y el extracto pasar a viales completamente protegidos de la luz.
- Llevar a sequedad con nitrógeno a 40° C.
- Recuperar los carotenoides con 3 ml de hexano grado HPLC.

- Inyectar inmediatamente en el HPLC, y cuantificar la concentración como  $\beta$ -caroteno.
- De los carotenoides recuperados tomar directamente o de la dilución y leer inmediatamente en el espectrofotómetro UV-VIS a 450 nm para cuantificar la concentración de carotenoides totales.

NOTA: Para evitar la degradación de los carotenoides se debe trabajar en un cuarto oscuro y protegido de la luz

### e) Cálculos

#### Cuantificación por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC):

Inyectar 20  $\mu$ l en el HPLC bajo las siguientes características:

Columna: Symmetry C18 5  $\mu$ m (150 x 3,9 mm)

Temperatura de Columna: 35° C

Detector UV-VIS: Longitud de onda 450 nm

Fase móvil: Acetonitrilo : Metanol : Cloroformo 47 :47 : 6

Flujo: 1,0 ml/min

#### Cuantificación colorimétrica por Espectrofotometría UV-VIS:

$$\text{CarotenoidesTotales}(\mu\text{g} / \text{g}) = \frac{LR * Vt}{Pm}$$

Donde:

LR = Concentración de  $\beta$ -caroteno ( $\mu$ g/ml)

Vt = Volumen total (ml)

Pm = Peso de la muestra (g)

### f) Referencias

Claudie, D; Catherine, C; Patrick, O; Franck, C; Marie A. Varietal and Interspecific influence on Micronutrient Contents in Citrus from the Mediterranean Area. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol 53, No. 6. p 214.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS

### a) Principio

Las antocianinas sufren transformaciones estructurales con cambios en el pH. A pH 1,0 las antocianinas existen en una alta coloración de oxonium en su forma flavonoide y a pH 4,5 ellas están predominantemente en la forma de carbinol menos coloreado

### b) Equipo y material

- Espectrofotómetro Shimadzu UVVIS
- Balanza analítica
- pH-metro
- Placa agitadora, centrifuga
- Papel filtro cualitativo
- Pipetas volumétricas, vasos de precipitación
- Probetas, balones aforados
- Cronómetro, Agitadores magnéticos

### c) Reactivos

**Solución A, Cloruro de Potasio 0,2 N:** Pesar 14,9120 g de cloruro de potasio (ClK), grado p.a. pureza 99,5%, PM 74,56 g/mol-g, disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución B, Acido clorhídrico HCl 0,2 N:** Tomar 16,56 ml de ácido clorhídrico HCl; 36,5 a 38 %, 1,19 g/ml) de pureza, y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución Buffer pH 1,0:** Medir 125 ml de la solución A y adicionar 375 ml de la Solución B, medir el pH y aforar a 500 ml.

**Solución C, Acetato de Sodio 1 M:** Pesar 82,8586 g de acetato de sodio anhidro, disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución D, Acido clorhídrico HCl 1,0 N:** Tomar 82,81 ml de ácido clorhídrico HCl; 36,5 a 38 %, 1,19 g/ml) de pureza, y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución Buffer pH 4,5:** Medir 400 ml de la solución C, adicionar 240 ml de la solución D, y 360 ml de agua destilada ir controlando el pH y aforar a 1 L.

#### d) Procedimiento

- Pesar 0,25 g. de muestra liofilizada, en vasos de precipitación.
- Adicionar 10 ml de buffer. - Agitar por una hora sobre una placa agitadora.
- Centrifugar por 30 min a 4000 rpm. Filtrar a través de papel filtro.
- Medir la absorbancia, frente al buffer.
- Realizar el mismo procedimiento con cada buffer.

#### e) Cálculos

$$A = [(A_1 - A_2) - (A_3 - A_4)]$$

$$C = \frac{A}{\varepsilon * b} * \frac{V_t}{P_m} * PM * 100$$

Donde:

- C = Concentración de antocianinas (mg/100g)
- A = Diferencia de la absorbancia entre pH 1,0 y pH 4,5
- A<sub>1</sub> = Absorbancia a 510 nm a pH 1,0
- A<sub>2</sub> = Absorbancia a 700 nm a pH 1,0
- A<sub>3</sub> = Absorbancia a 510 nm a pH 4,5
- A<sub>4</sub> = Absorbancia a 700 nm a pH 4,5
- V<sub>t</sub> = Volumen total (ml)
- P<sub>m</sub> = Peso de la muestra (g)
- PM = Peso molecular de cyanidin-3-glucoside chloride (484,82 g/mol)
- ε = Coeficiente de absortividad de cyanidin-3-glucoside chloride (24825 L mol<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>)
- b = Ancho de la celda (1 cm)

#### f) Referencias

Rapisarda, P; Fanella, F; Maccarone, E: Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanina in Blood Orange Juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000, Vol. 48, 2249-2252 pp

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad deL INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD PEROXIDASA**

### **a) Principio**

La cinética de inactivación térmica de la peroxidasa en productos fruto-hostícolos ha sido muy estudiada y está constituida por dos fases, cada una de las cuales es caracterizada por una cinética de primer orden (CHANG et al., 1988). Esas dos fases se deben a la existencia de isoenzimas de diferentes estabilidades térmicas, las cuales pueden ser lábiles o resistentes al calor (LIN & LUND, 1978). De manera semejante, el estudio cinético de la inactivación térmica de la pectinesterasa en jugo de frutas agrias mostró la presencia de isoenzimas con estabilidades térmicas diferentes (SEYMOUR et al, 1991).

La actividad de las enzimas polifenoloxidasas (PFO) y peroxidasa (PO) se efectuaron en el extracto enzimático, el mismo fue conservado en recipientes de vidrio, refrigerados a 5° C.

### **b) Equipo y material**

- Espectrofotómetro UV – VIS
- Balanza analítica
- Baño incubador
- Centrífuga
- Vasos de precipitación, embudos
- Tubos para centrífuga de 50 ml con tapa
- Pipetas
- Micropipeta y puntas
- Cronómetro, termómetro

### **c) Reactivos**



**Catecol 0,1 M:** Pesar 0,2753 g de pirocatecol, disolver y aforar a 25 ml con agua destilada.

**Solución A, Fosfato de sodio monobásico 0,2 M:** Pesar 27,8768 g de fosfato de sodio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), PM 137,99 g/mol, disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución B, Fosfato de sodio di básico 0,2 M:** Pesar 35,7769 g de fosfato de sodio di básico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), PM 177,99 g/mol, pureza 99,5% disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución Buffer pH 6,0:** Medir 219,25 ml de la solución A y adicionar 30,75 ml de la Solución B, medir el pH y aforar a 500 ml con agua destilada.

**Solución de Guayacol 0,5 %:** Medir 0,5 ml de guayacol  $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{OH}$ , PM 124,14 y aforar a 100 ml con etanol puro.

**Peroxido de Hidrógeno 3 %:** Medir 3 ml de peróxido de hidrógeno  $\text{H}_2\text{O}_2$ , PM 34,02 y aforar a 100 ml con agua destilada.

#### **d) Procedimiento**

##### **Extracto Enzimático:**

- Pesar 40 g de pulpa de fruta.
- Adicionar 160 ml de agua destilada helada ( $-4^\circ \text{C}$ ).
- Licuar durante 3 minutos.
- Centrifugar por 20 min a 3500 rpm.
- El líquido sobrenadante trasvasar a un erlenmeyer y colocar en un baño de hielo picado para ser utilizado como fuente enzimática.

Nota.- El extracto se mantiene en refrigeración ( $5^\circ \text{C}$ ) durante cuatro meses.

##### **Determinación de la actividad de la Polifenoloxidasa (*Método de POTIG & JOSLYN 1948*):**

- En un tubo de ensayo adicionar 0,3 ml de catecol 0,1 M
- Colocar 9,6 ml de solución tampón fosfato 0,2 M, pH 6,0 (sustrato)
- Estabilizar a temperatura en un baño incubador a  $30^\circ \text{C}$ .
- Al sustrato adicionar 1 ml del extracto enzimático.
- Homogenizar rápidamente y leer en el espectrofotómetro a 425 nm, usando

agua destilada como blanco.

- Realizar diez lecturas cada minuto.

#### **Determinación de la actividad de la Peroxidasa (Método Silva 1984):**

- En un tubo de ensayo adicionar 10 ml de tampón fosfato 0,2 M, pH 6,0,
- Adicionar 1 ml de extracto enzimático,
- Dejar en el baño incubador a 25° C hasta estabilizar la temperatura.
- Adicionar 0,5 ml de guayacol al 0,5 % y 0,5 ml de peróxido de hidrógeno al 0,08 %. Homogenizar rápidamente.
- Leer en un espectrofotómetro a 470 nm utilizando como blanco la mezcla reactiva sin peróxido de hidrógeno.
- Realizar diez lecturas una por minuto.
- Se calcula con base en la pendiente de la parte lineal (primera fracción de la curva de absorbancia vs tiempo).

#### **e) Cálculos**

$$Actividad(U / ml) = \frac{Pendiente}{0.001} * \frac{Pm}{Vt}$$

Donde:

Pendiente = Valor de la pendiente de la parte lineal de la curva

Vt = Volumen total (ml)

Pm = Peso de la muestra (g)

#### **f) Referencias**

Avallone, Carmen M.; Cravzon, Alicia L.; Montenegro, Susana B.; Pellizzari, Esther E.- Estudio de la actividad de la peroxidasa, pectinesterasa y polifenoloxidasa en extracto enzimático de sandía (*Citrullus vulgaris Schard*). Laboratorio de Tecnología Industrial III.- Laboratorio de Química Analítica Instrumental. Facultad de Agroindustrias UNNE.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE MINERALES

### a) Principio

La ceniza de la muestra es sometida a una digestión ácida para luego ser diluido a un volumen determinado. Posteriormente se realiza los análisis de macro y micro - elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

### b) Equipo y material

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu AA-680
- Espectrofotómetro de Spectronic 20D
- Tubos (celda) de lectura para Spectronic 20D
- Balanza analítica
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Agitador magnético
- Balones aforados, Pipetas volumétricas, Pipetas graduadas
- Papel filtro cuantitativo Whatman 541 o similar
- Embudos, porta embudos
- Tubos de ensayo, gradillas

### c) Reactivos

**Acido clorhídrico:** HCl 37 %.

**Acido nítrico:** HNO<sub>3</sub> 65 %.

**Solución de referencia de 1.000 ppm de:** calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, zinc, hierro, cobre.

**Solución estándar de calcio 10 ppm, de magnesio 1 ppm.**

**Solución de lantano 1 %:** Pesar 17,65 g de cloruro de lantano, disolver con 400 ml de agua y aforar a 1000 ml.

**Solución estándar de fósforo 1.000 ppm.**

**Solución estándar de fósforo 10 ppm de fósforo.**

**Solución de molibdo-vanadato:** Pesar 25 gramos de molibdato de amonio en 400 ml

de agua bidestilada, 1,25 g de vanadato de amonio en 30 ml de agua destilada caliente y enfriar. Añadir 250 ml de ácido nítrico al 65 % con agitación lenta. Mezclar la solución de molibdato con el vanadato y aforar a un litro. Envasar en frasco ámbar.

**Solución de litio al 1 %:** Pesar 62,34 g de cloruro de litio y disolver con 400 ml de agua bidestilada y aforar a 1000 ml.

**Solución estándar de sodio 2 ppm, de potasio 4 ppm, de hierro 10 ppm.**

#### d) Procedimiento

- Colocar los crisoles que contienen las cenizas en la capilla o sorbona, adicionar 10 ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
- Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar usando papel filtro cuantitativo y recibir el filtrado en un balón de 100 ml. Aforar con agua bidestilada.

#### d1) Determinación de calcio y magnesio

- Tomar 0,5 ml del filtrado, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0,5 ml de la solución de lantano al 1 % y agitar.
- De esta solución tomar 0,5 ml, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0,5 ml de la solución de lantano y agitar.
- Preparar la curva estándar de Ca y Mg de 5 y 0,5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y magnesio 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y añadir 1 ml de la solución de lantano al 1 %.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, tomando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

#### d1.1) Cálculos

$$Ca(\%) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

Donde:

- LR = Lectura de Regresión  
 Fd = Factor de dilución  
 Pm = Peso de la muestra (g)

#### d2) Determinación de fósforo

- Tomar 0,5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0,5 ml de la solución molibdo -vanadato y agitar.
- Cuando se requiera hacer más diluciones se tomará 4,5 ml de agua con 0,5 ml de muestra y en la dilución a leerse se pondrá 0,5 ml de muestra 0,5 de la solución de molibdo - vanadato y 4 ml de agua bidestilada
- Preparar la curva estándar de fósforo de 0 a 5 ppm: Colocar la solución estándar de fósforo 10 ppm en tubos de ensayo 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y luego 1 ml de la solución de molibdo – vanadato.
- Pasar a los tubos calibrados del espectrofotómetro y leer, tomar en cuenta primero los estándares luego las muestras.
- Medir a una longitud de ondas de 400 nm.

#### **d2.1) Cálculos**

$$P(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

- C = Concentración (ppm)  
 Fd = Factor de dilución  
 Pm = Peso de la muestra (g)

#### **d3) Determinación de sodio y potasio**

- Tomar 0,5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0,5 ml de la solución de litio al 1 % y agitar.
- Tomar 0,5 ml añadir 4 ml de agua bidestilada y 0,5 ml de la solución de litio al 1 % y agitar.
- Preparar la curva estándar de sodio y potasio de 1 y 2 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de Na y K 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de litio al 1 %.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, tomando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

-

#### **d3.1) Cálculos**

$$Na(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

Donde:

- C = Concentración (ppm)  
 Fd = Factor de dilución  
 Pm = Peso de la muestra (g)

#### d4) Determinación de hierro

- Preparar la curva estándar de hierro de 0 a 5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de hierro 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1 %.
- Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica
- En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

##### d4.1) Cálculos

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

Donde:

- C = Concentración (ppm)  
 Fd = Factor de dilución  
 Pm = Peso de la muestra (g)

#### d5) Determinación de cobre, manganeso y cinc

- Tomar 10 ml de la solución madre, agitar y leer
- Preparar la curva estándar de cobre, manganeso y zinc de 5 y 0.5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y manganeso 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

##### d5.1) Cálculos

$$Cu(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

Donde:

LR	=	Lectura de Regresión
Fd	=	Factor de dilución
Pm	=	Peso de la muestra

#### e) Referencias

Fick, K; McDowell L; Miles P; Wilkinson N; Funk J; Conrad J. 1979. Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales. Departamento de Ciencia Animal, 2da Edición. EE.UU. Universidad de Florida.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

#### a) Principio

La generación de radicales está directamente relacionada con la oxidación de lípidos y sustratos biológicos, siendo uno de los métodos más utilizados para la determinación del secuestro de especies radicales el del ORAC (Oxygen-Radical Absorbance Capacity), que proporciona una información química que está directamente relacionada con el deterioro oxidativo de alimentos y muestras biológicas.

La capacidad antioxidante es medida en términos de la capacidad de absorción de los radicales oxígeno hidrofílico (H-ORAC), utilizándose el método descrito por Ou *et al.*, 2001 y adaptado su determinación por Vaillant *et al.*, 2005, expresándose los resultados como  $\mu\text{mol Trolox Equivalente}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### b) Método y cálculos

La capacidad, actividad o poder antioxidante se mide en términos de la capacidad

de absorber los radicales oxígeno (ORAC), usando la fluorescencia como el indicador del radical peróxido. El análisis del ORAC es medido en un espectrofluorómetro Shimadzu RF-1501 con una lámpara de xenón.

La longitud de onda para la excitación es fijada a 493 nm y la emisión a 515 nm. Una alícuota del jugo de la fruta, aproximadamente 5 g es macerado en un agotador a la temperatura ambiente por 1 hora con 20 ml de una mezcla acetona/agua (50:50, v/v). El sobrenadante es centrifugado a 3000 g por 15 min y el sobrenadante se utiliza para el análisis del ORAC, se realizan varias diluciones con 75 mM of buffer fosfato (pH = 7,4).

Una muestra de 750  $\mu$ l del extracto de la fruta es incubado por 15 min a 37<sup>o</sup> C con 1,5 ml de una solución de fluoresceína de  $8,16 \times 10^{-5}$  M (Sigma, USA) directamente en la celda del fluorómetro. Al tiempo (t), 0,750  $\mu$ l de la solución 153 mM AAPH [2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride] (Wako International, USA) fueron añadidos al final de la reacción hasta llegar a un volumen final de la reacción de 3 ml. La primer medición de la fluorescencia (f<sub>0</sub>) se realizó a los 30 s y luego de cada minuto (f<sub>1</sub> a f<sub>T</sub>), guardar el envase del fluorómetro en un baño termostatzado, entre las mediciones.

El área neta bajo la curva de la fluorescencia (AUC) es expresada en minutos y calculada con la ecuación 1:

$$\text{AUC} = 0.5 + f_1/f_0 + f_2/f_0 + f_3/f_0 + f_4/f_0 + \dots + f_T/f_0.$$

El AUC de control encontrado con el buffer fosfato 75 mM se disminuye de todos los AUC obtenidos con el Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) y las muestras. Antes es necesario verificar en los extractos de las muestras, la linealidad de los estándares de la curva del Trolox entre 10 y 50  $\mu$ M ( $r^2 > 0.98$ ) y la pendiente (S) se calcula con la ecuación 2:

$$[S = (\text{AUC}_{\text{Trolox}} - \text{AUC}_{\text{control}}) / \text{molaridad Trolox}]$$

Los valores del ORAC en los extractos de la pulpa de las frutas se expresan como  $\mu$ mol de Trolox equivalente por gramo, usando la ecuación 3:



ORAC = [(AUCmuestra – AUCcontrol) / S] × factor de dilución

c) **Referencias**

Ou B., Hampsch-Woodill M., Prior R., Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe, J. Agric. Food Chem. 49 (2001) 4619-4626.

Vaillant F., Pérez A., Dávila I., Dornier M., Reynes M., Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.), Fruits 60 (2005) 3-12.

## Anexo B

### Análisis de varianza para las variables físicas y químicas de tres clones de arazá y de seis clones de borojó

**Tabla B.1.** ANOVA al 5 % de la caracterización física del arazá

VARIABLE		UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
PESO	g	1	202,80	A	0,2752	
		2	115,63	A		
		3	182,26	A		
RELACION L/D		1	1	A	0,9731	
		2	0,91	A		
		3	0,98	A		
FIRMEZA	kgf	1	2,41	A	0,2484	
		2	1,76	A		
		3	1,60	A		
RENDIMIENTO	PULPA	%	1	61,36	A	0,8348
			2	59,21	A	
			3	60,20	A	
	SEMILLA	%	1	21,32	A	0,1231
			2	24,49	A	
			3	22,39	A	
	CÁSCARA	%	1	17,32	A	0,9097
			2	16,29	A	
			3	17,41	A	

**Tabla B.2.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del arazá

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH		1	2,73	A	0,0001
		2	2,72	A	
		3	2,79	B	
ACIDEZ	% ac. málico	1	3,10	C	0
		2	2,17	A	
		3	2,41	B	
VITAMINA C	mg/100g	1	29,88	A	0
		2	35,39	B	
		3	36,84	B	
VITAMINA A	UI/100g	1	3018,73	B	0
		2	4618,21	C	
		3	2687,18	A	
SOL. SOLUBLES	° Brix	1	4,30	A	0,9803
		2	4,37	A	
		3	4,40	A	
HUMEDAD	%	1	95,58	C	0,0002
		2	94,82	A	
		3	95,12	B	
CENIZAS	%	1	2,94	B	0
		2	2,58	A	
		3	2,52	A	
EXT. ETÉREO	%	1	0,86	C	0,0008
		2	0,59	A	
		3	0,71	B	
PROTEINA	%	1	12,68	B	0
		2	10,31	A	
		3	12,67	B	
FIBRA	%	1	8,24	C	0
		2	7,31	B	
		3	6,69	A	
E.L.N.	%	1	62,66	B	0
		2	64,54	C	
		3	60,36	A	

**Tabla B.2.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del arazá  
Continuación...

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR	
COLOR EXTERNO	IO	1	122,21	A	0,0257	
		2	153,24	AB		
		3	181,26	B		
	C	1	40,33	A	0,0324	
		2	49,93	AB		
		3	56,42	B		
	°H	1	-73,66	A	0,0221	
		2	-76,13	A		
		3	-85,42	B		
COLOR INTERNO	IO	1	54,95	A	0,3985	
		2	58,26	A		
		3	64,58	A		
	C	1	24,62	A	0,1381	
		2	29,52	A		
		3	26,63	A		
	°H	1	-73,48	A	0,0001	
		2	-77,48	B		
		3	-84,68	C		
MACROELEMENTOS	Ca	%	1	0,12	B	0
		2	0,13	C		
		3	0,10	A		
	Mg	%	1	0,091	B	0,001
			2	0,071	A	
			3	0,076	A	
	Na	%	1	0,011	A	0,159
			2	0,011	A	
			3	0,017	A	
	K	%	1	1,17	C	0
			2	0,99	B	
			3	0,91	A	
	P	%	1	0,20	B	0
			2	0,18	A	
			3	0,23	C	

**Tabla B.2.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del arazá  
Continuación...

	VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
MICROELEMENTOS	Cu	ppm	1	1,75	A	0
			2	1,71	A	
			3	5,10	B	
	Fe	ppm	1	24,10	C	0,0001
			2	20,70	A	
			3	22,10	B	
	Mn	ppm	1	5,24	A	0,0001
			2	5,97	B	
			3	6,00	B	
	Zn	ppm	1	57,00	C	0
			2	31,00	B	
			3	30,00	A	
MINERALES	Se	mg/kg	1	0,33	A	0,125
			2	0,34	AB	
			3	0,35	B	
	Pb	mg/kg	1	0,71	B	0
			2	0,51	A	
	3	0,71	B			
Cd	µg/kg	1	0,02	A	0,0012	
		2	0,07	B		
		3	0,07	B		
AZUCARES	TOTALES	%	1	24,56	A	0
			2	26,46	A	
			3	33,76	B	
	REDUCTORES	%	1	4,08	A	0
2			6,40	B		
3			7,75	C		
HPLC	SACAROSA	%	1	1,49	A	0
			2	2,74	B	
			3	5,57	C	
	FRUCTOSA	%	1	1,09	A	0
			2	1,88	B	
			3	2,67	C	
	GLUCOSA	%	1	0,73	A	0
			2	1,21	B	
			3	1,83	C	

**Tabla B.2.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del arazá  
Continuación...

VARIABLE		UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
Ac. ORGANICOS	OXÁLICO	mg/g	1	3,94	A	0,5866
			2	3,66	A	
			3	3,54	A	
	MÁLICO	mg/g	1	247,91	A	0,4461
			2	233,88	A	
			3	224,44	A	
	CÍTRICO	mg/g	1	8,42	A	0,0001
			2	14,17	B	
			3	21,05	C	
POLIF. TOTALES		mg ac. gálico/100 g	1	1872,78	B	0
2	1797,16		A			
3	2167,41		C			
CAROT. TOTALES		mg/100 g	1	0,344	A	0
2	0,382		B			
3	0,475		C			
β-CAROTENOS		mg/100 g	1	0,170	A	0,0004
2	0,218		B			
3	0,250		C			
ANTOCIANINAS		mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g	1	0,360	A	0,0046
2	0,846		B			
3	0,746		B			
ACT. POLIFENOLOXIDASA		U/ml	1	0,32	B	0,0053
2	0,38		C			
3	0,26		A			
ACT. PEROXIDASA		U/ml	1	0,23	A	0,0002
2	0,30		B			
3	0,23		A			
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE		μmoles TE/g	1	101,80	B	0
2	95,10		A			
3	129,80		C			

**Tabla B.3.** ANOVA al 5 % de la caracterización física del borojó

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR	
PESO	g	18-5	708,49	A	0,9459	
		24-8	683,50	A		
		21-7	747,20	A		
		20-6	790,28	A		
		17-4	753,36	A		
		15-3	758,31	A		
RELACIÓN L/D		18-5	0,93	A	0,9678	
		24-8	0,90	A		
		21-7	0,93	A		
		20-6	0,93	A		
		17-4	0,96	A		
		15-3	0,91	A		
FIRMEZA	kgf	18-5	1,45	A	0,1193	
		24-8	1,13	A		
		21-7	1,62	A		
		20-6	1,68	A		
		17-4	2,23	A		
		15-3	1,44	A		
RENDIMIENTO	PULPA	%	18-5	54,72	A	0,2888
			24-8	56,98	A	
			21-7	65,98	A	
			20-6	53,94	A	
			17-4	64,47	A	
			15-3	60,71	A	
	SEMILLA	%	18-5	25,59	A	0,577
			24-8	26,02	A	
			21-7	21,47	A	
			20-6	27,75	A	
			17-4	19,30	A	
			15-3	24,10	A	
	CÁSCARA	%	18-5	19,70	A	0,4303
			24-8	17,00	A	
			21-7	12,56	A	
			20-6	18,31	A	
			17-4	16,23	A	
			15-3	15,19	A	

**Tabla B.4.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del borojó

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH		18-5	2,81	A	0,2934
		24-8	2,89	A	
		21-7	2,87	A	
		20-6	2,78	A	
		17-4	2,88	A	
		15-3	2,92	A	
ACIDEZ	%ac. málico	18-5	3,57	A	0,0043
		24-8	3,87	B	
		21-7	3,98	BC	
		20-6	4,16	C	
		17-4	3,77	AB	
		15-3	3,85	B	
VITAMINA C	mg/100 g	18-5	21,32	E	0
		24-8	21,26	E	
		21-7	18,30	C	
		20-6	14,99	B	
		17-4	19,30	D	
		15-3	12,40	A	
VITAMINA A	UI/100 g	18-5	3015,20	C	0
		24-8	555	A	
		15-3	764,94	B	
SOL. SOLUBLES	° Brix	18-5	25,27	A	0,4944
		24-8	25,41	A	
		21-7	26,85	A	
		20-6	28,47	A	
		17-4	26,12	A	
		15-3	24,36	A	



**Tabla B.4.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del borjón  
Continuación...

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
HUMEDAD	%	18-5	69,70	D	0
		24-8	71,02	F	
		21-7	69,10	C	
		20-6	70,52	E	
		17-4	68,43	B	
		15-3	65,45	A	
CENIZAS	%	18-5	2,24	B	0
		24-8	2,25	B	
		21-7	2,66	D	
		20-6	2,33	C	
		17-4	2,09	A	
		15-3	2,28	BC	
EXT. ETÉREO	%	18-5	0,36	B	0,0133
		24-8	0,26	A	
		15-3	0,26	A	
PROTEINA	%	18-5	3,03	A	0,0001
		24-8	3,14	C	
		15-3	3,06	B	
FIBRA	%	18-5	11,62	C	0
		24-8	10,78	A	
		15-3	11,32	B	
E.L.N.	%	18-5	82,75	A	0,624
		24-8	83,57	A	
		15-3	83,08	A	

**Tabla B.4.** ANOVA al 5 % de la caracterización físico-química del borrojó  
Continuación...

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
COLOR EXTERNO	IO	18-5	76,42	BC	0,0009
		24-8	73,17	ABC	
		21-7	87,65	D	
		20-6	80,44	C	
		17-4	69,05	AB	
		15-3	68,01	A	
	C	18-5	21,21	C	0
		24-8	16,14	A	
		21-7	23,46	D	
		20-6	22,86	CD	
		17-4	18,75	B	
		15-3	19,00	B	
	°H	18-5	82,21	C	0
		24-8	81,01	B	
		21-7	83,80	D	
		20-6	83,88	D	
		17-4	79,41	A	
		15-3	80,26	B	
COLOR INTERNO	IO	18-5	65,74	C	0
		24-8	95,26	E	
		21-7	56,76	B	
		20-6	82,38	D	
		17-4	46,24	A	
		15-3	56,79	B	
	C	18-5	15,39	B	0
		24-8	21,42	D	
		21-7	13,03	A	
		20-6	17,54	C	
		17-4	15,91	BC	
		15-3	11,68	A	
	°H	18-5	71,73	D	0
		24-8	81,23	F	
		21-7	62,51	B	
		20-6	73,98	E	
		17-4	60,21	C	
		15-3	58,06	A	

**Tabla B.4.** ANOVA de la caracterización físico-química del borojó  
Continuación...

VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR	
MACROELEMENTOS	Ca	%	18-5	0,085	A	0,3561
			24-8	0,070	A	
			15-3	0,080	A	
	Mg	%	18-5	0,075	A	0,0272
			24-8	0,100	B	
			15-3	0,07	A	
	Na	%	18-5	0,020	A	0,581
			24-8	0,015	A	
			15-3	0,020	A	
	K	%	18-5	1,015	A	0
			24-8	1,370	B	
			15-3	1,025	A	
	P	%	18-5	0,02	A	0,001
			24-8	0,12	C	
			15-3	0,07	B	
MICROELEMENTOS	Cu	ppm	18-5	0,9	A	0,980
			24-8	0,9	A	
			15-3	0,9	A	
	Fe	ppm	18-5	21,5	A	0
			24-8	69,5	C	
			15-3	26,0	B	
	Mn	ppm	18-5	0,90	B	0,0280
			24-8	0,90	B	
			15-3	0,30	A	
	Zn	ppm	18-5	11	B	0
			24-8	23	C	
			15-3	9	A	
MINERALES	Se	µg/kg	18-5	0,33	B	0
			24-8	0,19	A	
			15-3	0,20	A	
	Pb	mg/kg	18-5	0,22	B	0
			24-8	0,12	A	
			15-3	0,13	A	
	Cd	mg/kg	18-5	0,02	A	0,0002
			24-8	0,03	B	
			15-3	0,03	B	

**Tabla B.4.** ANOVA de la caracterización físico-química del borojó  
Continuación...

	VARIABLE	UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
AZUCARES	TOTALES	%	18-5	59,21	C	0
			24-8	55,71	B	
			21-7	55,96	B	
			20-6	48,82	A	
			17-4	49,21	A	
			15-3	50,14	A	
	REDUCTORES	%	18-5	26,86	C	0,0001
			24-8	26,87	C	
			21-7	24,55	A	
			20-6	24,15	A	
			17-4	25,73	B	
			15-3	24,60	A	
HPLC	SACAROSA	%	18-5	2,67	CD	0
			24-8	2,09	A	
			21-7	2,53	C	
			20-6	2,70	D	
			17-4	2,63	CD	
			15-3	2,29	B	
	FRUCTOSA	%	18-5	13,72	C	0
			24-8	14,01	D	
			21-7	13,32	B	
			20-6	12,91	A	
			17-4	13,41	BE	
			15-3	13,57	CE	
GLUCOSA	%	18-5	4,68	B	0	
		24-8	5,34	D		
		21-7	6,20	E		
		20-6	3,42	A		
		17-4	4,89	C		
		15-3	4,58	B		
AC. ORGÁNICOS	OXÁLICO	mg/g	18-5	2,53	C	0
		24-8	3,49	F		
		21-7	2,38	A		
		20-6	2,45	B		
		17-4	3,04	E		
		15-3	2,74	D		

**Tabla B.4.** ANOVA de la caracterización físico-química del borojó  
Continuación...

VARIABLE		UNIDADES	CLON	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
AC. ORGÁNICOS	MÁLICO	mg/g	18-5	2,64	C	0
			24-8	2,67	D	
			21-7	2,49	A	
			20-6	2,76	E	
			17-4	2,59	B	
			15-3	2,79	F	
POLIF. TOTALES		mg ac. gálico/100 g	18-5	112,24	D	0
		24-8	72,48	B		
		21-7	39,36	A		
		20-6	79,54	C		
		17-4	79,55	C		
		15-3	79,23	C		
CAROT. TOTALES		mg/100 g	18-5	0,128	C	0,0001
		24-8	0,122	BC		
		21-7	0,093	AD		
		20-6	0,110	BD		
		17-4	0,128	C		
		15-3	0,078	A		
ANTOCIANINAS		mg cloruro de cianidina-3-glucosido/100 g	18-5	0,39	A	0,4434
		24-8	0,39	A		
		21-7	0,42	A		
		20-6	0,47	A		
		17-4	0,42	A		
		15-3	0,39	A		
ACT. PEROXIDASA		U/ml	18-5	0,19	D	0
		24-8	0,15	C		
		21-7	0,13	A		
		20-6	0,15	C		
		17-4	0,14	B		
		15-3	0,13	A		
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE		μmoles TE/g	18-5	47,5	B	0,0001
		24-8	36,8	A		
		21-7	42,4	AB		
		20-6	39,5	A		
		17-4	55,3	C		
		15-3	53,9	C		

### Anexo C

#### Análisis de Tukey al 5% para las variables de calidad entre los tres tratamientos de pasteurización y dos de congelación de la pulpa de arazá y de la pulpa de borojó

**Tabla C.1.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre los tres tratamientos de pasteurización de la pulpa de arazá

VARIABLE	UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH		65° C x 30 min	3,03	A	0,2808
		75° C x 15 min	3,15	A	
		85° C x 5 min	3,13	A	
ACIDEZ	% ac. málico	65° C x 30 min	2,2	B	0,0015
		75° C x 15 min	2,27	B	
		85° C x 5 min	2,07	A	
SOL. SOLUB	° Brix	65° C x 30 min	4,8	B	0
		75° C x 15 min	5,0	C	
		85° C x 5 min	4,4	A	
VITAMINA C	mg/100 g	65° C x 30 min	30,22	A	0,1448
		75° C x 15 min	31,55	A	
		85° C x 5 min	28,22	A	
COLOR	IO	65° C x 30 min	52,76	A	0,0986
		75° C x 15 min	57,80	A	
		85° C x 5 min	49,96	A	
	C	65° C x 30 min	24,52	A	0,6173
		75° C x 15 min	24,49	A	
		85° C x 5 min	23,46	A	
	°H	65° C x 30 min	-81,91	A	0
		75° C x 15 min	-84,28	B	
		85° C x 5 min	-81,48	A	

**Tabla C.2.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre los dos tratamientos de congelación de la pulpa de arazá

VARIABLE		UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH			cong. x 6 meses	2,69	A	0,0001
			cong. X 1 año	2,81	B	
ACIDEZ	% ac. málico		cong. x 6 meses	2,42	A	0,0003
			cong. X 1 año	2,84	B	
SOL. SOLUB	° Brix		cong. x 6 meses	4,67	A	0,1161
			cong. X 1 año	4,80	A	
VITAMINA C	mg/100 g		cong. x 6 meses	34,33	B	0,0001
			cong. X 1 año	31,33	A	
COLOR	IO		cong. x 6 meses	56,72	A	0,7454
			cong. X 1 año	55,72	A	
	C		cong. x 6 meses	24,23	A	0,3221
			cong. X 1 año	24,60	A	
	°H		cong. x 6 meses	-84,19	A	0,6638
			cong. X 1 año	-84	A	

**Tabla C.3.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre el mejor tratamiento de pasteurización y congelación de la pulpa de arazá

VARIABLE		UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH			75° C x 15 min	3,15	B	0,0066
			cong. x 6 meses	2,69	A	
ACIDEZ	% ac. málico		75° C x 15 min	2,27	A	0,0002
			cong. x 6 meses	2,84	B	
SOL. SOLUB	° Brix		75° C x 15 min	5	B	0,0075
			cong. x 6 meses	4,67	A	
VITAMINA C	mg/100 g		75° C x 15 min	31,56	A	0,0282
			cong. x 6 meses	34,33	B	
COLOR	IO		75° C x 15 min	57,8	A	0,2244
			cong. x 6 meses	56,72	A	
	C		75° C x 15 min	24,49	B	0,0117
			cong. x 6 meses	24,23	A	
	°H		75° C x 15 min	-84,28	A	0,7874
			cong. x 6 meses	-84,19	A	

**Tabla C.4.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre los tres tratamientos de pasteurización de la pulpa de borjón

VARIABLE	UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH		65° C x 30 min	2,97	B	0
		75° C x 15 min	2,93	A	
		85° C x 5 min	3,21	C	
ACIDEZ	% ac. málico	65° C x 30 min	4,17	B	0,0005
		75° C x 15 min	3,68	A	
		85° C x 5 min	4,01	B	
SOL. SOLUB	° Brix	65° C x 30 min	29,33	B	0,0071
		75° C x 15 min	29,33	B	
		85° C x 5 min	27,33	A	
VITAMINA C	mg/100 g	65° C x 30 min	24,33	A	0,2254
		75° C x 15 min	22	A	
		85° C x 5 min	22	A	
COLOR	IO	65° C x 30 min	62,79	B	0
		75° C x 15 min	46,08	A	
		85° C x 5 min	40,6	A	
	C	65° C x 30 min	12,75	C	0
		75° C x 15 min	8,36	B	
		85° C x 5 min	7,03	A	
	°H	65° C x 30 min	67,9	B	0,0425
		75° C x 15 min	64,55	AB	
		85° C x 5 min	63,87	A	



**Tabla C.5.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre los dos tratamientos de congelación de la pulpa de borjón

VARIABLE		UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH			cong. x 6 meses	2,92	A	0
			cong. x 1 año	2,99	B	
ACIDEZ	%ac. málico		cong. x 6 meses	3,65	A	0,0002
			cong. x 1 año	3,95	B	
SOL. SOLUB	°Brix		cong. x 6 meses	25,66	A	0,0887
			cong. x 1 año	27,11	A	
VITAMINA C	mg/100 g		cong. x 6 meses	22,66	A	0,0511
			cong. x 1 año	22	A	
COLOR	IO		cong. x 6 meses	69,19	A	0,1193
			cong. x 1 año	76,25	A	
	C		cong. x 6 meses	19,17	A	0,5335
			cong. x 1 año	18,83	A	
	°H		cong. x 6 meses	74,53	A	0,1223
			cong. x 1 año	72,32	A	

**Tabla C.6.** Análisis de Tukey al 5 % para las variables de calidad entre el mejor tratamiento de pasteurización y congelación de la pulpa de borjón

VARIABLE		UNIDADES	TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS	P-VALOR
pH			85° C x 5 min	3,21	B	0
			cong. x 6 meses	2,92	A	
ACIDEZ	% ac. málico		85° C x 5 min	4,02	B	0
			cong. x 6 meses	3,65	A	
SOL. SOLUB	° Brix		85° C x 5 min	27,34	A	0,1207
			cong. x 6 meses	25,67	A	
VITAMINA C	mg/100 g		85° C x 5 min	22	A	0,4693
			cong. x 6 meses	22,67	A	
COLOR	IO		85° C x 5 min	40,6	A	0,0004
			cong. x 6 meses	69,19	B	
	C		85° C x 5 min	7,03	A	0
			cong. x 6 meses	19,17	B	
	°H		85° C x 5 min	63,87	A	0,0009
			cong. x 6 meses	74,53	B	

## Anexo D

### Cálculos de soporte del análisis económico de una planta de producción de pulpas pasteurizadas y congeladas de arazá y de borojó

**Tabla D.1.** Inversiones del proyecto

	<u>Valor</u> (Dólares)	%
Inversión fija	S/ 103351,08	68,75
Capital de operaciones	S/ 46967,99	31,25
<u>INVERSIÓN TOTAL</u>	S/ 150319,08	100,00
<u>CAPITAL PROPIO</u>	S/ 100000,00	66,53
<u>FINANCIAMIENTO</u>	S/ 50319,08	33,47

**Tabla D.2.** Inversión fija del proyecto

	<u>Valor</u> (Dólares)	%
Terrenos y construcciones	S/ 57545,00	55,68
Maquinaria y equipo	S/ 35707,04	34,55
Otros activos	S/ 5177,56	5,01
<u>SUMAN</u>	S/ 98429,60	95,24
-		
<u>%</u>		
Imprevistos de la inversión fija	S/ 4921,48	4,76
<u>TOTAL</u>	S/ 103351,08	100,00

**Tabla D.3.** Estado de ganancias y pérdidas del proyecto

Concepto		Valor (Dólares)	%
Ventas netas		S/ 109668	100,00
Costo de producción		S/ 63136	57,57
Utilidad bruta en ventas		S/ 46532	42,43
Utilidad neta en ventas		S/ 46532	42,43
Gastos de administración y generales		S/ 14022	12,79
Utilidad neta en operaciones		S/ 32510	29,64
Gastos de financiamiento		S/ 6038	5,51
Reparto de utilidades a trabajadores	<u>%</u> 15,0	S/ 3971	3,62
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades		S/ 22501	20,52

**Tabla D.4.** Rentabilidad antes del impuesto a la renta

Concepto	%
Sobre el capital propio	22,50
Sobre la inversión total	14,97
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	<b>46,28</b>

**Tabla D.5.** Costos en terreno y construcciones

<u>TERRENO</u>	<u>Cantidad</u> (m <sup>2</sup> )	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Terreno	609,00	5,00	3045,00
<b><u>CONSTRUCCIONES</u></b>			
Planta	150,00	200,00	30000,00
Oficinas	45,00	150,00	6750,00
Parqueadero y Aceras	70,00	80,00	5600,00
Bodegas	30,00	200,00	6000,00
Vestidores y Baños	25,00	150,00	3750,00
Cerramiento (m)	(80,00)	30,00	2400,00
TOTAL CONSTRUCCIONES			S/ 54500,00
<b><u>TOTAL</u></b>			<b>S/ 57545,00</b>

**Tabla D.6.** Costos de otros activos

<b>Costos de otros activos</b>	<b>Dólares</b>	
Muebles de oficina	S/	360
Equipos de computación	S/	1370
Stock de repuestos	S/	500
Otros equipos	S/	150
Imprevistos 3% (Terreno y construcciones + maq. y equipo)	S/	2798
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>S/</b>	<b>5178</b>

**Tabla D.7.** Capital de operación

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Tiempo</u> (año)	<u>Dólares</u>	
Materiales Directos	1	S/	8160,00
Mano de Obra Directa	1	S/	15306,96
Carga Fabril	1	S/	10114,99
Gastos de administración	1	S/	14022,05
<b><u>TOTAL</u></b>		<b>S/</b>	<b>47604</b>

**Tabla D.8.** Ventas netas en el primer año

<u>PRODUCTOS</u>	<u>Cantidad</u> (unidades)	<u>Valor</u>		<u>Valor Total</u> (Dólares)
		<u>Unitario</u> (Dólares)		
Arazá past 250 g	13680	S/.	1,95	S/ 26676
Arazá cong 250 g	13680	S/	1,95	S/ 26676
Borojón past 250 g	14820	S/	1,90	S/ 28158
Borojón cong 250 g	14820	S/	1,90	S/ 28158

**Tabla D.9.** Carga fabril del proyecto

<u>MATERIALES INDIRECTOS</u>				
<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Unitario</u> (dólares)	<u>Costo Total</u> (dólares)	
Cartones corrugados	5040	0,10	S/	504,00
Fundas plásticas	60000	0,08	S/	4800,00
Etiquetas	60000	0,03	S/	1800,00
<u>TOTAL</u>			S/	7104
<u>DEPRECIACIÓN</u>				
<u>CONCEPTO</u>	<u>Vida Útil</u> (Años)	<u>Costo</u> (Dólares)	<u>Valor Anual</u> (Dólares)	
Construcciones	20	S/ 54500,00	S/	2725,00
Maquinaria y equipo	10	S/ 12230,32	S/	1223,03
Vehículos	5	S/ 22000,00	S/	4400,00
Computadoras	3	S/ 1370,00	S/	456,67
Repuestos y accesorios	10	S/ 500,00	S/	50,00
Imprevistos de la inversión fija	10	S/ 2797,56	S/	279,76
Gastos de puesta en marcha	10	S/ 1223,03	S/	122,30
<u>TOTAL</u>			S/	9256,76

**Tabla D.9.** Carga fabril del proyecto  
Continuación...

<u>SUMINISTROS</u>			
<u>CONCEPTO</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Energía eléctrica (Kw-h)	15386,40	S/ 0,07	S/ 1077,05
Combustible - diesel - (gal)	1000,00	S/ 1,20	S/ 1200,00
Agua (m <sup>3</sup> )	240,00	S/ 0,32	S/ 76,80
Lubricantes (gal)	36,00	S/ 5,00	S/ 180,00
Cloro	12,00	S/ 0,50	S/ 6,00
Vitalin	10,00	S/ 1,50	S/ 15,00
Material limpieza	1,00	S/ 40,00	S/ 40,00
Desinfectantes	4,00	S/ 5,00	S/ 20,00
Otros	1,00	S/ 164,00	S/ 164,00
<b><u>TOTAL</u></b>			S/ 2778,85
<u>REPARACIONES Y MANTENIMIENTO</u>			
<u>CONCEPTO</u>	<u>%</u>	<u>Costo</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Maquinaria y equipo	3,0	S/ 1071,21	S/ 32,14
Edificios y Construcciones	3,0	S/ 1635,00	S/ 49,05
<b><u>TOTAL</u></b>			S/ 81,19
<u>SEGUROS</u>			
<u>CONCEPTO</u>	<u>%</u>	<u>Costo</u> US \$	<u>Valor Total</u> US \$
Maquinaria y equipo	2,0	S/ 714	S/ 14,28
Edificios y Construcciones	2,0	S/ 1090	S/ 21,80
<b><u>TOTAL</u></b>			S/ 36,08
<u>IMPREVISTOS DE LA CARGA FABRIL</u>			
<u>CONCEPTO</u>			<u>Valor Total</u> (Dólares)
Aprox. 3% de todos los rubros anteriores			S/ 577,71
<b><u>TOTAL GENERAL</u></b>			<b>S/ 19834,58</b>

**Tabla D.10.** Maquinaria y equipo

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>\$</b>
Balanza. (0 – 50 kg)	1	450,00	450
Balanza ( 0,1 – 2.610,0 g)	1	600,00	600
Despulpadora	1	2200,00	2200
Agitador	1	1500,00	1500
Congeladora	1	500,00	500
Refrigeradora	1	500,00	500
Selladora	1	50,00	50
Refractómetro. (0 - 90 °Brix)	1	350,00	350
pH metro	1	200,00	200
Termómetro	1	80,00	80
Mesa de Trabajo	1	32,00	32
Ollas 15 litros	2	114,16	228,32
			<b>6690,32</b>

**Tabla D.11.** Materiales y utensilios

<b>MATERIALES Y UTENSILIOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>\$</b>
Tinas Plásticas. (150 lt)	4	4,85	19,40
Tablas de Picar	3	10,35	31,05
Cuchillos	3	9,73	29,19
Paletas	3	12,99	38,97
Jarras Plásticas. (2 lt)	3	3,60	10,80
Juego de Cucharas Medidoras	2	0,66	1,32
Coladores Grandes	3	3,33	9,99
Espumadera	3	6,99	20,97
<b>Material de Laboratorio</b>			0,00
Mandil	4	10,50	42,00
Guantes (cajas/100 u)	5	5,00	25,00
Cofias (cajasa/100 u)	5	5,00	25,00
<b>TOTAL</b>		<b>73,00</b>	<b>253,69</b>



**Tabla D.12.** Gastos de administración y generales

<u>PERSONAL</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo Mensual</u> (dólares)	<u>Total Anual</u> (dólares)
Gerente General	1	S/ 480	S/ 5760,00
Secretaria	1	S/ 300	S/ 3600,00
	<u>SUMAN</u>		S/ 9360,00
	-		
	<u>%</u>		
Cargas sociales	38,7		S/ 3617,64
	<u>SUMAN</u>		S/ 12977,64
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)			S/ 36,00
Gastos de oficina (suministros)			S/ 600,00
	<u>%</u>		
Imprevistos	3,0		S/ 408,41
	<u>TOTAL</u>		S/ <b>14022,05</b>

**Tabla D.13.** Gastos financieros del proyecto

<u>CONCEPTO</u>	<u>Tasa %</u>	<u>Dólares</u>
Intereses del préstamo	12,0	S/ 6038,29
	<u>TOTAL</u>	S/ <b>6038,29</b>

**Tabla D.14.** Costo de los productos

	<u>Dólares</u>
Costo de producción	S/ 63136,12
Gastos de administración y generales	S/ 14022,05
Gastos de financiamiento	S/ 6038,29
	<u>TOTAL</u>
	S/ <b>83196,46</b>

**Tabla D.15.** Cálculo del punto de equilibrio

	<u>Costos Fijos</u> (Dólares)	<u>Costos Variables</u> <u>Totales (Dólares)</u>
<u>Materiales Directos</u>		S/ 8160,00
<u>Mano de Obra Directa</u>		S/ 15307,00
<u>Carga Fabril</u>		
Materiales indirectos		S/ 7104,00
Depreciación	S/ 9256,76	
Suministros		S/ 2778,85
Reparaciones y mantenimiento		S/ 81,19
Seguros	S/ 36,08	
Imprevistos		S/ 577,71
Gastos administración, generales	S/ 14022,05	
Gastos financieros	S/ 6038,29	
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>S/ 29353,18</b>	<b>S/ 34008,75</b>
Punto de Equilibrio (%)	46,28	