

**MITA** MASTER INTERNACIONAL  
TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS



## MASTER INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x  
paradisíaca*) COMO TECNOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN ALIMENTARIA”**

**Ing. Paúl Roberto Pino Falconí**

Università degli Studi di Parma

Universidad Nacional de Buenos Aires

Octubre, 2013

**MASTER INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisíaca*) COMO METODOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN ALIMENTARIA”**

**Ing. Paúl Roberto Pino Falconí**

**Director de Tesis: Ing. Agr. Hubert J. Alem**

**Co-director de tesis: Lic. Gustavo Trincherro**

**Facultad de Agronomía – Universidad Nacional de Buenos Aires**

**Università degli Studi di Parma**

**Octubre, 2013**

Esta tesis fue aprobada por:

---

Lic. Adela A. Fraschina

**Directora de Relaciones Institucionales, Área Agroalimentos – FAUBA**

---

Lic. Alessandro Piovesana

**Director de Gestión MITA**

---

Ing. Agr. M.Sc. Hubert J. Alem

**Director de Tesis**

Buenos Aires, octubre de 2013

## **Dedicatoria y agradecimientos**

- Al Ing. Agr. Hubert Alem y al Lic. Gustavo Trinchero, quienes dirigieron acertadamente el presente trabajo, y también al Ing. Agr. José Fernández Lozano por brindarme documentación valiosa
- Al SENESCYT, institución ecuatoriana que hizo posible la realización de este posgrado
- A mis abuelos, mi madre, mi padre (+), hermanos y toda mi familia que durante este tiempo me brindaron su fortaleza y apoyo
- A Sonia, su ayuda incondicional fue muy importante
- A las autoridades que conforman el Master, a los compañeros/as que conocí durante la cursada y a los buenos amigos que siempre estuvieron en los momentos que los necesité



## INDICE

	<b>Página</b>
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<b>II. <u>REVISION DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
1.    LAS FRUTAS	3
1.1.    FRUTOS CLIMATÉRICOS Y NO CLIMATÉRICOS	3
1.2.    FACTORES QUE INSIDEN EN LA ESTRUCTURA DEL FRUTO	4
1.2.1.    RESPIRACIÓN	4
1.2.1.1. FACTORES QUE PROVOCAN INCRREMENTO EN LA RESPIRACIÓN	7
1.2.1.1.1. LESIONES FÍSICAS DEL FRUTO	7
1.2.1.1.2. TEMPERATURA	8
1.2.1.1.3. PRODUCCIÓN DE ETILENO	9
1.2.1.1.4. LA SENESCENCIA	11
1.2.2.    PROCESAMIENTO	11
1.3.    MÉTODOS PARA REDUCIR EL DETERIORO DE FRUTAS	11
1.4.    PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DE CALIDAD DE LOS FRUTOS	14
2.    EL BANANO	14
2.1.    GENERALIDADES	14
2.2.    BOTANICA DEL BANANO	15
2.3.    MORFOLOGIA DE LA PLANTA BANANO	16
2.3.1.    PARTES DE LA PLANTA DE BANANO	17
2.4.    COSECHA DEL BANANO	18
2.5.    POSTCOSECHA DEL BANANO	19
2.5.1.    ETAPAS DEL MANEJO POSTCOSECHA	20
2.5.2.    FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA POSTCOSECHA	21
2.5.2.1. ENFRIAMIENTO	21
2.5.2.2. ALMACENAMIENTO	21

2.5.2.3.	MEDIO AMBIENTE	22
2.5.2.4.	ENVASADO	22
2.5.2.5.	PERÍODO ENTRE LA COSECHA Y EL CONSUMO	22
2.6.	GÉNERO MUSACEA	22
2.6.1.	SECCIÓN EUMUSA	24
2.7.	EL BANANO COMO PRODUCTO FRESCO	24
2.8.	VALOR ALIMENTICIO DEL BANANO	25
2.9.	COMPUESTOS VOLÁTILES DEL BANANO	27
2.10.	CONSIDERACIONES DE CALIDAD DEL BANANO	28
2.10.1.	GRADO DE DESARROLLO(S/Resolución 554/83 de la ex SAG)	28
2.10.2.	DAÑOS Y DEFECTOS	29
2.11.	PROCESAMIENTO DE BANANOS	31
2.11.1.	PRODUCTOS ELABORADOS DE BANANO	32
2.12.	EL MERCADO MUNDIAL DE LAS FRUTAS TROPICALES	34
2.13.	FRUTAS TROPICALES EN ARGENTINA	35
2.14.	PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BANANO Y PLÁTANO	36
2.14.1.	PAISES IMPORTADORES DE BANANO	39
2.14.2.	PRODUCCIÓN DE BANANO EN ARGENTINA	39
2.14.2.1.	UBICACIÓN DE LOS CULTIVOS	40
2.14.3.	IMPORTACIÓN DE BANANO EN ARGENTINA	41
2.	CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	43
3.1.	MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	44
3.1.1.	LA DESECACIÓN	44
3.1.2.	CALENTAMIENTO	44
3.1.3.	BAJAS TEMPERATURAS	45
3.1.4.	FERMENTACIÓN	45
3.1.5.	PRESERVACIÓN QUÍMICA	46
3.2.	TECNOLOGIA DE BARRERAS U OBSTÁCULOS	46
3.3.	SECADO DE FRUTAS	49
3.3.1.	TIPOS DE SECADO EN FRUTAS	49
3.4.	LIOFILIZACIÓN	49

3.4.1.	PROCESO DE LIOFILIZACIÓN	50
3.4.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO	51
3.4.2.1.	FORMULACIÓN	51
3.4.2.2.	CONGELACIÓN	51
3.4.2.2.1.	CURVA DE CONGELACIÓN	53
3.4.2.3.	SECADO PRIMARIO	54
3.4.2.4.	SECADO SECUNDARIO	54
3.4.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO	55
3.5.	EQUIPO DE LIOFILIZACIÓN	57
3.6.	AREAS DE APLICACIÓN	58
<b>III.</b>	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	60
	A. LOCALIZACIÓN	60
	B. DISEÑO EXPERIMENTAL	60
	C. ORIGEN, VARIEDAD Y PREPARACION DE LA MUESTRA	60
	D. EQUIPOS Y MATERIALES	61
	E. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	61
	F. MEDICIONES EXPERIMENTALES	62
	G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	65
<b>IV.</b>	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	68
<b>V.</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	90
<b>VI.</b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	92
	<b><u>ANEXOS</u></b>	

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Factores que provocan incremento en la respiración.	7
Figura 2. Vía de biosíntesis de etileno.	9
Figura 3. Banano	16
Figura 4. Plátano	16
Figura 5. Banano ( <i>Musa spa</i> ).	17
Figura 6. Morfología del fruto.	24
Figura 7. Grado de desarrollo del banano (delgado).	28
Figura 8. Grado de desarrollo del banano (mediano).	28
Figura 9. Grado de desarrollo del banano (lleno).	29
Figura 10. Daño mecánico en banana.	29
Figura 11. Daño fúngico en corona.	30
Figura 12. Daño por frío en banana.	30
Figura 13. Rajaduras en banana.	31
Figura 14. Ingreso de banana al Mercado Central de Buenos Aires.	40
Figura 15. Zonas Productoras de banano en Argentina.	41
Figura 16. Ingreso de banano por países.	41
Figura 17. Curva de congelación.	53
Figura 18. Etapas del proceso de liofilización.	55
Figura 19. Bananas para ensayos.	60
Figura 20. Medición del peso de las bananas.	62
Figura 21. Colorímetro.	63
Figura 22. Interpretación del color.	63
Figura 23. Refractómetro y Omni mixer 2.	64
Figura 24. Panel de evaluación sensorial.	65
Figura 25. Rodajas frescas de banana (4mm. aproximadamente).	65
Figura 26. Ultra freezer.	66
Figura 27. Liofilizador.	66
Figura 28. Diagrama de flujo del proceso de liofilización de banana.	67

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Clasificación de los frutos de especies leñosas o semileñosas según su tasa y patrón respiratorio durante la maduración.	6
Tabla 2. Clasificación de las frutas de acuerdo a su producción de etileno.	9
Tabla 3. Períodos de almacenamiento de frutas y verduras.	10
Tabla 4. Banano: características físicas de algunas variedades.	25
Tabla 5. Evolución del almidón durante el madurado.	26
Tabla 6. Comparación nutricional entre el banano y la patata.	26
Tabla 7. Energía y componentes mayoritarios de frutas (expresados en 100g de porción comestible).	27
Tabla 8. Exportaciones brutas mundiales de banana por país.	38
Tabla 9. Principales países importadores de banano a nivel mundial.	39
Tabla 10. Ingreso de banana al Mercado Central de Buenos Aires, año 2011.	42
Tabla 11. Necesidad de conservación y sus técnicas disponibles.	43
Tabla 12. Parámetros de conservación de los productos frutícolas.	48
Tabla 13. Pesos en distintos días de almacenamiento.	69
Tabla 14. Datos del diámetro de las bananas en almacenamiento.	71
Tabla 15. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (maduración 1).	73
Tabla 16. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (maduración 2).	74
Tabla 17. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (maduración 3).	75
Tabla 18. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas maduración 1	76
Tabla 19. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas maduración 2	77
Tabla 20. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas maduración 3	78
Tabla 21. Color de las bananas frescas y liofilizadas maduración 1.	80
Tabla 22. Color de las bananas frescas y liofilizadas maduración 2.	81
Tabla 23. Color de las bananas frescas y liofilizadas maduración 3.	82
Tabla 24. Composición centesimal de la banana fresca.	83
Tabla 25. Composición centesimal de la banana liofilizada.	83
Tabla 26. Esquema del experimento variable peso.	84

Tabla 27. Esquema del experimento variable humedad.	85
Tabla 28. Esquema del experimento variable sólidos solubles.	86
Tabla 29. Promedio valoración análisis sensorial de color.	87
Tabla 30. Promedio valoración análisis sensorial de aspecto.	88
Tabla 31. Promedio valoración análisis sensorial de aroma.	89
Tabla 32. Promedio valoración análisis sensorial de sabor.	90
Tabla 33. Promedio valoración análisis sensorial de aceptación.	91

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico 1. Producción mundial de frutas (1961/2005), en miles de ton.	34
Gráfico 2. Producción argentina de frutas (1961 /2005), en miles de ton.	35
Gráfico 3. Participación porcentual argentina sobre la producción mundial de frutas (1961 / 2005).	35
Gráfico 4. Principales productores de banano en volumen (en ton.).	37
Gráfico 5. Producción mundial de bananos (en miles de ton.).	37
Gráfico 6. Principales exportadores de banano en volumen (en ton.).	38
Gráfico 7. Relación de la temperatura y la presión sobre el tiempo del proceso	58
Gráfico 8. Peso en función del tiempo de almacenamiento.	69
Gráfico 9. Diámetro en función del tiempo de almacenamiento.	71
Gráfico 10. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 1.	74
Gráfico 11. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 2.	75
Gráfico 12. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 3.	76
Gráfico 13. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 1.	77
Gráfico 14. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 2.	78
Gráfico 15. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 3.	79
Gráfico 16. Análisis de Tukey (Peso).	84
Gráfico 17. Análisis de Tukey (humedad).	85
Gráfico 18. Análisis de Tukey (sólidos solubles).	86
Gráfico 19. Análisis de Tukey (color).	88
Gráfico 20. Análisis de Tukey (aspecto).	89
Gráfico 21. Análisis de Tukey (aroma).	90
Gráfico 22. Análisis de Tukey (sabor).	91

Gráfico 23. Análisis de Tukey (aceptación general).	92
Gráfico 24. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 1 de maduración.	93
Gráfico 25. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 2 de maduración.	93
Gráfico 26. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 3 de maduración.	94

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA PRUEBA T APAREADA PARA EL PESO EN BANANA FRESCA ALMACENADA DURANTE 10 DIAS

ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA PRUEBA T APAREADA PARA EL DIAMETRO EN BANANA FRESCA ALMACENADA DURANTE 10 DIAS

ANEXO 3. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO EN TRES TRATAMIENTOS

ANEXO 4. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD EN TRES TRATAMIENTOS

ANEXO 5. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS SOLIDOS SOLUBLES EN TRES TRATAMIENTOS

ANEXO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 1

ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 2

ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 3

ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 1

ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 2

ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 3

ANEXO 12. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DE LA VALORACION DEL COLOR.

ANEXO 13. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL ASPECTO

ANEXO 14. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL AROMA

ANEXO 15. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL SABOR

ANEXO 16. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DE LA ACEPTACION GENERAL

ANEXO 17. COMPOSICIÓN CENTESIMAL BANANA LIOFILIZADA

ANEXO 18. PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

ANEXO 19. PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

## **I. INTRODUCCIÓN**

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. En términos de valor bruto de producción, el banano se encuentra dentro de los diez cultivos más importantes del mundo. Como alimento básico, los bananos, incluidos los plátanos y otros tipos de bananos de cocción, contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo en desarrollo y proporcionan ingreso y empleo a las poblaciones rurales. Como productos de exportación, el banano contribuye de forma decisiva a las economías de muchos países de bajos ingresos y con déficit de alimentos, entre los que figuran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún y Filipinas. Es la fruta fresca más exportada del mundo en cuanto a volumen y valor. Ecuador es el mayor exportador de banano del mundo y su presencia en el comercio mundial va en aumento. (FAO, 2004).

El banano es un alimento altamente energético, cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables; es pobre en proteínas y lípidos y no es suficiente como base de una alimentación completa, únicamente la uva presenta un valor energético netamente superior al plátano; éste contiene tanta vitamina C como la manzana, duplicándose el contenido con la maduración de la fruta. (Champion, 1968).

Los consumidores son cada vez más exigentes por la calidad de estos productos, no solo por la calidad que tienen al ser empacados en origen, sino por la que presentan en el momento de ser comprados, y más aún, al consumirse. La solución idónea para preservar la calidad global (organoléptica, comercial, microbiológica y nutritiva) de estos productos y satisfacer las crecientes exigencias de los mercados internacionales, consiste en mejorar los tratamientos postcosecha (Artés, 1995). En este sentido se ha trabajado en diferentes técnicas de acondicionamiento, empaque, almacenamiento y transporte.

Dentro de las técnicas más utilizadas para la conservación de frutas encontramos la refrigeración, el uso de atmósferas controladas, uso de absorbentes de etileno, aplicación de películas cubrientes y aplicación exógena de fitorreguladores (Parikh, 1990).

Una alternativa a los métodos clásicos de conservación es la liofilización. Este método se basa en la deshidratación bajo ultra vacío, de un material previamente

congelado, mediante la sublimación del hielo. Se realiza manteniéndose los productos a una temperatura inferior a 0°C y bajo una presión inferior a 4,57 mmHg.

La liofilización de productos biológicos es el mejor método para la remoción del agua a fin de obtener productos de la más alta calidad comparada con otros tratamientos de deshidratación. En la industria alimenticia ha sido muy utilizada ampliamente para obtener café instantáneo y cultivos de bacterias lácticas. En otros alimentos tiene gran potencial para ser desarrollado, particularmente hoy en día donde los consumidores demandan alimentos de alta calidad.

La conservación de la pulpa de banano presenta algunas dificultades, debido a que toma color cobrizo rápidamente como consecuencia de la acción enzimática. Como alternativa al consumo en fresco existen procesos a los cuales puede someterse, y así de esta manera permitir que durante todo el año se disponga de frutas, siempre buscando mantener óptima la calidad nutricional y sensorial. La liofilización, es una alternativa de interés como método de conservación de alimentos, la cual permite prolongar el tiempo de vida útil manteniendo significativamente las propiedades físicas y fisicoquímicas relacionadas con su calidad.

Los objetivos generales y la hipótesis de esta Tesis, por consiguiente son:

- **OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar la liofilización de banana como método de procesamiento, identificando las características finales del producto.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Efectuar la liofilización en bananas en distintos estados de madurez.
2. Establecer mediante análisis físicos y organolépticos las características del producto.
3. Analizar las ventajas y desventajas del proceso y la calidad del producto liofilizado comparándolo con el producto natural.

- **PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS**

Dado que los estados de maduración de la banana tienen diferentes características físicas, químicas y organolépticas, es probable que haya diferencias en el resultado de la liofilización dependiendo del estado de maduración elegido para el estudio.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **1. LAS FRUTAS**

Botánicamente, el fruto es un ovario maduro con o sin partes adyacentes; es decir, es el órgano que contiene las semillas. La pulpa de los frutos puede formarse a partir del receptáculo floral, del tejido carpelar o de estructuras extraflorales, como las brácteas. Con independencia de su origen, la pulpa está compuesta fundamentalmente por tejido blando y carnoso. (Fennema, 1996).

Las frutas son esenciales en la dieta humana, ya que contienen compuestos de importancia nutricional, en particular vitaminas que no son sintetizados por el cuerpo humano. Las frutas se definen como órganos derivados del desarrollo de los tejidos florales con o sin fertilización. (Kader and Barret), 1996

#### **1.1. FRUTOS CLIMATÉRICOS Y NO CLIMATÉRICOS**

El término “climatérico” fue acuñado por Kidd y West en 1925 para describir el incremento en la tasa respiratoria que acompaña a la maduración de las manzanas. Luego, las categorías “climatérico” y “no climatérico” fueron desarrolladas sobre la base de la presencia o ausencia de un incremento respiratorio durante la maduración. La producción autocatalítica de etileno (es decir, la producción del mismo etileno durante la maduración) está invariablemente asociada con el aumento en la tasa respiratoria en frutos climatéricos. Para la conservación de la calidad de un fruto, es deseable el mantenimiento de su tasa respiratoria en niveles bajos, ya que disminuye su consumo de hidratos de carbono. (Sozzi, 2007).

Como forma de diagnóstico, un fruto climatérico puede diferenciarse de uno no climatérico por su respuesta en la respiración y producción de etileno frente a la aplicación de etileno o sus análogos, como propileno. En frutos climatéricos se presenta el siguiente comportamiento:

- La aplicación de etileno adelanta el tiempo de climaterio (pico) respiratorio;

- La magnitud de la tasa respiratoria es independiente de la concentración de etileno aplicado;
- La producción autocatalítica de etileno continúa luego de retirado el tratamiento con etileno;
- Hay clara respuesta a la aplicación de etileno en la mayor parte de los índices de madurez propios de cada fruto (firmeza, color, degradación del almidón, etc).

Los frutos no climatéricos, en cambio, ante la aplicación de etileno proceden de la siguiente forma:

- Presentan un pico respiratorio de escasa magnitud, resultante de la exposición al etileno;
- La tasa respiratorio se incrementa ante dosis crecientes de etileno aplicado;
- En ausencia de daños fisiológicos o patológicos, no hay producción autocatalítica de etileno, ni siquiera después de aplicado el tratamiento con etileno;
- Desde un punto de vista de la maduración organoléptica, no hay respuesta ante tratamientos con etileno, excepto en términos de deverdecimiento (degradación de clorofilas).

Los frutos climatéricos pueden madurar organolépticamente tanto en los árboles como separados de él (siempre y cuando se los coseche en un estado mínimo de madurez, denominando este punto madurez fisiológica). (Sozzi, 2007).

## **1.2. FACTORES QUE INSIDEN EN LA ESTRUCTURA DEL FRUTO**

### **1.2.1. RESPIRACIÓN**

La respiración es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por las bajas temperaturas, que logran disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. La velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10 °C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996).

Respiración es el proceso por el que los materiales orgánicos almacenados (hidratos de carbono, proteínas y grasas) son desglosada en productos finales sencillos con liberación

de energía. El oxígeno (O<sub>2</sub>) Se utiliza en este proceso, y se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La pérdida de reservas en el producto durante la respiración acelera la senescencia. En la respiración el valor de los alimentos (valor energético) ha disminuido, la calidad del sabor se reduce, la dulzura, especialmente. La tasa de deterioro (grado de perecibilidad) de frutas es generalmente proporcional a su tasa de respiración. (Barrett, et al. 2005).

En los frutos climatéricos como el mango, las temperaturas altas de más de 40 °C muestran un incremento en la actividad respiratoria, por el contrario, temperaturas bajas menores de 13°C disminuyen su respiración y prolongan su vida de anaquel (Ponce de León y Bosquez, 1997).

En experimentos con bananos Cavendish cosechadas en la etapa madura de color verde, el tratamiento con el anti-etileno compuesto de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en 0,01-1,0 µl litro<sup>-1</sup> durante 24 horas retraso color de la piel cambio y ablandamiento del fruto, y la vida útil extendida y suprimida la respiración y la evolución de etileno. Similar resultados se obtuvieron con las frutas sellados en polietileno sacos (0,03 mm de espesor) que contienen 1-MCP en varias concentraciones, pero los retrasos más largos en la maduración, aproximadamente 58 días, se lograron (Jiang et al. 1999).

(Wills et. al.1990), describen un tipo de tratamiento de almacenamiento en atmósfera controlada. Plátanos Cavendish se almacenaron en una atmósfera de nitrógeno total en 20 °C durante 3 días poco después de la cosecha. Estos frutos toman cerca de 27 días para madurar en el almacenamiento, en comparación con la fruta sin tratar, que maduraron después de unos 19 días.

(Parsons et al.1964), encontraron que los plátanos podrían ser almacenado satisfactoriamente durante varios días a 15,6 °C en una atmósfera de 99-100% de nitrógeno. Sin embargo, este tratamiento sólo se debe aplicar a las frutas de alta calidad sin daños graves en la piel y con períodos cortos de tratamiento, de lo contrario las frutas no lograron desarrollar un completo color amarillo posterior al madurado, aún aunque la pulpa se suavizó normalmente.

Los plátanos son madurados comúnmente a 16 °C, mientras que también se prefiere la maduración a 18 °C. La cantidad de gas necesaria para iniciar bananas a madurar

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

depende de su grado de madurez en la cosecha, la temperatura de la pulpa de la fruta y el tiempo de exposición de la fruta a la de gas. En general, muy bajas concentraciones de etileno son suficientes para fruta madura a 14-19 °C. Estos están en el rango de 1-10 ppm (1 litro-1) para 24 horas.

La tabla 1 muestra la clasificación de los frutos según su tasa respiratoria durante su maduración, indicando que la banana se encuentra en un nivel de respiración moderado y de ahí el cuidado que se debe tener al momento de su manejo en sus distintas etapas postcosecha.

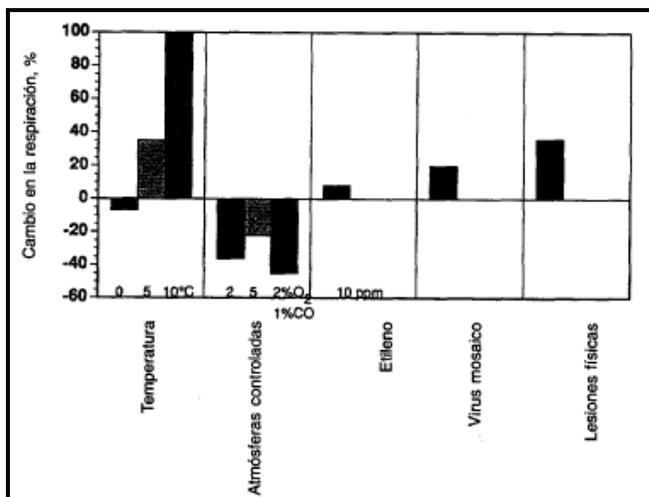
**Tabla 1. Clasificación de los frutos de especies leñosas o semileñosas según su tasa y patrón respiratorio durante la maduración.**

Nivel de tasa respiratoria	Rangos de tasa respiratoria a 5 °C (ml CO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Frutos	
		Climatéricos	No climatéricos
<b>Muy bajo</b>	< 5	-	Ananá, dátiles, frutos secos, uva
<b>Bajo</b>	5-10	Ciruela, kaki, manzana, membrillo, pera, pera asiática, papaya	Aceituna, cereza, cítricos (pomelo, limon, lima, mandarina, naranja), granada, higo de tuna
<b>Moderado</b>	11-20	Arándano, damasco, durazno, falso guayabo, nectarino	<b>banana</b> , Litchi, níspero del Japón, fruto estrella (carambola)
<b>Alto</b>	21-30	Palta	Frambuesa, zarzamora e híbrido (boysenberry, loganberry, etc.)
<b>Muy alto</b>	>30	Chirimoya	-

Fuente: (Ryall y Pentzer, 1982).

### 1.2.1.1. FACTORES QUE PROVOCAN INCREMENTO EN LA RESPIRACIÓN

**Figura 1. Factores que provocan incremento en la respiración.**



FUENTE: (Fennema, 1996).

#### 1.2.1.1.1. LESIONES FÍSICAS DEL FRUTO

Las lesiones en los distintos órganos frutales suelen originar un brusco aumento temporal de la tasa respiratoria, de la división celular, de la producción de etileno, la aceleración del metabolismo de determinados componentes celulares y, en ocasiones, la acumulación de metabolitos o productos secundarios que parecen ejercer un defecto protector. Las células dañadas inician la síntesis de RNA mensajero y proteínas. (Fennema, 1996).

La respuesta de los órganos vegetales al estrés puede estar acompañada de un fenómeno de cicatrización de la herida, que es la formación de una barrera física compuesta por sustancias protectoras. En algunos frutos, la formación de una barrera cética o suberizada o de una pared lignificada, supone la eficaz protección frente a la invasión de microorganismos saprófitos y al daño que éstos ocasionan. (Fennema, 1996).

Las lesiones físicas son posiblemente la causa más importante de pérdida en los productos frescos. Esta herida es un punto de partida ideal para muchos patógenos de postcosecha y también permite la pérdida de agua que compromete directamente la calidad

del producto. Además, una lesión física estimula la producción de etileno y una prematura maduración del producto

Una lesión física puede surgir en cualquier etapa de la cosecha, así como las provocadas por insectos o por mala manipulación post-cosecha. La vida útil de muchos productos frescos se reduce considerablemente por el daño físico. (Balls et al., 1982).

El mantenimiento de la calidad de las frutas requiere medidas que deben adoptarse para limitar los factores que causen deterioro. En algunos casos se trata de medidas preventivas, por ejemplo, proporcionando un embalaje adecuado para evitar lesiones físicas. Sin embargo, existen una amplia gama de tecnologías que se puede aplicar para maximizar el tiempo de conservación de los productos perecederos. Estos son métodos para reducir la respiración de los productos, la pérdida de agua y el crecimiento de patógenos. De éstos, la refrigeración domina como el fundamental de todos. (Jongen, 2002).

#### **1.2.1.1.2. TEMPERATURA**

Algunas de las reacciones que tienen lugar en los tejidos vegetales tras la recolección, como la respiración, resultan absolutamente imprescindibles para el mantenimiento de las integridad de los tejidos, Sin embargo, las reacciones de este tipo pueden influir directamente en la calidad, bien de un modo deseable (como en la formación de aromas), o indeseable (como en la pérdida de los azúcares libres).

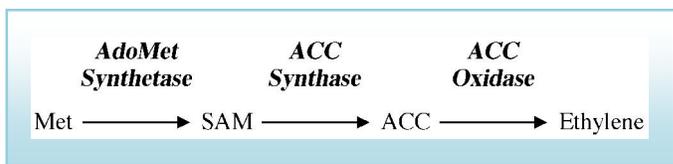
El efecto de la temperatura sobre estas reacciones es variable, por lo que resulta muy difícil determinar la influencia de este parámetro sobre la calidad total. Además, existen otras características de los tejidos que también dependen de la temperatura. Generalmente mientras se presente un coeficiente de respiración más elevado responden mejor a las bajas temperaturas, siempre que sean superiores a las que originan en daño por el frío en los productos susceptibles a esta lesión. En este tipo de casos, el pre-enfriamiento previo al transporte o almacenamiento prolonga considerablemente la vida útil. (Fennema, 1996).

Someter a pre-refrigeración al producto para eliminar el calor tan rápido como sea posible después de la cosecha, es esencial para ralentizar el ritmo de deterioro de los

productos altamente perecederos. El método elegido depende en gran medida del tipo de producto de que se trate y de la relación costo-beneficio. (Kasmire y Thompson, 1992; Mitchell, 1992).

### 1.2.1.1.3. PRODUCCIÓN DE ETILENO

**Figura 2. Vía de biosíntesis de etileno.**



(Barrett, et al. 2005).

El etileno, el más simple de los compuestos orgánicos que afectan a los procesos fisiológicos de las plantas, es un producto natural de metabolismo de la planta y es producido por todos los tejidos de las plantas superiores y por algunos microorganismos. Como una hormona vegetal, el etileno regula muchos aspectos del crecimiento, el desarrollo, y la senescencia y es fisiológicamente activo en cantidades traza (menos de 0,1 ppm). La biosíntesis de etileno comienza con el aminoácido metionina, que está energizado por el ATP a producir S-adenosil metionina (SAM). La enzima clave en la ruta, la ACC sintasa, convierte SAM al ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), que se convierte en etileno por el acción de la oxidasa ACC. (Barrett, et al. 2005).

**Tabla 2. Clasificación de las frutas de acuerdo a su producción de etileno.**

Classification of Fruits According to Their Ethylene Production	
Ethylene Production Rate	Fruits
Very low	Cherry, citrus fruits, grape, jujube, strawberry, pomegranate
Low	Blueberry, cranberry, olive, persimmon, pineapple, raspberry, tamarillo
Moderate	Banana, fig, guava, mango, plantain
High	Apple, apricot, avocado (ripe), nectarine, papaya, peach, pear, plum
Very high	Cherimoya, passion fruit

Fuente: (Barrett, et al. 2005).

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

Las tasas de producción de etileno, generalmente aumentan con la madurez en la cosecha, las lesiones físicas, incidencia de enfermedades, aumento de las temperaturas de hasta 30 °C, y estrés hídrico. Por otra parte, las tasas de producción de etileno de las frutas frescas se reducen por el almacenamiento a baja temperatura y por la reducción de O<sub>2</sub> (menos de 8%) y niveles elevados de CO<sub>2</sub> (por encima de 1%).

**Tabla 3. Períodos de almacenamiento de frutas y verduras.**

Commodity	Temperatura °C	Humedad %	Tiempo de almacenaje
<b>Manzanas</b>	-1 – 4	90 – 95	1 – 8 meses
<b>Palta sin madurar</b>	4.5 – 13	85 – 90	2 – 5 semanas
<b>Palta madura</b>	2 – 5	85 – 90	1 – 2 semanas
<b>Banana verde</b>	13 – 15	85 – 90	10 – 30 días
<b>Banana madura</b>	13 – 16	85 – 90	5 – 10 días
<b>Uvas</b>	-1 – 0	90 – 95	1 – 6 meses
<b>Limonos</b>	10 – 14	90	2 – 6 meses
<b>Naranjas</b>	2 – 7	90	1 – 4 meses
<b>Peras</b>	-1 – 0	95 – 100	1 – 6 meses
<b>Tomates verde</b>	12 – 15	90	1 – 2 semanas
<b>Tomates maduros</b>	8 – 10	90	1 semana
<b>Kiwi</b>	-0.5 – 0	90 – 95	2 – 3 meses

Fuente: tablas proporcionados por Snowdon y Ahmed (1981).

Se precisa una buena gestión en el lugar de almacenamiento, para asegurar que la maduración del fruto no se almacene junto con la fruta inmadura u otros productos agrícolas sensibles al etileno (Dover, 1989).

La luz ultravioleta (UV) está en uso comercialmente para destruir etileno, esta luz UV genera la producción de ozono y se cree que el etileno es destruido por productos intermedios activos producidos durante la formación de la capa de ozono (Reid, 1992). El etileno también puede ser destruido utilizando convertidores catalíticos por el

calentamiento del aire a más de 200 °C en presencia de un adecuado catalizador tal como platino (Knee et al., 1985).

Es esencial reducir al mínimo los daños físicos en los productos frescos, si se quiere tener un óptimo tiempo de conservación. El uso de envasado adecuado es de vital importancia en este sentido. (Thompson, 1996).

#### **1.2.1.1.4. LA SENESCENCIA**

La senescencia es el envejecimiento natural de los tejidos de las plantas y es estimulada por la presencia de etileno y cualquier otro factor que acelera las tasas de respiración. La senescencia afecta en última instancia, todos los aspectos de la calidad, que termina en la muerte del producto. (Jiménez et al., 1997).

#### **1.2.2. PROCESAMIENTO**

El principal objetivo del procesado de los alimentos es reducir la actividad microbiana y retrasar los cambios alterantes, modificando al mínimo sus atributos de calidad. Las técnicas de procesado de los alimentos son muy diferentes.

La ventaja más importante del tratamiento térmico frente a otros métodos de conservación, es que permite mantener los alimentos durante más tiempo en condiciones aptas para el consumo. Sin embargo, la intensidad de estos procesos origina alteraciones más severas, es decir, que modifican más los atributos de calidad del producto. Los efectos pueden ser deseables (inactivación por el calor de factores antinutritivos, ablandamiento de tejidos duros o resistentes, formación de aromas, etc.) o indeseables (pérdida de vitaminas por defecto del calor, decoloración, cambios de textura, aroma y sabor, etc). (Fennema, 1996).

### **1.3. MÉTODOS PARA REDUCIR EL DETERIORO DE LAS FRUTAS**

La dependencia de frutos climatéricos del etileno para regular la tasa de maduración es el foco de muchas investigaciones dirigidas al hecho de aumentar su vida útil, mientras no sean afectadas sus características de calidad. La mayor parte de los enfoques se han destinado a controlar la cantidad de etileno sintetizado por los frutos.

El etileno se sintetiza en plantas en tres pasos en la vía biosintética. A partir de la conversión aminoácido metionina (Met) a S-adenosil metionina (SAM), este a su vez a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y finalmente su oxidación a etileno. (Yang y Hoffmann, 1984).

Los dos últimos pasos en la vía biosintética, la conversión de S-adenosil metionina (SAM) y ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), para su oxidación a etileno, han sido manipulados por las técnicas de conservación. Las técnicas convencionales tales como el almacenamiento en frío y ambiente modificado, pretenden básicamente controlar la expresión de los genes que eventualmente producirían las enzimas que catalizan estas reacciones. (Yang y Hoffmann, 1984).

Los primeros informes que describen el control biotecnológico de producción de etileno en frutas y su efecto sobre su maduración fueron descritos por Hamilton et al. (1990) y Oeller et al. (1991). En uno de ellos, Oeller et al. (1991) produce plantas transgénicas de tomate que llevan copias invertidas de un gen de la maduración inducida por la ACC sintasa (LE-ACC2), un método conocido como “inactivación de genes antisentido”. Algunas de las líneas transgénicas exhiben una fuerte reducción de la actividad de los genes LE-ACC2, que conduce a la inhibición casi completa de producción de etileno endógeno de los frutos. El fenotipo no madurado era completamente reversible mediante tratamiento exógeno con frutas productoras de etileno. El etileno es percibido por la célula mediante una familia de receptores (Good et al., 1994).

Es claro que el sector de productos frescos necesita urgentemente alternativas al uso de productos químicos en la post-cosecha, para lo cual se usan tecnologías en uso y desarrollo como, almacenamiento en atmósfera modificada, por ejemplo, para administrar escaldadura en las manzanas (Dover, 1997) y tratamientos físicos tales como calor (Barkai-Golán y Phillips, 1991), el uso de agentes de control biológico (Koomen, 1997), los productos químicos "naturales", como los extractos de plantas y métodos para estimular la resistencia a las enfermedades en cultivos tales como aplicaciones de rayos UV (Joyce y Johnson, 1999).

Los inhibidores de la biosíntesis y la actividad de etileno, tales como el ácido amino-oxiacético y tiosulfato de plata, retrasan o previenen la senescencia (Savin et al., 1994).

La hormona vegetal etileno controla varios procesos de desarrollo, incluyendo crecimiento de las plántulas y la morfología, la maduración del fruto, senescencia y abscisión (Hackett et al., 2000).

A lo largo de su vida útil, la planta tiene que responder a los cambios fisiológicos y químicos del medio ambiente, las reacciones frente al estrés o frente a un cambio ambiental se producen como medidas de autoprotección, por ejemplo para evitar la pérdida de agua, adaptarse a temperaturas extremas o desarrollar barreras físicas y químicas frente a microorganismos patógenos.

Cuando las condiciones son tan adversas que el tejido es incapaz de adaptarse a ellas, la respuesta es una reacción de hipersensibilidad que se manifiesta con la muerte de un grupo específico de células, consecuencia de la actuación de un determinado gen. Es importante señalar que las distintas especies vegetales reaccionan de manera muy diferente ante los cambios físicos, químicos y biológicos. Estas respuestas indican que no existe un sistema o modo de almacenamiento universalmente válido para prolongar la vida útil de todas las frutas y hortalizas.

El etileno es una hormona vegetal que juega un papel clave en la maduración y la senescencia de frutas y verduras (Reid, 1992). Todas las células de plantas producen bajos niveles de etileno, sin embargo, todo lo que provoca estrés de los tejidos de la planta estimulará síntesis de etileno. Los factores estresantes pueden incluir la pérdida excesiva de agua, el daño físico o ataque patogénico. Los frutos climatéricos producen altos niveles de etileno durante el inicio de su madurez y aquí es donde se estimulan los cambios fisiológicos y bioquímicos. La exposición al etileno exógeno conduce a una aceleración de la maduración y la senescencia.

Desde julio de 2002, fue aprobado el inhibidor de la acción del etileno, gas 1-metilciclopropano (1-MCP) en concentraciones de hasta 1 ppm fue aprobado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. La primera aplicación comercial ha

estado en manzanas para retardar su reblandecimiento y escaldado y ampliar su vida postcosecha.

#### **1.4. PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DE CALIDAD DE LOS FRUTOS**

Hay dos aspectos principales que definen la calidad de un producto: la primera es la inherente a las características bioquímicas que proporcionan el color, el sabor, la textura y sabor al producto y el segundo es la percepción del consumidor. La aplicación de las tecnologías de postcosecha tiende a maximizar estas características de calidad. Durante la maduración, se produce la activación de varias rutas metabólicas.

El color es quizá el primer parámetro que atrae a un consumidor a un producto. Por lo tanto, las frutas que muestran un mayor tono amarillo, naranja o rojo, son las preferidas por el consumidor. Los consumidores asocian también la profundidad del color con el sabor, aunque esto se ve influenciado por las experiencias prácticas. En general, las frutas que están de color rojo brillante también son dulces. El grado de madurez determina el nivel de componentes del sabor tales como ésteres y terpenoides emitidos a partir del fruto.

El aroma es derivado de varios tipos de compuestos que incluyen monoterpenos (como en lima, naranja), ésteres volátiles (acetato, butirato de metilo en la manzana, acetato isoamílico en el banano), los ácidos cítrico y málico (cítricos, manzana), y aldehídos pequeño de cadena, tales como hexenal y hexanal (pepino). En frutas como el mango, la piña, fresa y uva. El proceso de maduración está asociado con la conversión en azúcares de ácidos orgánicos y del almidón almacenado. (Dennis, et. al., 2008).

## **2. EL BANANO**

### **2.1. GENERALIDADES**

El banano es un cultivo herbáceo-perene que se cultiva en casi todos los países tropicales y también en algunos países subtropicales. El tronco está formado por los tallos de las hojas. Las hojas nacen de un cormo. De este cormo crecen varios troncos. Cada tronco de una fruta y luego muere. Otros troncos de la unidad continúan la producción (Samsom, 1981).

El banano es una planta que se desarrolla mejor en condiciones óptimas en las regiones subtropicales que son húmedas y cálidas. El banano no se desarrolla en áreas donde la temperatura media es inferior a 15 °C y donde la lluvia anual es inferior a los 2000 mm. Las mejores condiciones para el banano se dan entre los 0 y 15 grados de latitud norte o sur (Soto, 1985).

El banano pertenece a la familia *Musáceae* del orden *Escitamineae*. El género *Musa* el más importante de esta familia y comprende especies que producen fibras como *Musa textiles* o abacá, especies ornamentales como *Musa coccinea*, y comestibles originados de las especies *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*.

Los nombres científicos más comunes propuestos para los plátanos comestibles son: *Musa paradisiaca* L., para el plátano macho y *Musa sapientum* L., para el banano. Ambas especies incluyen un gran número de clones o cultivares a los cuales se les asignan nombres locales en diferentes regiones. (Sánchez, 1982).

La banana es una de las frutas más consumidas mundialmente. Si bien en los países productores el consumo por habitante es más alto, se registran numerosos países importadores con niveles de 5 a 12 kg. por hab/año entre los cuales se encuentra la Argentina.

## **2.2. BOTÁNICA DEL BANANO**

La planta de banano es originaria del Extremo Oriente (India hasta Filipinas), cuyo ancestro de los cultivares actualmente difundidos en todas las zonas intertropicales húmedas, fue el banano silvestre de semillas. Se supone que todas las especies de banano ahora conocidas, proceden de una especie con semillas, oriunda del archipiélago malayo, de Filipinas y de otras regiones del Asia suroccidental. (de la Torre, Philippe, 1989).

**Figura 3. Banano.**



Fuente: Estudio del Mercado de la Cadena de Plátano, (2009).

**Figura 4. Plátano.**

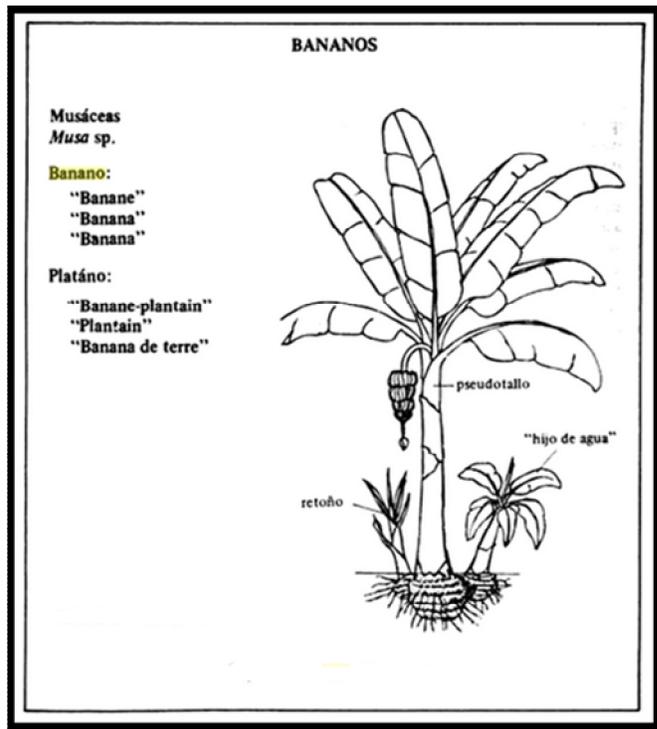


Fuente: Estudio del Mercado de la Cadena de Plátano, (2009).

### **2.3. MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE BANANO**

El platanero es un arbusto perenne de 2 a 8 m de altura. Tiene un rizoma o corno basal que produce raíces adventicias y un pseudotallo formado por los pecíolos superpuestos de las hojas.

**Figura 5. Banano (*Musa spa*).**



Fuente: (de la Torre, 1989).

### 2.3.1. PARTES DE LA PLANTA DE BANANO

- Raíces. Las raíces adventicias son débiles y tiernas en un principio. Luego se vuelven amarillas y se endurecen a medida que van envejeciendo. Tienen de 5 a 8 mm de diámetro y 2 m y más de longitud. Las raíces primarias emiten gran cantidad de raicillas secundarias de aproximadamente 2 mm de diámetro que cumplen funciones de absorción.
- Pseudotallos. Se origina a partir del tallo que es un rizoma cónico, carnoso, en el cual se insertan las bases superpuestas de las hojas para formar el pseudotallos.
- Hojas. Miden 1.50 a 4 m de longitud y 0.90 m de ancho. La hoja está formada por una vaina envolvente que se contrae gradualmente hasta transformarse en un pecíolo, redondeado por debajo y acanalado por arriba. La lámina de la hoja se compone de dos mitades unidas a una vena central, de la cual salen venas secundarias casi paralelas.

- Inflorescencia. La inflorescencia emerge ocho meses después de plantado el hijuelo. Está formado por un pedúnculo central con nudos. En los primeros 5 a 10 nudos basales se producen flores femeninas y en los terminales, las flores masculinas, al principio encerradas por brácteas.
- Frutos. Se forman en gajos o manos, cada uno con unos 15 frutos. Un racimo puede tener de 5 a 15 gajos de frutos. Su tamaño aumenta gradualmente hasta alcanzar su madurez fisiológica en unos 80 días. (Sánchez, 1982).

#### **2.4. COSECHA DEL BANANO**

El llamado “grado de corta” es el punto fisiológico y comercial óptimo para el traslado a los mercados. En este momento la fruta es todavía verde. Los bananos deben tener una edad y grueso determinado, depende del destino final. El grueso se mide con un calibrador y para la edad se usa cintas coloreadas.

Generalmente la cosecha se inicia a los 11 a 12 meses dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo.

El racimo deberá cortarse verde, en un estado cercano a la madurez fisiológica, de manera que se debe evitar que los frutos maduren durante el transporte, dadas las exigencias del mercado.

Cuando los cultivos han alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando están verdes pero ya “sazonados”, se cortan los racimos. La cosecha debe ser realizada por dos personas, a fin de no maltratar el racimo. Una persona hace un corte ligero del pseudotallo a una altura mayor que la mitad de su longitud. La planta se dobla lentamente. La otra persona toma el racimo por la parte media del pedúnculo y lo sostiene sobre el hombro. Por último, la persona que cortó el tallo también corta el racimo. (Sánchez, 1982).

El banano es la fruta tropical que se reporta con la mayor producción y con el mayor consumo en los mercados internacionales. Sin embargo, la actividad enzimática durante la maduración y senescencia produce el ablandamiento de los tejidos, que acelera la descomposición. Existen métodos que permiten mantener la calidad por periodos más

largos, no obstante algunos son costosos y otros pueden afectar seriamente la textura, color y sabor de la fruta (Giraldo et al., 2004).

La determinación del momento en que se realiza la cosecha es fundamental para cumplir con las exigencias de mercados nacionales e internacionales, ya que está condicionada por las normas que regulan la calidad de la fruta, el sistema de transporte y el mercado de destino; siendo así, cuando la fruta se exporta hacia un mercado europeo por barco, el corte de los racimos, respecto a la edad o 'estado verde', debe ser más temprano que si se trata de un embarque con destino a Centroamérica (Belalcázar, 1991). Además, la madurez para el consumo de los plátanos no es única, ya que ya que generalmente la población los utiliza en estado verde, aunque existen algunas preferencia para su consumo en estado maduro (Cayón et al., 2000).

La cosecha de cabezas de plátano normalmente se efectúa a lo largo de todo el año. Se produce descenso o también paro total de la producción sólo en lugares que sufren una fuerte caída de temperatura durante los meses de invierno. En estado verde los bananos acusan cantos bien marcados que con el tiempo y a medida que los frutos van madurando se van reduciendo hasta lograr finalmente una configuración casi redonda.

## **2.5. POSTCOSECHA DEL BANANO**

Tras su recolección, las frutas sufren numerosos cambios físico-químicos determinantes de su calidad al llegar al consumidor. Después de cosechados, los frutos climatéricos como el plátano pasan por cuatro estados de desarrollo fisiológico: preclimatérico, climatérico, maduración de consumo y senescencia; mostrándose como objetivo comercial, en el caso del plátano, la prolongación al máximo de este primer estadio (preclimatérico), ya que en esta etapa los frutos están verdes, con textura rígida y su actividad metabólica es baja.

Además, el período de maduración de los frutos varía inversa y significativamente con la edad de la cosecha, y el proceso de maduración de los frutos de corta edad se altera en sus cualidades organolépticas, mostrándose como un fruto 'pasmado' (Cayón et al., 2000).

### 2.5.1. ETAPAS DEL MANEJO POSTCOSECHA

- MANIPULACION

Las frutas frescas se deben manejar con cuidado a lo largo del sistema de manejo de post-cosecha con el fin de minimizar los daños mecánicos. La humectación se debe realizar en tanques de flotación. (Barrett, et. al., 2005).

- LAVADO

Para limpiar la fruta, se puede utilizar solo agua o con agentes de limpieza añadido y / o cloro (típicamente 100 a 150 ppm). El enjuague final debe hacerse con agua limpia. (Barrett, et. al., 2005).

- CLASIFICACION

Se lleva a cabo por lo general para eliminar defectos de frutas. También puede ser necesario para ordenar la fruta en dos o más clases de madurez o de in madurez (según su color y firmeza). Existen clasificadores mecánicos, que operan en la base de color, sólidos solubles, la humedad o el contenido de grasa. (Barrett, et. al., 2005).

- TALLAS

En algunos casos, el tamaño de los frutos pueden ser divididos en dos o más categorías de tamaño puede ser requerido antes de la transformación o empaquetado. (Barrett, et. al., 2005).

- MADURACIÓN

La maduración antes del procesamiento puede ser requerido por algunas frutas (por ejemplo, aguacate, plátano, kiwi, mango, nectarina, papaya, durazno, pera, caqui, ciruela y melón) que se recogió inmaduro. (Barrett, et. al., 2005).

El tratamiento con etileno se puede utilizar para obtener más rápido y maduración más uniforme. La temperatura óptima gama para la maduración es de 15 a 25 °C y dentro de este rango, la mayor es la temperatura, más rápido la maduración. La humedad relativa debe mantenerse entre 90 y 95% durante la maduración.

Aunque 10 ppm de etileno es suficiente para iniciar la maduración, una concentración de 20 a 100 ppm para los al menos 2 días se recomienda para su aplicación comercial.

La circulación de aire adecuada dentro de la habitación es importante para asegurar una distribución uniforme de etileno. Un método para lograr esto es forzando el aire de etileno que contiene a través de los contenedores de frutas (Maduración de aire forzado o la maduración de la presión).

También es importante para evitar la acumulación de carbono dióxido de (producido por la mercancía a través de la respiración) por encima de 1% en la sala de maduración desde dióxido de carbono contrarresta los efectos de etileno. Esto se puede lograr mediante el intercambio de aire periódica (Introducción de aire fresco en la sala de maduración) o mediante el uso de cal hidratada para absorber el dióxido de carbono. (Barrett, et al. 2005).

## **2.5.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN POSTCOSECHA**

### **2.5.2.1. ENFRIAMIENTO**

La refrigeración se utiliza para eliminar el calor y bajar la temperatura de la fruta fresca, a cerca de la temperatura óptima de almacenamiento. El enfriamiento puede realizarse utilizando agua fría (hidroenfriamiento) o aire frío (aire forzado enfriamiento o refrigeración a presión). Frutos altamente perecederos, como las fresas, bayas y albaricoques deben ser enfriados hasta cerca de 0 °C dentro de las 6 horas posterior a la cosecha. Otras frutas deben enfriarse a su temperatura óptima dentro de 12 horas posterior a la cosecha. (Barrett, et al. 2005).

### **2.5.2.2. ALMACENAMIENTO**

Almacenamiento a corto plazo o a largo plazo puede ser necesario antes de la transformación para regular el flujo del producto y extender el período de procesamiento. La humedad relativa en la instalación de almacenamiento debe mantenerse entre 90 y 95%. Hay una tendencia continua hacia una mayor precisión en la temperatura y la humedad. (Barrett, et al. 2005).

### **2.5.2.3. MEDIO AMBIENTE**

La temperatura es la herramienta más importante para la extensión de la vida útil y el mantenimiento de la calidad de la fruta fresca. La humedad relativa del aire influye en la pérdida de agua, decaimiento del desarrollo, incidencia en algunos procesos fisiológicos, y la uniformidad de la maduración del fruto. La humedad relativa para el almacenamiento de frutas es del 85 al 90%. Por último, la composición atmosférica (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, en particular) puede afectar en gran medida la tasa de respiración y la vida de almacenamiento.

### **2.5.2.4. ENVASADO**

Implican los sistemas de manejo postcosecha por los que la fruta cosechada llega a la planta de procesamiento o consumo.

### **2.5.2.5. PERÍODO ENTRE LA COSECHA Y EL CONSUMO**

Los retrasos entre la cosecha y la refrigeración o el procesamiento puede resultar en pérdidas directas (debido a la pérdida de agua y la descomposición) e indirectos (disminución en el sabor y la calidad nutricional). (Barrett, et al. 2005)

## **2.6. GENERO MUSACEA**

Familia estrictamente tropical; hierbas altas con bases foliares unidas que forman un pseudotallo. La lámina de la hoja es muy grande, con el nervio central muy desarrollado y los secundarios en posición pinnada. Inflorescencias grandes, con brácteas vistosas; flores irregulares, unisexuales; las pistiladas con ovarios de tres celdas; las estaminadas con seis estambres fértiles, uno de ellos menudo convertido en estaminodio. El fruto es una baya o cápsula. Aunque generalmente se menciona a *M. sapientium* y a *M. paradisiaca* en plátano, la sistemática de ambas especies es extremadamente compleja y numerosa; unas especies son de uso meramente alimenticio, otras de empleo industrial (*M. textilis*) o sólo ornamental (*Género Ensete Bruce*).

El género *Musa* comprende varios grupos divididos en secciones. La sección *Eumusa* incluye algunas especies con semillas donde están representadas *M. acuminata* y *M. balbisiana*. (de la Torre, Philippe, 1989).

Un importante número de variedades cultivadas es triploide ( $n = 33$ ); otras son diploides ( $n = 22$ ) y tetraploides ( $n = 44$ ). Las especies triploides están desprovistas de semillas (partenocárpicas). Los bananos tienen solamente el genoma *acuminata* (AAA): “figue sucré”, mientras que los plátanos y “guineos” tienen los genomas *acuminata* y *balbisiana* (AAB o AAA).

En América, la mayoría de especies de banano cultivadas son triploides de genoma AAA, repartidas en dos grupos principales (y un banano de pulpa de color rosado; “Higo-rosa”):

- Grupo “Cavendish”: Lacatan, Poyo, Grande, Grande-Enana, Valery (ej. *M. sinensis*).
- Grupo “Gros Michel” (ej: *M. sapientum*).
- Los plátanos y guineos tienen los genomas AAB y AAA, respectivamente.
- Genomas AAB: “plátano cuerno” (*M. corniculata*) y “figomanzana” (*M. paradisíaca*); existen variedades de pulpa color rosado como “Cayuga” y “Coco” y de pulpa amarilla como “Sureña”.
- Genoma AAA: “guineo cuadrado”. (de la Torre, Philippe, 1989).

Triploides de *Musa acuminata* pura, o sea AAA, este es el grupo principal ya que contiene los clones comerciales más difundidos, como “Gros Michel” y los “Cavendish”. (León, 2000).

Los nombres técnicos usados hasta ahora son *Musa sapientum* para los bananos y *Musa paradisíaca* para los plátanos. Los modernos estudios genéticos de las Musas cultivadas como frutales han mostrado que esos dos nombres no pueden continuar en uso y deben ser reemplazados por *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Hay cultivares diploides de la primera, como “banano ouro” o “lady finger”, que se designan entonces con la fórmula AA. Se conoce también muchos tipos silvestres de *M. acuminata*. En cambio de *M. balbisiana* no hay diploides cultivados pero si silvestres de la fórmula BB, además de híbridos diploides, ósea AB, como el Ney Poovan que se cultiva en el Sur de India.

Actualmente se usa para designar una variedad, el genomio seguido de su nombre común; AA Malti, AB Ney Poovan, AAA Cavendish. (León, 2000).

Las Musáceas cultivadas para uso de sus frutos corresponden a dos secciones EUMUSA y AUSTRALIMUSA, que pueden distinguirse por las brácteas de la inflorescencia: opacas y con el ápice doblado en la primera; lisas y rectas en la segunda, y por la posición de los racimos: pendientes en la primera, erectos en la segunda. (León, 2000).

### 2.6.1. SECCION EUMUSA

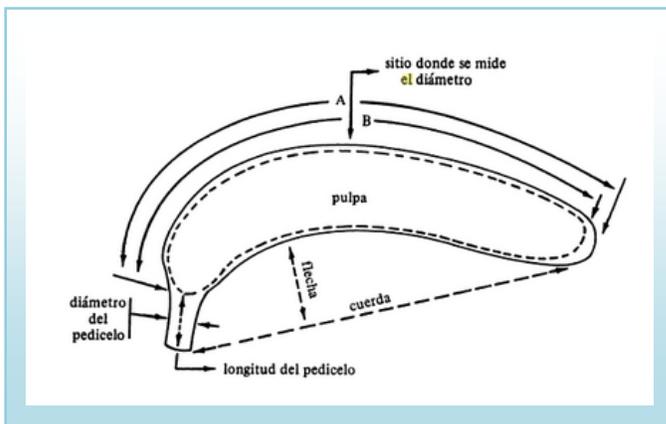
Eumusa es un grupo altamente complejo y tanto bananos como plátanos incluyen clones en cultivos indistinguibles de las formas en semicultivo o silvestres. (León, 2000).

La Eumusa cultivados son diploides, triploides y tetraploides. En América tropical se cultiva principalmente los segundos, pero en los trópicos de Asia y Polinesia se siembran los tres. En los triploides se combinan la esterilidad con la partenocarpia, es decir los procesos que impiden la formación de semillas con los que determinan el crecimiento del fruto sin necesidad de fecundación. Las características favorables del fruto, unidas a la facilidad de su propagación vegetativa, han hecho que bananos y plátanos se hayan expandido por todos los trópicos y tengan una aceptación universal.

Los cultivares más corrientes, triploides y estériles, son de origen híbrido; en su formación han participado las dos especies citadas, *Musa acuminata* y *M. balbisiana*. (León, 2000).

### 2.7. EL BANANO COMO FRUTO FRESCO

**Figura 6. Morfología del fruto.**



Fuente: (León, 2000).

La buena aceptación general de una fruta por los consumidores, no suele ser debida a su composición química y su contenido en vitaminas, sino más bien a su perfume y sabor. El plátano tiene la ventaja de que es una fruta que se consume de una manera limpia, por mantenerse la pulpa protegida hasta el momento del consumo por un grueso pericarpio o cáscara que es fácil de eliminar. Pesa de 100 a 200 g según la variedad y contiene del 60% al 65% de pulpa comestible.

**Tabla 4. Banano: características físicas de algunas variedades.**

características	“Gros Michel”	“Lacatan”	“Poyo”	“Grande enana”	“Enana”
<b>Tamaño del pseudo tronco</b>	4 a 8 metros	4 a 5 metros	2,8 a 4 metros	2,5 a 3 metros	1,8 a 2,3 metros
<b>Vainas</b>	Verde claro	Verde	Verde con manchas rosadas y pardas		
<b>Limbos:</b>					
<b>longitud (cm)</b>	300 a 400	300	208 a 231	164	156
<b>ancho (cm)</b>	110	80	87 a 82	72	78
<b>Relación foliar</b>	3,65	3,6 a 3,8	2,6 a 2,9	2,3	2,0
<b>Forma del racimo</b>	cilíndrica	cilíndrica	cilíndrica	Levemente Tronco-cónica	Tronco-cónica
<b>Fruta (fila interna)</b>	¾ recto	¾ recto	½ recto	1/3 recto	Curvo
<b>Ápex</b>	Forma de gollete	Redondeado	Redondeado	Redondeado	Redondeado

Fuente: (de la Torre, Philippe, 1989).

## 2.8. VALOR ALIMENTICIO DEL BANANO

El siguiente cuadro muestra la evolución que se produce durante la maduración del banano, con transformación de almidón en azúcares.

**Tabla 5. Evolución del almidón durante el madurado.**

Días de maduración	0	3	5	7	9	11
<b>Glúcidos totales</b>	21,51	20,49	19,78	19,78	18,60	19,12
<b>Almidón</b>	20,65	12,85	6,00	2,93	1,73	1,21
<b>Azúcares reductores</b>	0,24	2,81	7,24	10,73	12,98	15,31
<b>Azúcares no reductores</b>	0,62	4,85	6,52	6,12	3,89	2,60

(Von Loesecke, 1950).

(Simmonds, 1973), indica la composición comparada del banano y de la patata. Esta comparación ha sido repetidamente efectuada cuando se habla del valor energético de las dos clases de alimento.

**Tabla 6. Comparación nutricional entre el banano y la patata.**

	Banano	Patata
<b>Agua %</b>	70	78
<b>Hidratos de carbono %</b>	27	19
<b>Fibras %</b>	0,5	0,4
<b>Proteínas %</b>	1,2	2,0
<b>Materias grasas %</b>	0,3	0,1
<b>Cenizas %</b>	0,9	1
<b>Calcio ppm</b>	80	80-110
<b>Fósforo ppm</b>	290	560
<b>Hierro ppm</b>	6	7
<b>β caroteno ppm</b>	2,4	13
<b>Tiamina (B1) ppm</b>	0,5	1
<b>Rivoflavina (B2) ppm</b>	0,5	0,3-0,4
<b>Niacina ppm</b>	7	12-14
<b>Ácido ascórbico (C) ppm</b>	120	100-170
<b>Energía en calorías (%)</b>	104	82

Fuente: (Simmonds, 1973).

El plátano es un alimento altamente energético, cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables; es pobre en proteínas y lípidos y no es suficiente como base de una alimentación completa. (Giraldo, 2004).

A continuación se detalla la composición del banano comparado con otras frutas más comunes. Únicamente la uva presenta un valor energético netamente superior al plátano.

**Tabla 7. Energía y componentes mayoritarios de frutas (expresados en 100g de porción comestible).**

Fruta	Energía (kcal)	Agua (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra dietética (g)	Grasas (g)	Proteínas (g)
Aguacate	134	79	1,3	2,4	13,8	1,3
Albaricoque	40	86	9,5	2,1	0,1	0,8
Cerezas	58	82	13,5	1,5	0,5	0,8
Ciruela	45	84	11	2,1	0,15	0,6
Fresas	34	88	7	2,2	0,5	0,7
Kiwi	53	83	12,1	1,5	0,44	1
Limón	39	87	9	1	0,3	0,7
Mandarina	39	86	9	1,9	0,19	0,8
Manzana (Golden)	41	85	10,5	2,3	Trazas	0,3
Melocotón	37	86	9	2,3	0,1	0,6
Melón	37	88	8,4	0,8	0,28	0,9
Naranja	38	86	8,6	2,3	0,3	0,8
Pera	48	84	11,7	2,2	0,3	0,4
Piña	46	85	11,5	1,2	0,1	0,5
Plátano	85	73	20,8	2,5	0,27	1,2
Sandía	22	93	4,5	0,3	0,3	0,5
Uvas (blanca)	63	81	16,1	0,9	Trazas	0,6
Uvas (negra)	67	81	15,5	0,4	0,7	0,6

Fuente: (Mataix, 2009).

## 2.9. COMPUESTOS VOLATILES DEL BANANO

Resultados de estudios han identificado, 246 componentes volátiles: 57 alcoholes, 10 aldehídos, 10 cetonas, 39 ácidos, 112 ésteres, 8 bases, pero sólo 12 de ellos contribuyen de manera significativa al aroma del banano (5 acetatos, 4 butiratos y 3 alcoholes). La fracción de éster contribuye a la nota frutal (Brat et al, 2004; Pérez et al, 1997.; Salmón, Martin, Renaud, y Fourel, 1996). 3-metil-butil acetato, isoamílico butanoato e isoamílico isovalerato se informó como componentes claves del olor frutado del banano.

(Cosío et al, 1996.; Jordan et al, 2001; Quast, 1976; Schiota, 1993). Mostraron que el acetato de isoamilo, butirato de isoamilo, y pentan-2-ona son los ésteres característicos de origen geográfico de la variedad Cavendish.

Los compuestos de carbonilo y alcohólicas contribuyen a la nota herbal (Engel et al, 1990; Schiota, 1993). El aroma se asoció con compuestos tales como 3-metil, 1-metil-hexilo, 2-metilpropilo (o isobutilo), 3-metilbutilo (o isoamilo), y ésteres de hexilo de los ácidos acético, butanoico y isovalérico.

## 2.10. CONSIDERACIONES DE CALIDAD DEL BANANO

### 2.10.1. GRADO DE DESARROLLO (S/Resolución 554/83 de la ex SAG)

(Medición en cm. del diámetro al corte transversal)

A continuación se muestran los diversos grados de desarrollo de las bananas, grados que se toman como criterio para su valoración de calidad y aptitud para su consumo final.

- DELGADO: hasta 2,5 cm de diámetro (3/4), (Aristas fuertemente marcadas).

**Figura 7. Grado de desarrollo del banano (delgado).**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

- MEDIANO: de 2,5 a 3,5 cm. de diámetro (3/4 Lleno), (Presencia de 2 aristas)

**Figura 8. Grado de desarrollo del banano (mediano).**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

- **LLENO:** Mayores a 3,5 cm de diámetro (Redondo), (Sin aristas o suavemente marcadas)

**Figura 9. Grado de desarrollo del banano (lleno).**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

Las características de calidad pueden ser separados en dos grupos principales (Salunkhe et al, 1991.): sensorial: Color, brillo, tamaño, forma, defectos, textura, sabor, y aroma. y características ocultas: el valor nutritivo y la presencia de adulterantes y componentes tóxicos.

### 2.10.2. DAÑOS Y DEFECTOS

A continuación se presentan los tipos de daños mecánicos: Adquiridos en producción, cosecha y postcosecha, transporte y por el envase.

- **DAÑO MECANICO**

**Figura 10. Daño mecánico en banana.**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

- DAÑO FÚNGICO

**Figura 11. Daño fúngico en corona.**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

- FISIOPATÍAS

Disturbios fisiológicos en pulpas.

Altas T°C (Cooked). (Climatización inadecuada)

Daños por frío. (Almacenamiento inadecuado).

**Figura 12. Daño por frío en banana.**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

- **DEFORMACIONES Y RAJADURAS:** Frutos fasciados, sobremadurez en plantación.

**Figura 13. Rajaduras en banana.**



Fuente: Control de Calidad Mercado Central Bs. As.

## **2.11. PROCESAMIENTO DE BANANOS**

Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas. Es considerado el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático. Del plátano se elabora alcohol, almidón, alimentos para bebé, vino, vinagre, alimentos como rebanadas fritas y tostadas, tostones (patacones), cereales, harinas y otros productos como azúcar y proteínas. También se aprovecha la fruta en la alimentación animal en forma suplementaria, la fruta verde para cerdos, harinas para alimentos de pollos y otros usos. Comercialmente, el plátano se exporta a otros países también como fruto fresco verde y pelado para ser procesado en el país importador. (INTA, 2002)

El procesamiento de bananas se realiza en su mayoría de rechazos del comercio del banano fresco. Por lo tanto, las variedades utilizadas son las mismas que para la fruta fresca, utilizándose sólo unas pocas variedades seleccionadas y subvariedades del Cavendish. (Stover y Simmonds, 1987).

### 2.11.1. PRODUCTOS ELABORADOS DE BANANO

- **Puré**

Este es probablemente el producto de plátano procesado más importante. (Solé, 1989).

- **Puré concentrado de banana**

En algunas aplicaciones el resultado es satisfactorio, en particular cuando es mezclado con otros purés de frutas. Sin embargo, en general, concentrado puré de plátano carece del sabor característico de la fruta, para lo cual se puede añadir esencias de plátanos.

- **Productos de banano congelados**

- **Productos de banano deshidratados**

Según lo mencionado por (Karel, 1991), la calidad de un producto deshidratado depende en gran medida de la calidad de las materias primas, pero su procesamiento y almacenamiento deben ser llevados a cabo, reduciendo al mínimo cualquier cambio indeseable en la calidad. Varios productos del banano seco son de interés comercial):

- **Flakes de banano**

Estos están hechos en un tambor de secado, tambores secadores calentados cromados internamente con vapor. El puré se alimenta directamente a los secadores de tambor. El agua se evapora cuando el tambor gira y forma una película de material seco en la superficie del tambor. (Jones, 1993).

- **Banana figs**

Originalmente, el secado se hizo en el sol, pero cada vez más, se está haciendo por deshidratación con túnel o gabinete de secado la combustión de un combustible directamente en la corriente de aire para calentar el aire hacia arriba. Ecuador es uno de los principales países productores, pero cantidades importantes de este producto. (Crowther, 1979).

- **Polvo de banano**

El banano es secado por aspersion produciéndose escamas, a partir de un puré. Se obtienen una especie de escamas, las cuales pasan a través de un tamiz de malla y convirtiéndose finalmente en polvo. (Barrett, et. al., 2005)

- **Granulado liofilizado**

Este producto debe contener el jarabe de maíz para facilitar el secado y para obtener un producto que se rehidrate aceptablemente. El coste de este producto es significativamente mayor que el coste del polvo de bananos. (Barrett, et. al., 2005)

- **Rebanadas liofilizado**

Los cortes obtenidos tienen un aspecto agradable, pero el problema surge en la rehidratación, ya que toma mucho tiempo.

Existen varias ofertas en el Internet de estos cortes, ofertándolos para un nicho de mercado especial como, alimentos de supervivencia los cuales se almacena en casa para el momento de una emergencia; otro nicho puede ser el trail mix o raciones de alimentos para ser transportados en largas caminatas a pie. (Macy, 1969).

- **Harina de plátano**

Estos productos están hechos de plátanos verdes o plátanos. La fruta debe ser pelada, cortada, secada, molida, y clasificada o tamizada. Debido a que se hace de frutas con alto contenido de almidón, el secado es relativamente fácil. Es un producto ofertado como sustituto de harina de trigo la cual contiene gluten, indicado para personas celíacas. (Confoco, 2002).

- **Agregados en cereales para el desayuno**

Los fabricantes han recurrido hábilmente a hacer agregados en sus cereales como copos de plátano y otros ingredientes. Estos agregados son muy porosos y tienen una sensación en la boca aceptable, pero poco sabor banana. El producto se hidrata fácilmente con agua o leche. (Barrett, et. al., 2005).

- **Chifles de banano**

Es un producto similar a las patatas fritas, tiene alto contenido de carbohidratos y contenido de grasa, y un valor calórico alto. Se hacen normalmente de bananos de cocción de color verde, los cuales son pelados y cortados en rodajas finas, tienen un contenido de humedad intermedia, se las sumergen en una solución de caña de azúcar y brevemente se las fríe en aceite caliente. (Barrett, et. al., 2005)

- **Almidón de banano**

• **Bananos en rodajas en almíbar (Larga conservación)**

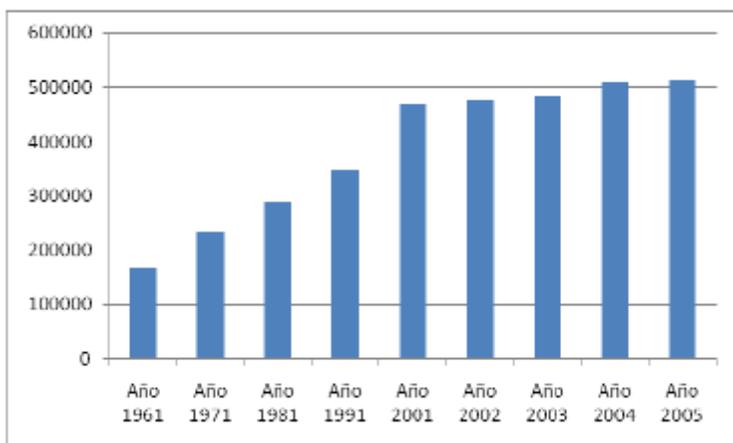
• **Varios**

Licor de plátano, plátanos dulces, y productos similares se pueden encontrar en los supermercados. Muchos de estos productos sólo tienen sabor a plátano, a menudo artificial. Existe: la cerveza de banano, el vino de plátano y plátanos verdes hervidos, ya sea por sí solos o como ingredientes en los alimentos. (Barrett, et. al., 2005).

## 2.12. EL MERCADO MUNDIAL DE LAS FRUTAS TROPICALES

La fruticultura tropical constituye con unas 170 millones de ton. de producción anuales, casi un 30 % de la fruticultura mundial con un volumen productivo total de 600 millones de ton.

**Gráfico 1. Producción mundial de frutas (1961/2005), en miles de ton.**

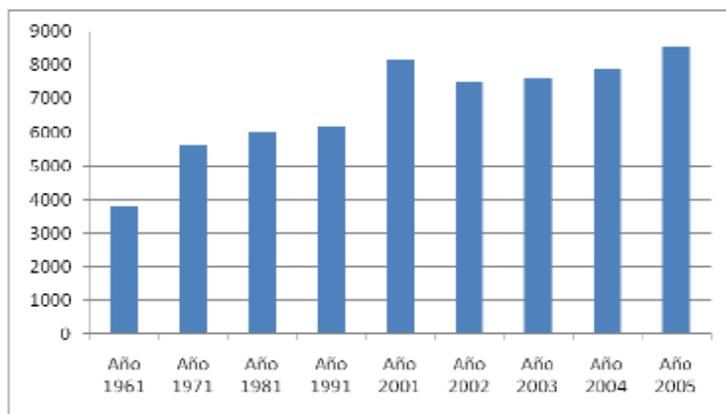


Fuente: FAOSTAT.

### 2.13. FRUTAS TROPICALES EN ARGENTINA

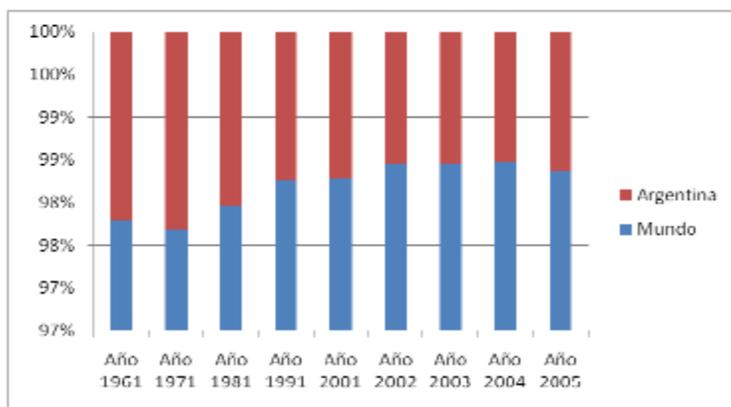
La fruticultura tropical en Argentina se desarrolla en áreas subtropicales, con baja probabilidad de ocurrencia de heladas, alcanzando un volumen de total de producción anual de alrededor de 200.000 ton., que representan 2,5 % de la producción frutícola nacional y poco más del 1 por mil de la producción mundial, (claramente menor que la relevancia que el país posee sobre la fruticultura en conjunto), mientras que importa unas 360.000 para completar su demanda y exporta tan solo paltas dentro de este grupo por montos que oscilan entre 1 y 3 millones de U\$S anuales.

**Gráfico 2. Producción argentina de frutas (1961 /2005), en miles de ton.**



Fuente: FAOSTAT.

**Gráfico 3. Participación porcentual argentina sobre la producción mundial de frutas (1961 / 2005).**



Fuente: FAOSTAT.

## 2.14. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BANANO Y PLÁTANO

La producción mundial de bananos y plátanos aumenta progresivamente desde 34 millones de ton. en 1961 hasta 104 millones en 2007, ligada al aumento de la población. Las dos terceras partes de ese volumen corresponden a bananos y un tercio a plátanos.

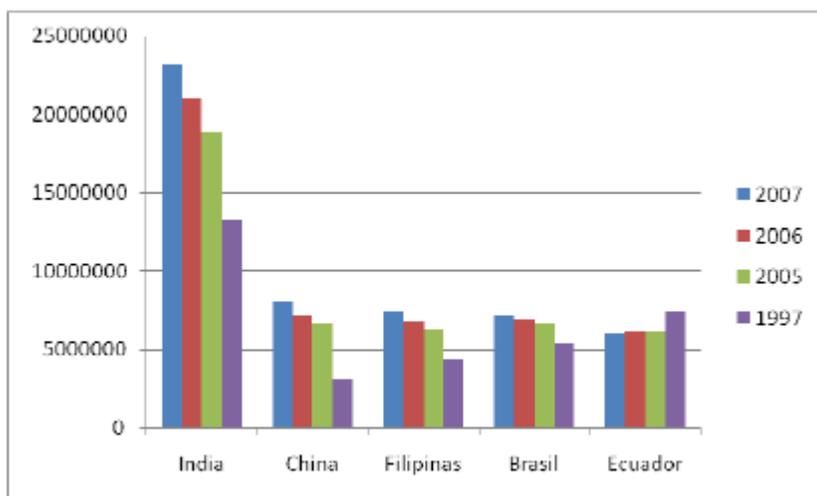
EL principal productor de banana del mundo es India. Con 748,100 hectáreas y 26,996.600 toneladas producidas se consolida como el líder en la industria bananera mundial.

En cuanto a los países latinoamericanos productores de banano, aunque Brasil cuenta con 479,614 hectáreas de plantaciones (Hasta el 2011), es superada por Ecuador en productividad. Ecuador con la mitad del área plantada logro superar la productividad de Brasil. (7.637.320 toneladas de banano ecuatoriano fue producido en el 2011 mientras que Brasil produjo 6.783.460 toneladas.)

Guatemala, Costa Rica, México, Colombia y Honduras son las siguientes naciones en orden de importancia con mayor productividad en sus plantaciones bananeras. 2.544.240 toneladas, 2.365.470 ton, 2.365.470 ton, 2.020.390 ton y 690.625 ton respectivamente. Cabe resaltar que aunque Guatemala no tiene gran extensión de tierras cultivadas (59.391 hectáreas) sobrepasa a naciones como México y Colombia las cuales cuentan con una mayor zona de producción. Son varias las razones por las cuales algunas naciones lograr mayor productividad en sus plantaciones que otras. Variables climatológicas, un buen control de plagas y enfermedades y lograr tener la menor cantidad de desperdicio de la fruta hacen la diferencia. (FAO, 2009).

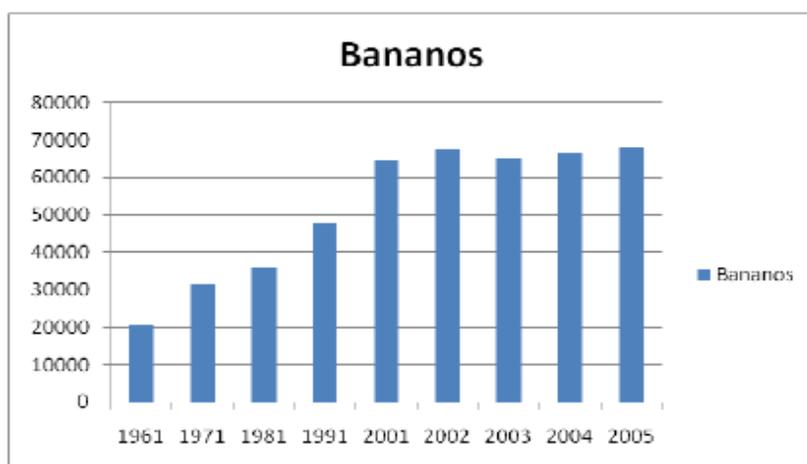
Las producciones mundiales se agrupan en cuatro tipos genéticos: Cavendish (AAA), otros plátanos de cocinar o para hacer bebidas (AAB, ABB, AAA, etc.), plátano (AAB), y otros bananos de postre (Gross Michel, Manzanos, Dátiles, Oritos, etc.) AAA, AA, AAB). El grupo Cavendish sigue el más producido con más de 46 MT (44,7 %) especialmente en el continente asiático, le siguen los bananos de cocinar (26,5 MT, 25,4 %) concentrados en Asia y en África del Este, el plátano concentrado en África central y del Oeste y América latina, y los otros bananos postre (12,3 MT, 11,8 %) en Asia y América latina.

**Gráfico 4. Principales productores de banano en volumen (en ton.).**



Fuente: FAOSTAT.

**Gráfico 5. Producción mundial de bananos (en miles de ton.).**



Fuente: FAOSTAT.

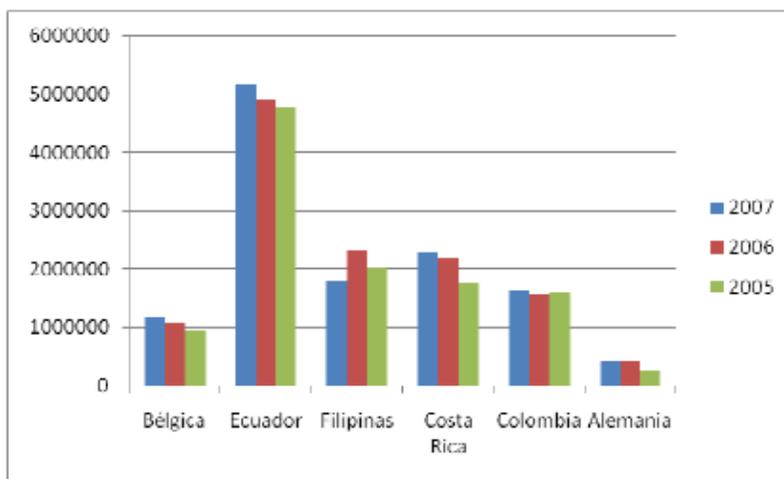
Mientras que India, China y Brasil son países eminentemente orientados a la producción para el consumo interno, en cambio Filipinas y Ecuador tienen un sesgo fuertemente exportador.

El principal exportador mundial en volumen es Ecuador, pero con valores FOB menores a los de otros competidores. Si bien América Latina es apenas la tercera área por

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

producción global de musáceas (con 31 MT), constituye el mayor exportador de banano Cavendish, de plátano y otros tipos (manzano, oro, morado).

**Gráfico 6. Principales exportadores de banano en volumen (en ton.).**



Fuente: FAOSTAT.

**Tabla 8. Exportaciones brutas mundiales de banana por país.**

País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Ecuador</b>	3939,5	3990,4	4199,2	4671,2	4537,0	4653,9	4797,8	5057,1	5132,8	5473,1	4945,0
<b>Costa Rica</b>	1883,3	1739,3	1622,6	190,3	1792,5	1614,5	1961,1	2159,2	1872,6	1587,5	1795,6
<b>Colombia</b>	1680,2	1516,3	1570,4	1423,2	1470,9	1621,5	1697,4	1749,2	1798,3	2101,8	1802,6
<b>Guatemala</b>	801,3	873,8	971,7	933,3	1013,8	1046,3	982,6	1330,4	1576,4	1627,0	1480,6
<b>Panamá</b>	489,3	321,1	418,5	410,2	398,0	348,3	431,1	438,6	366,6	183,0	240,5
<b>Filipinas</b>	1599,4	1600,7	1685,0	1829,4	1797,3	2024,3	2311,5	2217,7	2192,6	1664,1	150,1

\*Valores expresados en miles de toneladas

Fuente: Banano estadísticas. FAO, 2011.

### 2.14.1. PAISES IMPORTADORES DE BANANO

#### Importaciones

Estados Unidos y el Canadá son responsables de casi el 80 por ciento del aumento de las importaciones mundiales de bananos en el mundo desarrollado. Pero entre 2006 y 2010 la UE es el motor principal del crecimiento de las importaciones. Los Estados Unidos y el Canadá importan más de 4,6 millones de toneladas en 2010. En el Japón, las importaciones aumentan en alrededor de 0,7 por ciento por año, o sea en alrededor del 8 por ciento al final del decenio, alcanzando casi un volumen de 1,1 millones de toneladas en 2010. Las importaciones de bananos de la Comunidad Europea incrementan en alrededor de 350 000 toneladas en 2006 con respecto a 2005, y en 2010 a alrededor de 3,9 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 25 por ciento durante el decenio. (FAO, 2011).

**Tabla 9. Principales países importadores de banano a nivel mundial.**

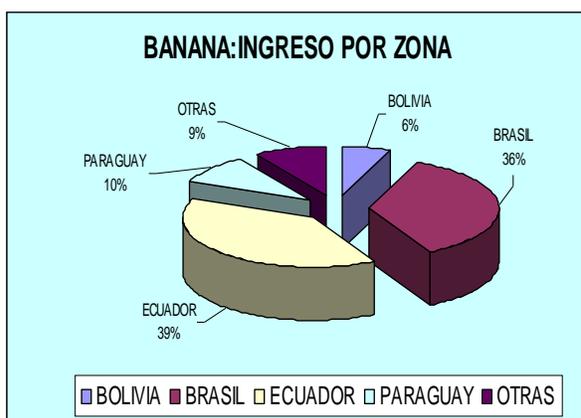
País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>EE.UU</b>	3630.4	3433.8	3490.2	3451.1	3424.2	3373.3	3395.0	3543.3	3453.4	3061.0	3611.4
<b>Japón</b>	1078.7	990.6	936.3	986.6	1026.9	1066.9	1043.6	970.6	1092.7	1252.6	1109.6
<b>Rusia</b>	499.5	606.7	640.8	787.0	842.7	852.8	883.5	959.7	988.5	969.4	1063.8
<b>Canadá</b>	398.4	404.9	417.0	422.8	440.6	449.0	456.7	471.8	477.6	481.9	496.1
<b>Corea</b>	184.2	194.5	187.2	220.0	208.3	253.3	27.7	307.7	258.1	257.0	

\*Valores expresados en miles de toneladas

Fuente: Banano estadísticas. FAO, 2011.

### 2.14.2. PRODUCCIÓN DE BANANO EN ARGENTINA

El cultivo del banano en Argentina ocupa 9.000 hectáreas en las áreas cálido-húmedas de Formosa, Salta y Jujuy, y abastece aproximadamente un 20 por ciento del consumo, estimado en 400.000 toneladas anuales.

**Figura 14. Ingreso de banana al Mercado Central de Buenos Aires.**

Fuente: Estadísticas de precios e ingresos – Corporación del Mercado Central de Bs. As., 2012.

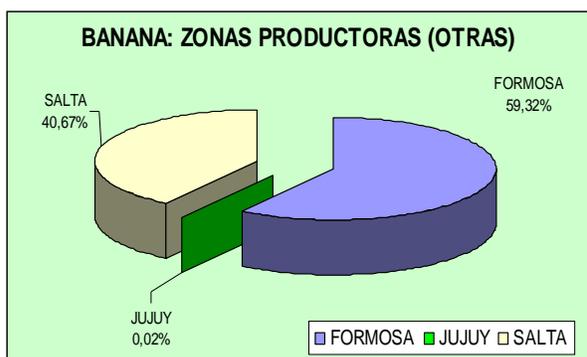
Por múltiples causas, la producción nacional resulta económicamente perjudicada, debido a que presenta promedios de rendimiento inferiores a los de otros países y aún no ha alcanzado la calidad de la fruta importada.

#### 2.14.2.1. UBICACIÓN DE LOS CULTIVOS

Los cultivos de banana en Argentina se ubican en regiones subtropicales con baja probabilidad de ocurrencia de heladas, estando localizadas las principales zonas productoras en las provincias de Salta (40,67%), Formosa (59,32%) y Jujuy (0,02%) con un total de superficie de casi 9.400 hectáreas implantadas. Se estima que existiría potencialidad para poder incrementar hasta dos veces la participación en el mercado de este cultivo, previstas las mejoras requeridas en tecnología de post cosecha.

El cultivo del banano en las regiones productoras se caracteriza por variaciones significativas en la superficie cultivada. Por tratarse de una especie herbácea de crecimiento anual, cultivada como perenne por cuestiones de manejo, la superficie dedicada a su cultivo ha manifestado importantes altibajos. (SENASA, 2009)

**Figura 15. Zonas Productoras de banano en Argentina.**

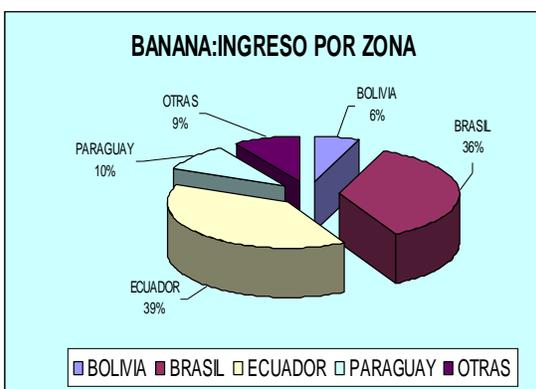


Fuente: SENASA, 2009.

La banana es la fruta más consumida en Argentina con un promedio de 12 kg. por habitante al año. En 2009 Argentina importó 344.000 toneladas de bananas, por casi U\$S 107 millones. El origen del abastecimiento nacional, fue cambiando. En los 70, el mercado argentino era abastecido por Brasil. Ecuador, que por entonces era un proveedor insignificante, hoy lidera el mercado. (Congreso de Banano, 2009).

### 2.14.3. IMPORTACIONES DE BANANO EN ARGENTINA

**Figura 16. Ingreso de banano por países.**



Fuente: Estadísticas de precios e ingresos – Corporación del Mercado Central de Bs. As., 2012.

LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

**Tabla 10. Ingreso de banana al Mercado Central de Buenos Aires, año 2011.**

ESPECIE	VARIEDAD	ORIGEN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
BANANA		BOLIVIA	45,9	40,6	98,4	55,3	87,6	79,2	47,4	44,8	50,2	50,8	32,7	77,4	710,3
BANANA		BRASIL	126,2	190,8	221,6	47,4	54,5	140,3	45,9		19,4	4,8	27,0	109,4	987,3
BANANA		ECUADOR	280,0	666,7	717,2	221,5	332,1	687,0	568,6	273,4	542,4	494,4	452,8	256,3	5492,4
BANANA		FORMOSA	8,6	0,5			4,0	19,4	5,2	32,5	6,6	4,8	1,6		83,2
BANANA		PARAGUAY	73,4	25,2	108,7	143,8	138,5	143,9	58,2	44,0	45,2	25,2	20,2	52,7	879,0
BANANA		SALTA		99,4		3,5	10,7	13,3	12,6	11,9	19,1	27,2	133,0	89,6	420,3
BANANA		SANTA FE					9,6								9,6
BANANA	BABY	ECUADOR										1,8			1,8
BANANA	CABANA	BOLIVIA	0,6			3,1		0,4				3,0			7,1
BANANA	CABANA	ECUADOR	1,7	0,6	2,8	2,4	10,9			0,8		2,5	2,9	21,6	46,2
BANANA	CAVENDISH	BOLIVIA	1150,0	999,7	1452,6	1311,6	895,9	816,7	773,3	392,1	653,6	515,3	657,6	1441,4	11059,8
BANANA	CAVENDISH	BRASIL	4,8	40,8	20,2	5,8	0,6	2,0					25,0	1,6	100,8
BANANA	CAVENDISH	ECUADOR	4697,6	3731,6	3511,4	3903,6	4233,5	3090,7	4003,0	4549,9	5385,2	5074,8	5279,1	3865,9	51326,3
BANANA	CAVENDISH	FORMOSA						22,0		4,6	3,0			2,2	31,8
BANANA	CAVENDISH	PARAGUAY	16,7			65,9	22,4	15,0	3,0	23,8	46,1	60,7			253,6
BANANA	CAVENDISH	SALTA	14,0								3,6	6,4		1,2	25,2
BANANA	CONGO	BRASIL												9,0	9,0
BANANA	CONGO	SALTA												21,8	21,8
BANANA	GROSS M	ECUADOR												3,7	3,7
BANANA	NANIKA	BOLIVIA	71,7	38,0	74,2	43,5	15,6	28,5	58,4	54,1	100,3	57,0	68,8	153,2	763,3
BANANA	NANIKA	BRASIL	612,8	718,4	568,4	291,3	324,0	338,5	242,3	202,6	116,0	12,0	301,0	403,9	4131,2
BANANA	NANIKA	ECUADOR	54,3	75,0	61,5	61,5	73,0	82,0	61,6	143,0	121,0	57,6	67,9	14,0	872,4
BANANA	NANIKA	FORMOSA	22,9	25,5	4,0	53,1	56,6	120,6	171,6	329,1	387,6	208,3	45,1		1424,4
BANANA	NANIKA	PARAGUAY	420,2	232,8	284,6	455,4	948,7	853,5	450,3	574,3	358,9	286,3	79,1	164,8	5108,9
BANANA	NANIKA	SALTA		55,8	11,0	10,9	5,6	7,4			31,0	533,8	917,2	770,7	2343,4
BANANA	la especie		7601,3	6941,3	7136,5	6679,6	7223,9	6460,3	6501,5	6681,1	7889,1	7426,8	8111,1	7460,4	86112,9

Fuente: Estadísticas de precios e ingresos – Mercado Central de Bs. As. (2011).

### 3. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

El procesamiento de alimentos sirve para una serie de propósitos. En primer lugar, es fundamental para la transformación de productos alimenticios perecederos en alimentos microbiológicamente estable y seguro. Si bien esto es claramente un requisito previo, alimentos procesados se venden, particularmente en el mundo desarrollado, sobre la base de sus características organolépticas (es decir, el gusto y el sabor) y sus características de valor nutricional.

**Tabla 11. Necesidad de conservación y sus técnicas disponibles.**

Objetivo de la preservación	Técnica de preservación
<b>Microorganismos</b>	Secado
<b>Insectos</b>	Calentamiento
<b>Enzimas</b>	Refrigeración y congelación
<b>Químico</b>	Fermentación
<b>Organoléptico</b>	Mecánica (procesamientos con altas presiones)
<b>Frescura</b>	Medios físicos (irradiación, luz UV)

Fuente: (Zeuthen, 2000).

Los consumidores en el mundo desarrollado cada vez más prefieren menos alimentos procesados. Como consecuencia, es un tremendo impulso para la industria alimentaria la investigación de nuevos sistemas de conservación, basados en una combinación de tratamientos físicos con la acción de un preservar sus compuestos naturales.

Siempre han sido y todavía hay muchas razones por las que los alimentos necesitan ser preservados bien. Las técnicas de conservación para el uso práctico son, por desgracia relativamente limitadas. (Lado y Yousef, 2002).

### 3.1. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Los cinco métodos históricos básicos de la conservación de los alimentos todavía en uso hoy en día, comprenden: deshidratación o secado, calentamiento, congelación, fermentación y preservación química (Grierson, 1997).

#### 3.1.1. LA DESECACIÓN

El principio en que se basa este método es la reducción de la actividad del agua ( $A_w = \text{presión de vapor del agua del alimento} / \text{presión de vapor de agua pura}$ , ambas a la misma temperatura). Los valores en los alimentos van de 1 a menos de 0.2. La  $A_w$  para los microorganismos varía según el tipo, la composición química del alimento, el pH, el nivel de oxígeno y el nivel de preservador químico que se agregue al alimento.

También inhibe el crecimiento de microorganismos, pero algunos de estos microorganismos pueden acarrear peligro con la rehidratación de la comida. Se llama desecación a la eliminación del agua del alimento en forma natural, cuando esta se realiza en una cámara o equipo, al proceso se lo denomina deshidratación. (Planella, 1983).

#### 3.1.2. CALENTAMIENTO

Su objetivo es también producir una cocción del producto o bien eliminar microorganismos patógenos. En el caso de la pasteurización de la leche en que se utilizan temperaturas de 65 °C por 30 minutos o 72 °C por 15 segundos, se busca destruir el bacilo de Koch y salmonellas. En el caso de la conservería en que se utilizan temperaturas de 100 °C, o superiores aplicadas a productos envasados en envases herméticos, se busca eliminar esporas y células vegetativas del *Clostridium botulinum*, que produce la toxina botulínica.

El efecto letal del calor sobre los microorganismos depende de:

- El tipo y número de microorganismo presentes
- Su estado fisiológico
- La propiedad del alimento especialmente su composición y pH

- El tiempo de exposición a la temperatura letal. (Planella, 1983).

### **3.1.3. BAJAS TEMPERATURAS**

Las Temperaturas Bajas Se Usan para retardar las reacciones químicas y la acción de las enzimas o inhibir el crecimiento y la actividad de los microorganismos en los alimentos. Cuanto más baja sea la temperatura tanto más lenta será la reacción química, la acción enzimática y el crecimiento bacteriano; una temperatura suficientemente baja inhibirá el crecimiento de todos los microorganismos.

La refrigeración no tiene mucho efecto letal sobre las toxinas ya formadas en el alimento, de ahí la importancia de los pretratamientos que acondicionan el alimento. Entre -3 a -8 °C aún hay crecimiento lento de microorganismos y actividad enzimática

Las temperaturas próximas o ligeramente superiores a las de congelación, mantienen los alimentos en condiciones casi similares a las originales sin pretratamientos especiales, pero el tiempo de almacenamiento es limitado. La congelación y conservación a temperaturas bajas pueden determinar cambios perjudiciales en algunos alimentos si no son adecuadamente manejados. (Planella, 1983).

### **3.1.4. FERMENTACIÓN**

La fermentación se define como un proceso de oxidación anaeróbica o parcialmente anaeróbica de los carbohidratos.

La preparación y preservación de alimentos por fermentación depende de la producción de ciertas sustancias químicas por microorganismos que inhiben el crecimiento de los microorganismos indeseables. El ejemplo más simple es la inhibición del crecimiento de bacterias productoras de toxinas por la acción del ácido láctico producido en alimentos fermentados.

La mayoría de los sistemas de conservación de alimentos bloquean el desarrollo de los microorganismos. El proceso de fermentación es uno de los métodos más antiguos para preservar alimentos, sin embargo, es uno de los menos comprendidos.

La fabricación del pan, cerveza, el vino, el queso, etc., se conocía desde hace varios siglos pero no se conoce el rol de los microorganismos en el proceso, hasta los trabajos de Pasteur. (Planella, 1983).

### **3.1.5. PRESERVACIÓN QUÍMICA**

Muchas personas consideran que los aditivos alimentarios son una innovación moderna; pero los seres humanos han utilizado preservantes durante milenios. Hoy es difícil de entender lo valiosa que era la sal en la antigüedad. La carne de los animales sacrificados fue salada para el consumo durante el invierno. El ahumado es otro antiguo medio químico de conservación de alimentos. Las especias son ricas en antioxidantes e incluso bactericidas (sustancias que matan las bacterias).

En general, la conservación por un solo factor no es suficiente para garantizar completamente la seguridad del producto. Se aconseja utilizar múltiples obstáculos para obtener alimentos más seguros. (Leiter y Gorras, 1995).

El concepto básico para garantizar la seguridad microbiológica es que el crecimiento, la supervivencia y la inactivación de microorganismos en los alimentos son dependientes de los efectos acumulativos de un número de factores tales como la temperatura, pH, Aw, agentes antimicrobianos, etc., mediante la manipulación de más de uno de estos factores, es posible controlar el crecimiento microbiano o hacer a los patógenos más sensibles a las técnicas de intervención.

Una posible limitación de los alimentos en conserva por métodos combinados es que diferentes microorganismos presentan diferentes respuestas fisiológicas al estrés, en particular, la homeostasis. La homeostasis es la tendencia de los microorganismos para mantener condiciones internas estables y equilibradas ante el medio ambiente. (Zeuthen, 2000).

### **3.2. TECNOLOGIA DE BARRERAS U OBSTÁCULOS**

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad

de reacciones físico-químicas. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos.

Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo a uno o más factores adversos), estos factores son la acidez (por ejemplo bajo pH), la limitación del agua disponible para el crecimiento (por ejemplo reducción de la actividad de agua), la presencia de conservadores, las temperaturas altas o bajas, la limitación de nutrientes, la radiación ultravioleta y las radiaciones ionizantes. (Leistner y Gould, 2002).

La estabilidad microbiológica de alimentos con contenido de agua reducido no es una función de su contenido de agua total sino de la proporción de agua que está disponible para las actividades metabólicas de los organismos. La  $A_w$  óptima para el crecimiento de la mayor parte de los microorganismos está en el rango 0,99-0,98.

*Staphylococcus aureus* es el patógeno que posee mayor tolerancia a la  $A_w$  y puede crecer en aerobiosis a  $A_w$  de 0,86. Muchos hongos y levaduras son capaces de proliferar a  $A_w$  debajo de 0,86; En consecuencia, para conservar un alimento utilizando como factor de estrés sólo la reducción de  $A_w$ , su  $A_w$  debiera disminuirse a 0,60. Los alimentos totalmente deshidratados, por ejemplo, tienen valores de  $A_w$  aproximadamente iguales a 0,30 para controlar no sólo el crecimiento microbiano sino también otras reacciones de deterioro.

Si la acidez del medio se incrementa (por ejemplo el pH se reduce), los microorganismos tratan de mantener al pH interno dentro de un rango estable limitado y en un valor mayor que el del medio. La reparación de la homeostasis perturbada del pH demanda energía y la velocidad de crecimiento disminuye. A medida que el pH se va reduciendo aún más, los requerimientos energéticos aumentan y ya no queda más energía disponible para otras funciones celulares. Si la capacidad de homeostasis es superada, el pH citoplasmático disminuye y la célula muere.

El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6,5-7,5. Pero algunas bacterias patógenas pueden crecer a pH 4,2 y algunas bacterias deteriorativas pueden multiplicarse en condiciones muy ácidas (pH =

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

2,0). En general, los hongos y las levaduras tienen mayor habilidad que las bacterias para crecer a pH ácidos, pudiendo proliferar a un valor de pH tan bajo como 1,5. Disminuir el pH debajo de 4,2 es una forma efectiva de lograr la inocuidad de algunos alimentos debido a la alta sensibilidad al pH de las bacterias patógenas.

De la misma forma, los mecanismos de reparación del DNA dañado por irradiación retornan el DNA dañado a su estado previo de integridad. Cuando se exponen a bajas temperaturas, los microorganismos también reaccionan homeostáticamente alterando la composición de los lípidos de membrana para mantener su fluidez y por tanto su “funcionalidad”.

La combinación deliberada e inteligente de los tratamientos para asegurar la estabilidad, inocuidad y calidad de los alimentos es un método muy efectivo para vencer las respuestas homeostáticas microbianas y al mismo tiempo retener las características nutricionales y sensoriales deseadas (Gould, 1995 a, b; Leitsner, 2000; Leitsner y Gould, 2002).

**Tabla 12. Parámetros de conservación de los productos frutícolas.**

Especies	Temp.°C	H. relativa (%)	Semana de almacenaje	Atm. Controladas (%)	
				CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
<b>Aguacate</b>	7-13	90-95	2-4	3.10	2.5
<b>Banano</b>	13-14	90-95	1-4	2.5	2.5
<b>Pomelo</b>	10-15	85-90	6-8	5.10	3.10
<b>Limón</b>	10-13	85-95	4-24	0.10	5.10
<b>Mango</b>	10-14	85-90	1-4	5.10	2.5
<b>Naranja</b>	1-9	85-90	3-12	0.10	5.10
<b>Papaya</b>	7-13	85-90	1-3	5.8	2.5
<b>Piña</b>	7-13	85-90	2-4	5.10	2.5

Luchinger (1999).

### **3.3. SECADO DE FRUTAS**

El secado artificial de fruta es un método importante de conservación y brinda una amplia variedad de productos. Las tecnologías de almacenamiento están disponibles para mantener la fruta fresca durante largos períodos de tiempo sin cambio apreciable en la forma física original de la fruta.

La fruta puede ser secado en su conjunto (por ejemplo, uvas, bayas diferentes, albaricoque, ciruela, etc), en forma de rodajas (Por ejemplo, plátano, mango, papaya, kiwi, etc), en forma de puré (por ejemplo, mango, albaricoque, etc), o como un polvo por pulverización o secado en tambor. Dependiendo de la forma física de la fruta (por ejemplo, entero, pasta, rodajas),

El secado tiene por objetivo reducir el contenido de agua del producto hasta un nivel que sea insuficiente para la actividad de las enzimas y/o desarrollo de microorganismos. En general, el nivel crítico se sitúa entre el 10 y el 15 por ciento de humedad, según el producto. Pero en el caso de las frutas con menos de 18% de humedad residual no son sustratos favorables para el desarrollo de hongos, bacterias ni reacciones químicas o bioquímicas de importancia (FAO, 1993).

#### **3.3.1. TIPOS DE SECADO EN FRUTAS}**

- Fruta completa: secado al sol, secado al sol en gabinetes, secado por circulación
- Fruta en rodajas, picado, partículas: a través de circulación de aire, liofilización, secado en bandeja, secado de vacío
- Fruta en pasta, suspensiones: secado en spray, tambor de secado, secado solar

### **3.4. LIOFILIZACION**

En su forma más simple, la liofilización se define como un proceso de estabilización, en la que primero se congela el disolvente y luego la cantidad se reduce por primera sublimación (secado primario). Posterior, por desorción (secado secundario) se llega a los valores en los que se reducirá el crecimiento biológico o las reacciones químicas. Aunque esta definición ha ido cambiando y se han ido describiendo con mayor

detalle los procesos, el término clave es que la liofilización es un proceso de estabilización. (Jennings, 2008).

La liofilización es un proceso por el cual el producto se congela primero y luego el hielo de la congelación es eliminado por sublimación, por lo general en condiciones de baja presión y temperatura. La sublimación deja lugar a una capa porosa seca que se retira continuamente durante el proceso. (Hanson, 1976). Es un proceso de conservación mediante sublimación utilizado con el fin de reducir las pérdidas de los componentes volátiles o termo-sensibles. Es el más noble proceso de conservación de productos biológicos conocido, ya que junta a los dos métodos más fiables de conservación, la congelación y la deshidratación. Sin conservantes o productos químicos, es el proceso más adecuado para preservar células, enzimas, vacunas, virus, levaduras, sueros, derivados sanguíneos, algas, así como frutas, vegetales, carnes, peces y alimentos en general. En este proceso de secado los productos obtenidos no se ven alterados en sus propiedades y se rehidratan fácilmente. (J. de Alvarado 1979; Krokida 1998; J. S. Ramírez y J. Cañizares 2003).

La acuñación del término liofilización se atribuye generalmente a la naturaleza porosa y seca del producto, su característica "liofilizado" tiende a reabsorber rápidamente el disolvente y restaurar la sustancia a su estado original. Se suele utilizar el término liofilización o secado por congelación, el último término se ha convertido en más común porque es aplicable a ambos sistemas acuosos y no acuosos. Es interesante que los procesos de liofilización a menudo se realicen en el equipo de secado por congelación, aunque el término descriptivo liofilizador es cada vez más frecuente. (Rey, L. 1960).

### **3.4.1. PROCESO DE LIOFILIZACIÓN**

El proceso cuenta de tres etapas, la congelación y la etapa de secado.

La primera etapa es el proceso de congelación de la muestra aproximadamente a  $-40^{\circ}\text{C}$  para facilitar el proceso de sublimación. La temperatura y tiempo de congelación se da en función de los solutos en solución que contiene, al final de la congelación la masa se ha convertido en rígida, formando un eutéctico (cristales de hielo y componentes del alimento). La segunda etapa es el secado primario conocido como sublimación del hielo

bajo vacío. El hielo sublima cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente debido a la baja presión en la cámara de secado, el vapor de agua que se genera por la sublimación es liberado por los poros del producto. El secado secundario o eliminación de agua, se da cuando los cristales de hielo se agotan, esta etapa de eliminación de agua se da cuando el producto empieza a liberar humedad, la cual proviene del agua parcialmente ligada en el material (Barbosa y Vega 2000).

### **3.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPAS DEL PROCESO**

#### **3.4.2.1. FORMULACIÓN**

La formulación se define como cualquier sistema que contiene un disolvente que, después de su eliminación, mejorará la estabilidad del producto, pueden citarse como ejemplo las flores y los alimentos. Las formulaciones liofilizadas también tienen aplicaciones biológicas, biotecnológicas, de diagnóstico (in vivo e in vitro), farmacéuticas, y en productos veterinarios. (Hanson, 1976).

#### **3.4.2.2. CONGELACIÓN**

Con el fin de liofilizar una formulación con éxito, es necesario congelar la sustancia antes del inicio del proceso de secado. Muchos investigadores en sus estudios indican que el producto primero fue congelado a una temperatura dada. (Shackell, 1909).

La función principal del proceso de congelación es la de separar el disolvente de la solutos. En un sistema acuoso, el agua forma cristales de hielo, y los solutos serán confinados a la región intersticial entre los cristales de hielo. La temperatura necesaria para lograr la congelación completa de la formulación dependerá de la naturaleza de los disolventes y otros constituyentes que comprenden la formulación. La congelación se puede realizar en una unidad de congelación externo o en los estantes del liofilizador. El proceso de congelación es un paso importante en el proceso de liofilización. (Jennings, 2008).

Orrego, A. (2003), indica que cada producto debe congelarse de una manera tal que garantice que sufrirá pocas alteraciones en el proceso posterior de sublimación. Se debe conocer con precisión:

- 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. (C. Orrego, A. (2004).

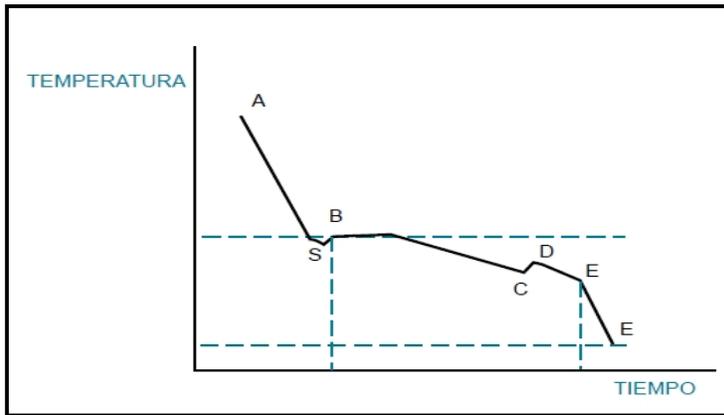
La congelación consiste en la aplicación de temperaturas a los alimentos por debajo de cero grados centígrados, de forma que parte del agua del alimento se convierte en hielo. Al mismo tiempo, como el agua se solidifica, se produce una desecación del alimento, lo que contribuirá de forma significativa a una mejor conservación. Lógicamente, este efecto será más importante cuanto más baja sea la temperatura. La temperatura de elección a nivel internacional es de  $-18^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{F}$ , ya que por debajo de ésta se estima que no es posible la proliferación de bacterias (significativamente), por lo que disminuye la posibilidad de alteración y se reducen los riesgos para la salud.

No toda el agua presente en el alimento puede separarse en forma de cristales como consecuencia de la congelación. En el alimento existe una fracción del agua no congelable a la que corresponde una actividad de agua muy baja (de hasta 0,3). Esta agua, la cual se encuentra fuertemente unida a las estructuras moleculares, es denominada agua ligada y representa entre el 5 y el 10% de la masa total de agua contenida en el alimento. (Umaña, 2004).

### 3.4.2.2.1. CURVA DE CONGELACIÓN

El proceso de congelación en los alimentos es más complejo que la congelación del agua pura. Los alimentos al contener otros solutos disueltos además de agua, presentan un comportamiento ante la congelación similar al de las soluciones. La evolución de la temperatura con el tiempo durante el proceso de congelación es denominada curva de congelación.

**Figura 17. Curva de congelación.**



**AS:** el alimento se enfría por debajo de su punto de congelación. El punto S, corresponde a una temperatura inferior al punto de congelación, el agua permanece en estado líquido. Este subenfriamiento puede ser de hasta 10 °C por debajo del punto de congelación

**SB:** la temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar el punto de congelación, pues al formarse los cristales de hielo se libera el calor latente de congelación a una velocidad superior a la que este se extrae

**BC:** el calor se elimina a la misma velocidad que en las fases anteriores, eliminándose el calor latente con la formación de hielo, permaneciendo la temperatura prácticamente constante. En esta fase se forma la mayor parte del hielo

**CD:** uno de los solutos alcanza la sobresaturación y cristaliza. La liberación del calor latente correspondiente provoca el aumento de la temperatura, hasta la temperatura del soluto.

**DE:** la cristalización del agua y los sólidos continúa.

**EF:** la temperatura de la mezcla de agua y hielo desciende.

(Amaña, E. 2004).

El almacenamiento en frío no es un bactericida. Las bajas temperaturas disminuyen la tasa de crecimiento bacteriano, pero no las matan por completo. Es por esta razón, que los alimentos que se almacenen en bajas temperaturas deben ser de buena calidad. (Potter, 1998).

### **3.4.2.3. SECADO PRIMARIO**

Una vez que la formulación ha alcanzado un estado completamente congelado, la presión en el liofilizador se reduce, y se aplica calor para iniciar la sublimación de los cristales de hielo. La finalización del proceso de secado primario se produce cuando todos los cristales de hielo que se han quitado de la formulación y el volumen ocupado por la torta resultante es equivalente a la de la matriz congelada. (Jennings, 2008)

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 que 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), generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que ya está seco. (Orrego, 2003).

Sublimación es la condensación directa de vapor a sólido. Un proceso de sublimación significa un procedimiento mediante el cual una sustancia sufre una transición de éstas o una combinación de ellas. El proceso de sublimación es mucho más eficiente a presiones mínimas debido a que el agua se extrae por un impulso originado por el gradiente depresión total (Alvarado, 1996; Perry ,1997).

### **3.4.2.4. SECADO SECUNDARIO**

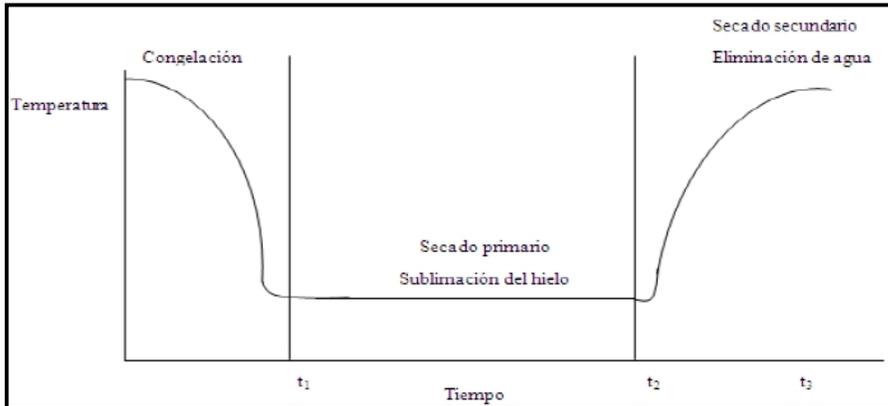
La humedad remanente en el producto después del proceso de secado primario se absorbe por el material o se adsorbe por la superficie del mismo (Jennings. 2008).

En la realización de secado primario, todavía habrá un poco de agua adsorbida sobre la superficie de la torta. Esta humedad puede constituir, en función de la temperatura y la naturaleza de los constituyentes que comprenden la torta, 5-10% de peso del producto seco.

En muchos casos, hay valores de humedad muy altos, y el producto puede no tener la estabilidad final deseada. Dicha estabilidad deseada, se obtiene reduciendo el contenido de humedad en el producto por desorción. El final de la desorción del resto de agua se logra eliminar generalmente mediante el aumento de la temperatura del producto y con la

reducción de la presión parcial de vapor de agua. La finalización del secado secundario, es en general el paso final en el proceso de liofilización. (Jennings, 2008).

**Figura 18. Etapas del proceso de liofilización.**



Fuente: (Barbosa y Vega, 2000).

### 3.4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO

Las principales ventajas de este método de secado están relacionadas con la alta calidad del producto final en comparación con otros métodos de secado. Estas ventajas se pueden resumir de la siguiente manera (Okos et al, 1992; Jayaraman y Das Gupta, 1992; Salunkhe et al, 1991)

- alta retención de sabor y aroma;
- una alta retención de valor nutricional;
- contracción mínima;
- un cambio mínimo en la forma, el color, y la apariencia;
- prácticamente no hay daños en la estructura y la textura;
- estructura final porosa, y
- fácilmente rehidratable. Como se ha señalado por Salunkhe et al. (1991),

La baja temperatura de este proceso conduce a una disminución de la cinética de todos los procesos de degradación (Pardeamiento no enzimático, deterioro de la proteína, y la reacción enzimática, etc.).

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

Las ventajas del procesamiento por liofilización para los productos hortícolas (Torrecilla, 1966) pueden resumirse en:

- Los productos son secos y esponjosos, mantienen las cualidades intrínsecas primitivas y rehidratados retoman la apariencia, forma y sabor originales.
- Pueden ser almacenados a temperatura ambiente en períodos de tiempos largos o indeterminados.
- Demuestran ausencia de fenómenos de oxidación y de desarrollo microbiano.
- Contienen un tenor de humedad más bajo que los contenidos por otros métodos de desecación sin riesgo de alterarse.
- Tienen mejor gusto que aquéllos que han sido simplemente desecados. Poseen mejor calidad en comparación con similares obtenidos por otras técnicas.
- No sufren alteraciones y conservan gran parte de sus compuestos coloidales, enzimas, aminoácidos, vitaminas, hormonas, etc.
- Son almacenables y transportables sin refrigerar, siendo sumamente livianos.
- Han experimentado menores pérdidas de sustancias volátiles.
- Mantienen el grado de conservación o de esterilidad iniciales.
- Conservan intactos sus propiedades por largo tiempo, en buenas condiciones de envasado y almacenaje.
- Conservan sólo una fracción de su peso original obteniéndose embalajes simples y económicos.

La aplicación industrial de la liofilización a una amplia gama de frutas ha sido limitado por su principal inconveniente: el elevado capital y costos de operación. Además, el producto final tiene que ser correctamente embalado en materiales especiales para evitar la oxidación y absorción de humedad (Jayaraman y Das Gupta, 1992), lo que también aumenta el costo del producto final.

### 3.5. EQUIPO DE LIOFILIZACIÓN

Entre los liofilizadores industriales, los más comunes son la bandeja y tipo de túnel. En general, son sólo del tipo por lotes. Esta técnica de secado ha sido aplicada con éxito en las frambuesas, fresas, melocotones, cerezas, y los higos (Shishegarha et al, 2002; Salunkhe et al, 1991; Somogyi y Luh, 1986), pero la aplicación comercial ha sido limitada a frutas exóticas y zumos de naranja (Jayaraman y DasGupta, 1992). Se ha demostrado que este proceso es viable debido a la mayor calidad de producción de frutas en polvo para el consumo al por menor (Holdsworth, 1986).

En general el equipo de liofilización está constituido de las siguientes partes:

- La Cámara de liofilización

La cámara de liofilización tiene dos funciones principales: (1) proporcionar un ambiente seguro para el producto durante todo el proceso de liofilización y (2) proporcionar la temperatura y presiones necesarias para llevar a cabo cada paso de la liofilización proceso.

- La cámara de secado por congelación

Es generalmente un recipiente de metal, construido a partir de acero inoxidable.

- La cámara de secado

Contiene estantes y una plataforma utilizable. Las bandejas que contiene el producto, ya sea a granel o en envases de vidrio, se cargan a los estantes.

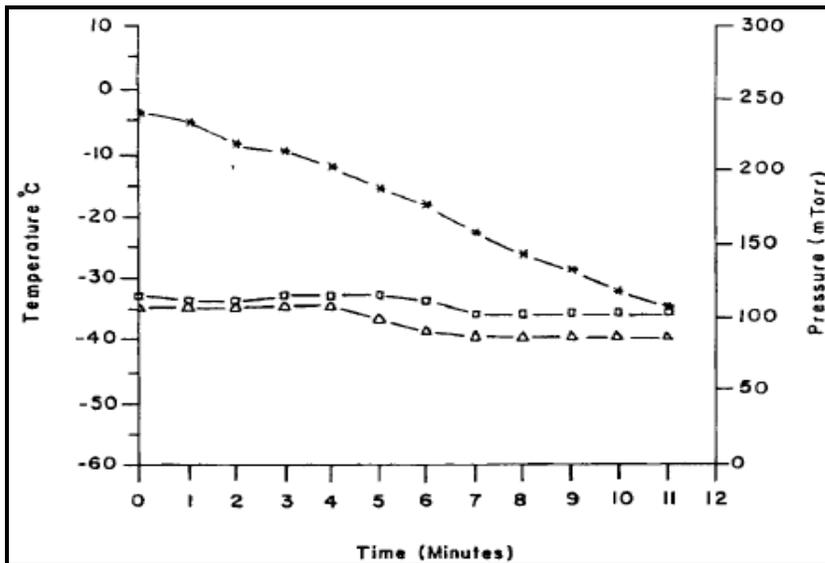
- La cámara de condensación

La función principal de la cámara de condensación es para alojar a las superficies del condensador para la eliminación de vapor de agua que pasa de la cámara de secado. Para ser eficaces, las temperaturas de operación deben tener un mínimo de 20 °C más baja que la temperatura del producto durante el proceso de secado primario. A diferencia de los estantes de la secadora que se enfrían mediante un fluido de transferencia de calor, las superficies de condensador son generalmente refrigerados por contacto directo de un refrigerante.

- El sistema de bombeo de vacío

El sistema de bombeo de vacío, en conjunto con el sistema condensador, proporciona las presiones necesarias para la realización de los procesos de secado primario y secundario. Bombas de vacío mecánicas típicas utilizadas en liofilizadores son lubricados con aceite. (Jennings, 2008).

**Gráfico 7. Relación de la temperatura y la presión sobre el tiempo del proceso.**



Fuente: Journal of Parenteral Science and Technology. 1988.

### 3.6. AREAS DE APLICACIÓN DE LA LIOFILIZACIÓN

Aunque las aplicaciones puede variar, pero los principios básicos que intervienen en el proceso de liofilización siguen siendo los misma.

- Industria de la salud

El uso más extenso del proceso de liofilización está involucrado en la industria de la salud. Esto incluye la liofilización de productos farmacéuticos tales como compuestos químicos, formulaciones parenterales, vacunas, y también diagnóstico de productos in vivo

e in vitro. Se incluyen en esta categoría son los productos obtenidos en procesos de biotecnología.

- Veterinaria

Tal vez el segundo uso más común de la liofilización lo encontramos en los productos veterinarios. Estos productos van desde las vacunas individuales para animales domésticos, hasta aquellas vacunas para animales a gran escala. Aquí, el liofilizado sirve para mejorar la calidad del producto.

- Industria alimenticia

El producto alimenticio liofilizado más ampliamente conocido es el café. Otros productos alimenticios liofilizados se pueden utilizar como aditivos. Las bayas de cereales para el desayuno eliminan la necesidad de refrigeración. El helado que se puede comer sin reconstitución.

La liofilización de alimentos también es aplicable para productos en los que el peso puede ser un factor importante. Estas comidas liofilizadas, como carne liofilizada, requiere la reconstitución mediante la adición de agua y la mejora de sabor por calentamiento del producto.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN**

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Bioquímica y en la cátedra de Fruticultura, pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

#### **B. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los tratamientos estuvieron constituidos por los distintos estados de maduración, utilizándose en este caso 3 tratamientos replicados en 3 ensayos. Obteniendo de esta forma 3 muestras por cada ensayo.

#### **C. ORIGEN, VARIEDAD Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Fueron utilizadas bananas (*musa x paradisiaca*), de origen ecuatoriano, obtenidas en el Mercado Central de la ciudad de Buenos Aires, Argentina.

La selección de bananas se realizó en base al estado de madurez, procurando obtener bananas en estado verde para realizar el seguimiento de maduración y la liofilización en sus distintas etapas. Se adquirieron bananas en estado comercial, y se identificaron a partir de este 3 estados de maduración, así: M1 (estado verdoso, 0 días de almacenamiento), M2 (estado amarillento 1, 5 días de almacenamiento), M3 (estado amarillento 2, 10 días de almacenamiento). Fue importante escoger bananas sin defectos físicos como golpes o con deterioro microbiológico

**Figura 19. Bananas para ensayos.**



## D. EQUIPOS Y MATERIALES

### Equipos

- Liofilizador TERMOVAC
- Congelador Ultra freezer NEW BRUNSWICK SCIENTIFIC, mod. U570-86
- Cámara de enfriamiento ALASKA, mod. CR-20P-E1P
- Homogenizador omni mixer
- Colorímetro Konica Minolta CR 400
- Refractómetro Atago Pal-1

### Materiales

- Vaso de precipitación
- Pipetas
- Balanza
- Cuchillo cerámico
- Recipientes plásticos

## E. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En este estudio se utilizó un diseño completamente aleatorizado, para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia ( $P < 0.05$ ), para las características físicas y también para el análisis sensorial.

### **Análisis de varianzas**

El análisis de varianza se aplicó a un diseño completamente al azar cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Efecto de la j-esima observación del i-esimo tratamiento. Variable de respuesta u observación dependiente.

$\mu$  = Media poblacional, efecto medio verdadero

$t_i$  = efecto de la i-esima tratamiento

$e_{ij}$  = efecto de la e-sima unidad experimental sujeta al i-esimo tratamiento.

### **Análisis de significancias:**

Se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 0.05%

## **F. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

### **Análisis físicos**

- Peso

Se tomaron tres mediciones a las bananas frescas para determinar la variación de peso durante 10 días de almacenamiento, y también, se midieron los pesos de las rodajas de banana previo y posterior al tratamiento de liofilizado, para determinar la pérdida de humedad del producto final y la eficiencia del equipo.

**Figura 20. Medición del peso de las bananas.**



- Diámetro

Fueron realizadas tres mediciones en el producto fresco para determinar la variación en su diámetro en almacenamiento por 10 días a 15 °C.

- Color

Se tomó el color de la cáscara del fruto durante 10 días en almacenamiento para determinar su variación y determinar su estado de madurez, así como el color directamente a la pulpa fresca y liofilizada, utilizando un colorímetro (Konica Minolta CR 400), figura 21.

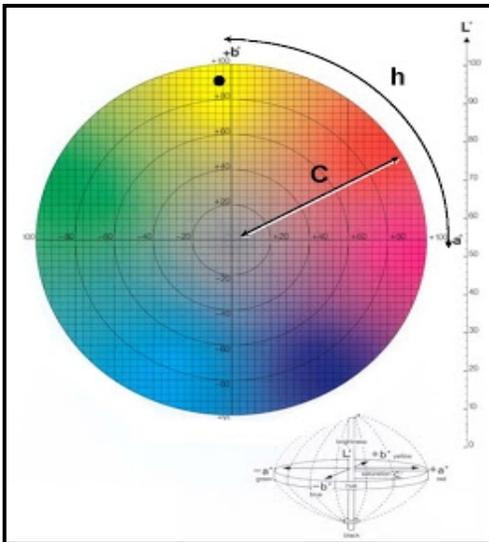
**Figura 21. Colorímetro.**



$L^*C^*h$  utiliza las tres características básicas del color (luminosidad, saturación y tono) para definir y posicionar los colores. El valor de  $L$  representa la luminosidad, al igual que en el espacio  $Lab$ , y comparten el mismo parámetro. El valor de  $C$  (Chroma) indica la saturación del color, cuanto mayor sea su valor más saturado será el color, cuanto menor sea su valor más se aproximará al eje de los grises, perdiendo el color su saturación.

El valor  $h$  (Hue) indica el tono y se expresa en grados, de esta manera podemos conocer fácilmente la posición del color. La posición de origen, está situada en la misma posición que el eje  $a^+$  y va girando en sentido antihorario.

**Figura 22. Interpretación del color.**



## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- **Sólidos solubles**

Se tomaron 30 g. de banana y si hicieron varias diluciones con distintos niveles de agua destilada (30 ml, 20 ml, 10ml), homogenizando durante 2 minutos en el omni mixer fig. 23. Fueron colocadas 2 gotas de la solución en el refractómetro y así se determinó la variación del valor entre cada dilución, para así obtener la cantidad de sólidos solubles del producto. Los resultados se expresaron en °Brix.

**Figura 23. Refractómetro y Omni mixer2.**



- **Composición centesimal**

Potasio: tratamiento previo según método AOAC 968.08 y posterior cuantificación por EMISIÓN DE LLAMA en espectrofotómetro Perkin Elmer AA400

Calcio: Tratamiento previo según método AOAC 968.08 y posterior cuantificación por ABRSORCIÓN ATÓMICA en espectrofotómetro Perkin Elmer AA400

Vitamina C: Determinado por HPLC. Extracción con ácido metafosfórico 0.85%  
cuantificación: HPLC, columna: C18-fase reversa de 30 cm de longitud. Fase móvil:  
metanol: Acetato de sodio 80mM pH = 4,6. Proporción: 15:85. Detección: UV:VIS Flujo:  
0,9 ml/MIN. Inyección: 50 µl.

### **Análisis Sensorial**

Se realizaron dos tipos de ensayos:

- Ensayo simple (Cuestionario de Pecanes), para determinar el grado de aceptación. Con escala que van desde la opción “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo”. Las muestras fueron presentadas a 17 panelistas (14 mujeres y 3 hombres), con edades comprendidas entre 30 – 45 años, en recipientes respectivamente codificados.
- Ensayo descriptivo, en la cual se evalúan productos alimentarios con métodos de identificación de intensidad de atributos (color, aspecto, aroma, sabor) con utilización de escalas. Las muestras fueron presentadas a 17 panelistas (14 mujeres y 3 hombres), con edades comprendidas entre 30 – 45 años, en recipientes respectivamente codificados.

Los ensayos fueron realizados siguiendo las directivas generales de la Norma: IRAM 20002 (ISO 6658:2005).

**Figura 24. Panel de evaluación sensorial.**

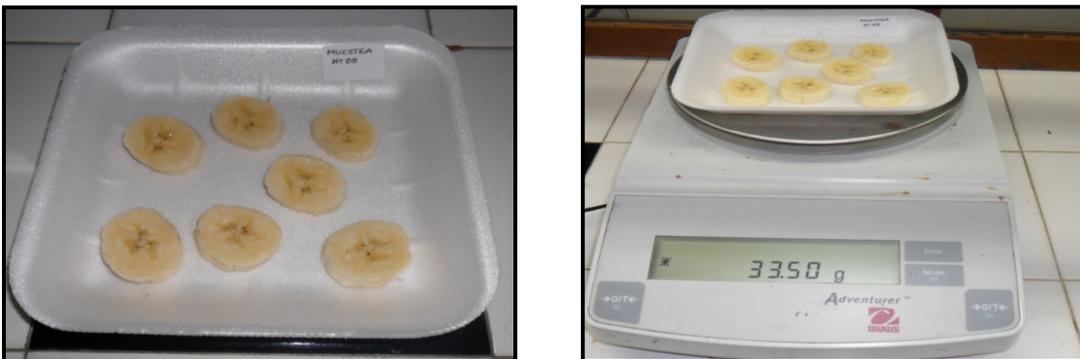


## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Cortado en rodajas

Se eligieron 5 frutos al azar del lote en su respectivo estado de madurez, los cuales fueron cortados en rodajas de aproximadamente 4 mm. El peso de las rodajas fue tomado previo y posterior al proceso de liofilizado, para así conocer la cantidad de humedad perdida en el proceso.

**Figura 25. Rodajas frescas de banana (4mm. aproximadamente).**



- Congelado

Se evaluaron dos temperaturas de congelación previas al liofilizado. La primera de  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un congelador común (casero) y la segunda a una temperatura de  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  en ultra freezer, con el fin de obtener una mayor eficiencia del liofilizador y evitar la oxidación de la banana que da mal aspecto al producto final. De esta forma se redujo el tiempo de trabajo del equipo para extraer el contenido de agua de la fruta.

La temperatura de  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  (durante 1 hora), nos permitió mejores resultados y es la temperatura con la que se trabajó en el experimento ya que produce una congelación rápida, sin la formación de grandes cristales de hielo en la estructura del producto y sin ennegrecimiento de las rodajas por oxidación, que si se observaron con la temperatura de  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Figura 26. Ultra freezer.**



- Liofilización

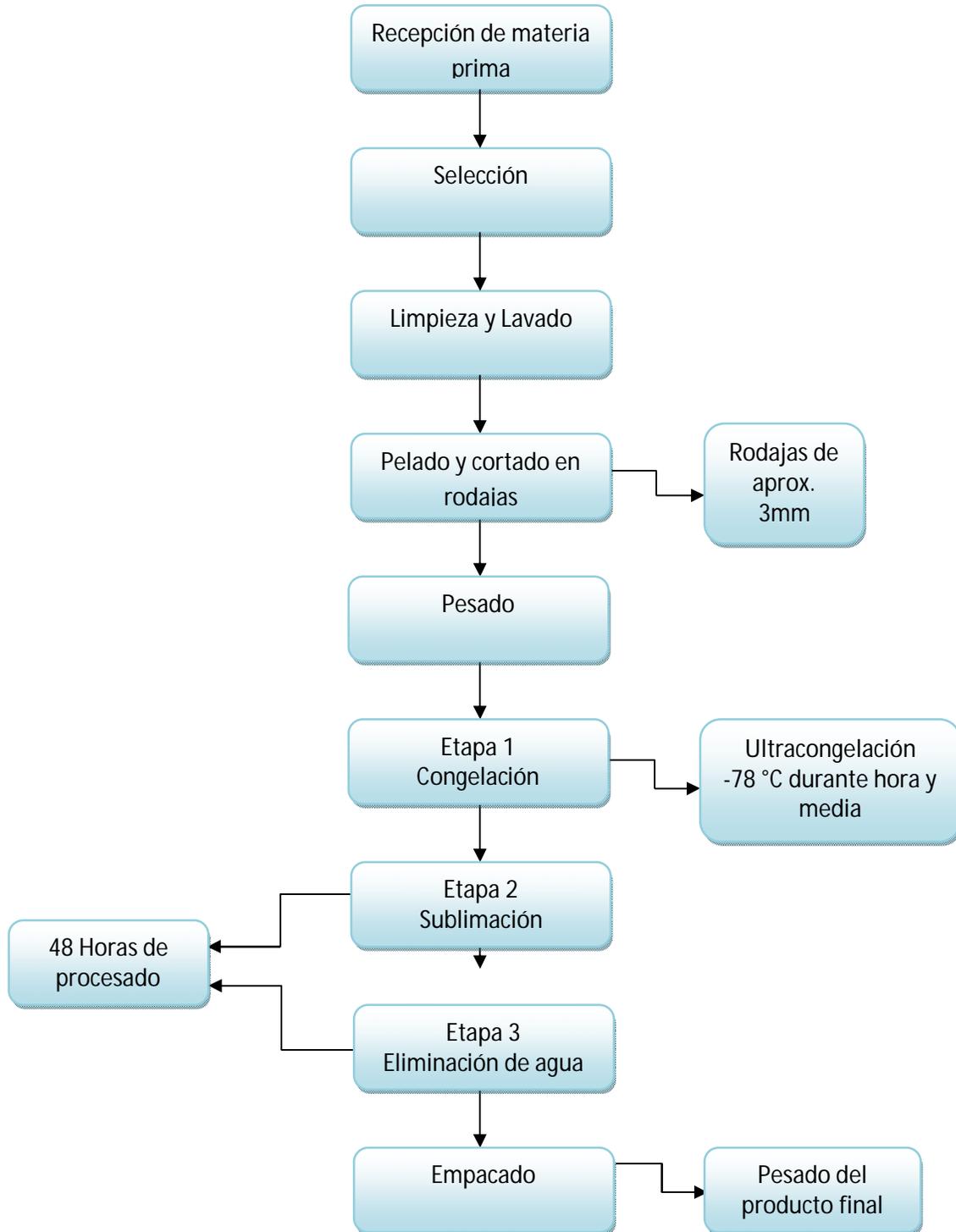
Las rodajas congeladas fueron sometidas al método de liofilización. Se utilizó un equipo Thermovac (figura 13). Los parámetros utilizados fueron de  $-40^{\circ}\text{C}$  y un nivel de vacío de 130 micrones de hg. El proceso tuvo una duración de 48 horas.

**Figura 27. Liofilizador.**



## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

Mediante los experimentos realizados, se estableció el siguiente diagrama de flujo del proceso de liofilización de banana:



**Figura 28. Diagrama de flujo del proceso de liofilización de banana.**

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### A. Medición a las bananas en almacenamiento

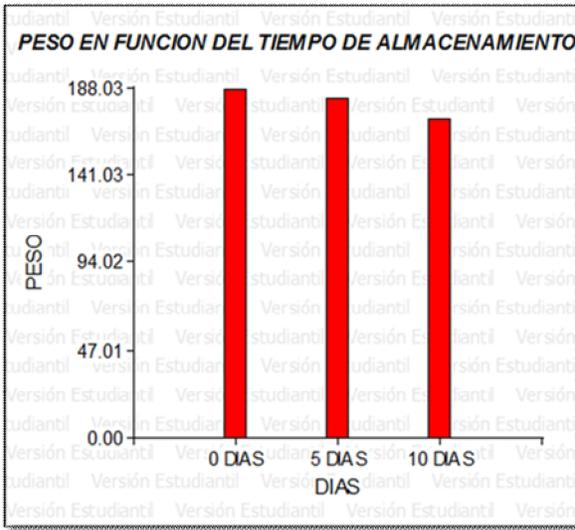
##### 1. Peso

**Tabla 13. Pesos en distintos días de almacenamiento.**

# muestra	peso 1 (g)	peso 2 (g)	peso 3 (g)
1	164,7	158,82	151,06
2	181	175,83	166,27
3	192,1	185,88	174,15
4	168,4	162,54	154,07
5	178,8	171,76	162,52
6	205,8	199,18	190,25
7	165,4	161,81	152,64
8	178,6	173,37	163,06
9	176,6	170,22	158,29
10	208,3	201,55	192,11
11	220,1	218,51	202,99
12	206,9	202,26	188,98
13	213,1	217,66	192,19
14	200,5	195,68	185,24
15	148,1	142,42	133,16

Se realizó la medición del peso de banana fresca en distintos días de almacenamiento a 15 °C que es la temperatura óptima para la maduración y consumo (Kader, 2013), para observar si existe merma durante el transcurso del tiempo.

Fueron evaluadas 15 muestras al día 0, al día 5 y al día 10, el promedio del peso al día 0 fue 187,23 g, con una desviación estándar de +/-21.20 g; el peso promedio al día 5 fue 182.50 g, con una desviación estándar de +/-22.58; y al día 10 de almacenamiento el peso promedio fue 171.13 g, con una desviación estándar de +/- 19.99.

**Gráfico 8. Peso en función del tiempo de almacenamiento.**

El análisis estadístico realizado para el grupo de muestras fue la prueba apareada, a un nivel de significancia de 0.05, hallándose:

En la comparación del peso 1 con el peso 2, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula, es decir existen diferencias estadísticamente entre los pesos al día 0 y los pesos al día 5.

En la comparación del peso 1 con el peso 3, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula, es decir que existen diferencias estadísticamente entre los pesos al día 0 y los pesos al día 10.

En la comparación del peso 2 con el peso 3, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula, es decir existen diferencias estadísticamente entre los pesos al día 5 y los pesos al día 10.

Podemos observar que a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, el peso de las muestras disminuye ya que la pérdida de peso está estrechamente relacionada con la pérdida de agua (Landrigan, et al., 1996b; Kaewchana et al., 2006), lo cual ocurre principalmente a través de los estomas.

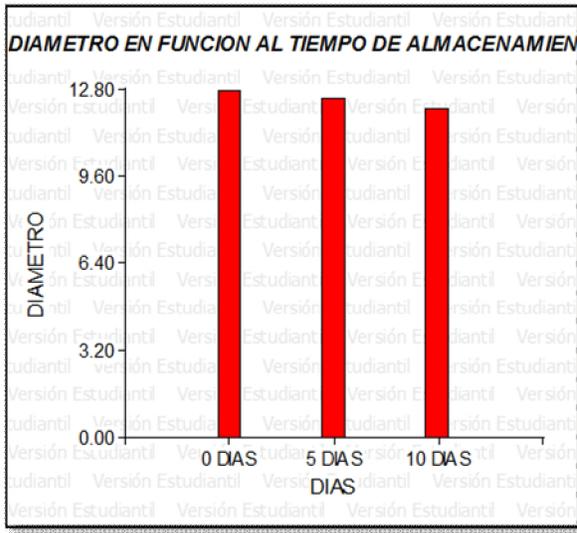
## 2. Diámetro

**Tabla 14. Datos del diámetro de las bananas en almacenamiento.**

# muestra	diámetro 1	diámetro 2	diámetro 3
1	13	12,8	12,3
2	11,9	11,6	11,1
3	12,9	12,5	12,3
4	12,7	12,4	12,1
5	12,7	12,5	12,0
6	13	12,8	12,5
7	12,9	12,5	12,1
8	13	12,8	12,2
9	12,9	12,6	12,2
10	13	12,8	12,3
11	13,2	13,1	12,9
12	13,4	13,2	12,8
13	12,5	12,1	11,6
14	12,7	12,5	12,1
15	11,7	11,4	11,1

Se realizó la medición del diámetro de banana fresca en distintos días de almacenamiento a 15 °C, para observar si existe merma durante el transcurso del tiempo.

Fueron evaluadas 15 muestras al día 0, al día 5 y al día 10, el promedio del diámetro al día 0 fue 12.77 g, con una desviación estándar de +/- 0.45 g; el diámetro promedio al día 5 fue 12.51 g, con una desviación estándar de +/-0.49; y al día 10 de almacenamiento el promedio del diámetro fue 12.11 g, con una desviación estándar de +/- 0.51.4r

**Gráfico 9. Diámetro en función del tiempo de almacenamiento.**

El análisis estadístico realizado para el grupo de muestras fue la prueba apareada, a un nivel de significancia de 0.05, hallándose:

En la comparación del diámetro 1 con el diámetro 2, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula es, decir existen diferencias estadísticamente entre los diámetros al día 0 y los diámetros al día 5.

En la comparación del diámetro 1 con el diámetro 3, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula es, decir existen diferencias estadísticamente entre los diámetros al día 0 y los diámetros al día 10.

En la comparación del diámetro 2 con el diámetro 3, el p valor es  $< 0.0001$  lo que sugiere el rechazo de la hipótesis nula es, decir existen diferencias estadísticamente entre los diámetros al día 5 y los diámetros al día 10.

Podemos observar que a medida que pasa el tiempo, el diámetro de las muestras disminuye, ya que durante la senescencia ocurren cambios como deshidratación del pericarpio, pérdida de color (oscurecimiento), incremento en la acidez titulable y sólidos solubles totales (Paul y Chen, 1987; Kader, 2001).

## B. Análisis entre las bananas en estados frescos y liofilizados

### 1. Pesos de las muestras frescas y liofilizadas

**Tabla 15. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (estado de maduración 1).**

<b>Banana en estado de maduración 1</b>		
	<b>Estado Fresco</b>	<b>Estado Liofilizado</b>
<b>R1</b>	89.15 g	<b>23.82 g</b>
<b>R2</b>	77.40 g	<b>21.86 g</b>
<b>R3</b>	84.60 g	<b>24.38 g</b>
<b>Promedio</b>	<b>83.72 g</b>	<b>23.35 g</b>

$\Delta$  de Promedios = 60.37 g.

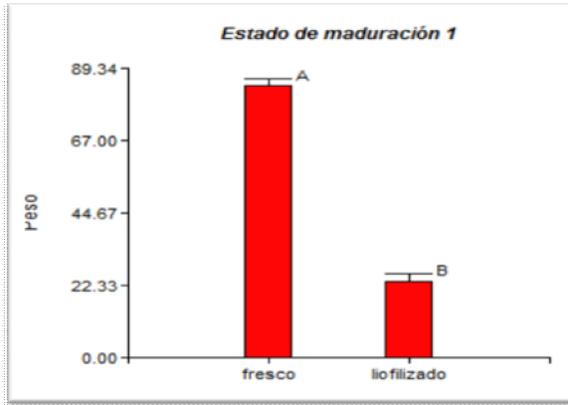
Porcentaje de reducción de peso: 72.11%

La tabla 15, señala los pesos de las muestras antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 1, dando como resultado un promedio de peso en el estado fresco de 83.72 g. y en estado liofilizado de 23.35 g., esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 72.11%, que corresponde a la pérdida de agua durante el procesamiento.

La base de datos SARA (Sistema de Registro y análisis de Alimentos), nos indica que el porcentaje de humedad de la banana fresca de 74.8%.

Existe un 2.70% de humedad restante en el producto liofilizado que no se eliminó, este porcentaje es similar al porcentaje de humedad (2,50%) que señala (Viteri, Cornejo, 2010), obtuvo de humedad al final de estudio de liofilización.

**Gráfico 10. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 1.**



pvalor: 0.0001

El gráfico 10 indica que hay diferencia significativa entre el peso de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.0001.

**Tabla 16. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (estado de maduración 2).**

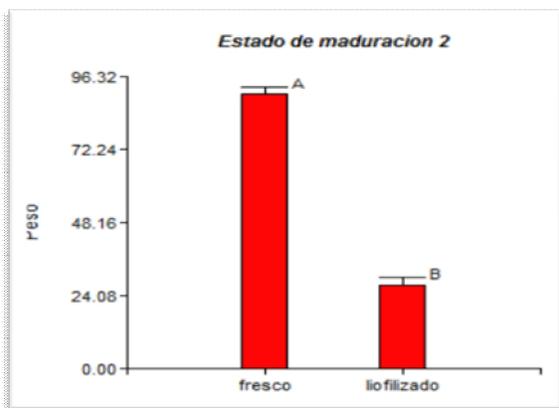
Banana en estado de maduración 2		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	94.10 g	<b>26.63 g</b>
<b>R2</b>	87.13 g	<b>33.33 g</b>
<b>R3</b>	90.09 g	<b>22.77 g</b>
<b>Promedio</b>	<b>90.44 g</b>	<b>27.58 g</b>

$\Delta$  de Promedios = 60.86 g.

Porcentaje de Reducción: 67.29%

La tabla 16, señala los pesos de las muestras antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 2, dando como resultado un promedio de peso en el estado fresco de 90.44 g. y en estado liofilizado de 27.58 g., esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 67.29%, que corresponde a la pérdida de agua durante el procesamiento.

**Gráfico 11. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 2.**



pvalor: 0.0001

El gráfico 11 indica que hay diferencia significativa entre el peso de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.0001.

**Tabla 17. Pesos de las bananas frescas y liofilizadas (estado de maduración 3).**

Banana en estado de maduración 3		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	95.60 g	<b>25.04 g</b>
<b>R2</b>	85.43 g	<b>21.07 g</b>
<b>R3</b>	79.43 g	<b>20.52 g</b>
<b>Promedio</b>	<b>86.82 g</b>	<b>22.21</b>

$\Delta$  de Promedios = 64.61

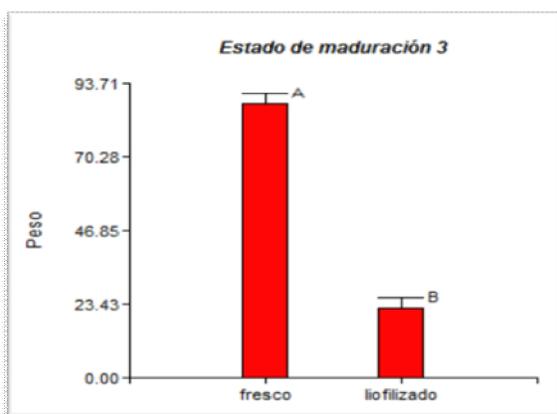
Porcentaje de Reducción: 74.42%

La tabla 17, señala los pesos de las muestras antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 3, dando como resultado un promedio de peso en el estado fresco de 86.82 g. y en estado liofilizado de 22.21 g., esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 74.42%, que corresponde a la pérdida de agua durante el procesamiento.

Este porcentaje de reducción de humedad es mayor a los anteriores estados de maduración, ya que, durante la maduración el contenido de agua de la pulpa aumenta debido a la cáscara

pierde agua liberándola tanto a la atmósfera como a la pulpa (Dadive, Orchard, 1997), y la disponibilidad de agua para el proceso de liofilización es mayor.

**Gráfico 12. Análisis de varianza del peso del producto fresco y liofilizado estado de maduración 3.**



pvalor: 0.0001

El gráfico 12 indica que hay diferencia significativa entre el peso de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.0001.

## 2. Sólidos Solubles de las muestras frescas y liofilizadas

**Tabla 18. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 1**

Banana en estado de maduración 1		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	13.3 °Brix	<b>13.0 °Brix</b>
<b>R2</b>	12.9 °Brix	<b>12.3 °Brix</b>
<b>R3</b>	11.1 °Brix	<b>10.7 °Brix</b>
<b>Promedio</b>	<b>12.4 °Brix</b>	<b>12.0 °Brix</b>

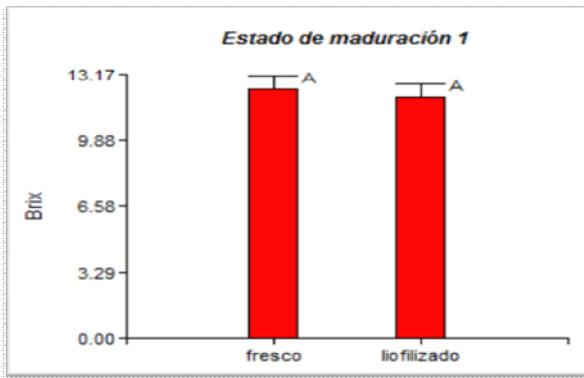
$\Delta$  de Promedios = 0.4 °Brix

Porcentaje de Reducción: 3.2 %

La tabla 18, indica el contenido de sólidos solubles expresados en °Brix de la muestra antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 1, dando

como resultado un promedio del contenido de sólidos solubles en el estado fresco de 12.4 °Brix y en estado liofilizado de 12.0 °Brix, esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 3.2%, que se relaciona con la pérdida de humedad durante el procesamiento. (Mascheroni, 2002) indican que, transcurrido un tiempo de deshidratación se tiene una pérdida de peso, la que se corresponde con una mayor pérdida de agua y por lo tanto una concentración de sólidos solubles en la solución menor.

**Gráfico 13. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 1.**



pvalor: 0.6750

El gráfico 13 indica que no hay diferencia significativa entre los sólidos solubles de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.6750.

**Tabla 19. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 2**

Banana en estado de maduración 2		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	16.6 °Brix	<b>16.3 °Brix</b>
<b>R2</b>	17.2 °Brix	<b>16.9 °Brix</b>
<b>R3</b>	15.1 °Brix	<b>15.2 °Brix</b>
<b>Promedio</b>	<b>16.33°Brix</b>	<b>16.13 °Brix</b>

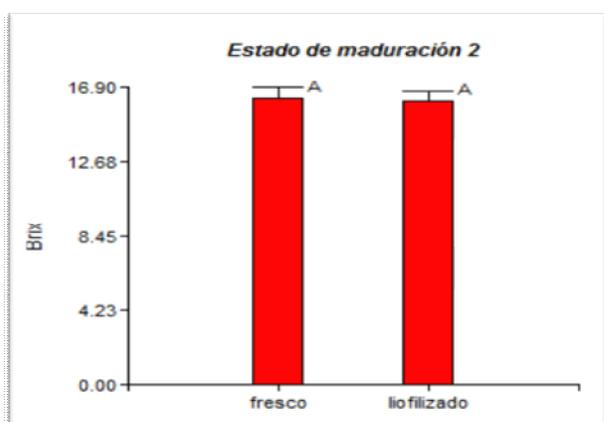
Δ de Promedios = 0.2 °Brix

Porcentaje de Reducción: 1.22 %

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

La tabla 19, indica el contenido de sólidos solubles expresados en °Brix de la muestra antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 2, dando como resultado un promedio del contenido de sólidos solubles en el estado fresco de 16.33°Brix y en estado liofilizado de 16.13 °Brix, esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 1.22%, que se relaciona con la pérdida de humedad durante el procesamiento.

**Gráfico 14. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 2.**



pvalor: 0.8849

El gráfico 14 indica que no hay diferencia significativa entre los sólidos solubles de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.6750.

**Tabla 20. Sólidos solubles de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 3**

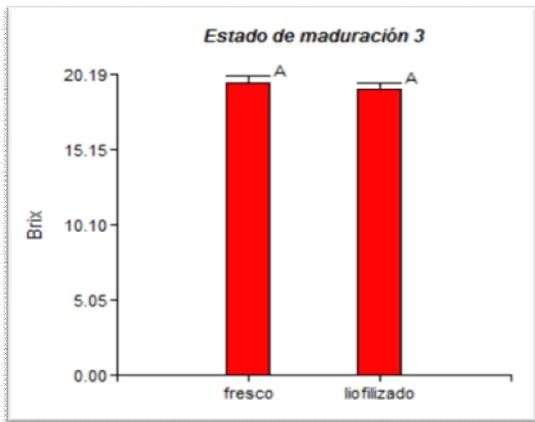
Banana en estado de maduración 3		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	20.5 °Brix	<b>20.0 °Brix</b>
<b>R2</b>	18.9 °Brix	<b>18.3 °Brix</b>
<b>R3</b>	19.6 °Brix	<b>19.1 °Brix</b>
<b>Promedio</b>	<b>19.66 °Brix</b>	<b>19.13 °Brix</b>

$\Delta$  de Promedios = 0.33 °Brix

Porcentaje de Reducción: 2.7 %

La tabla 20, indica el contenido de sólidos solubles expresados en °Brix de la muestra antes y después del proceso de liofilización, en bananas en estado de maduración 3, dando como resultado un promedio del contenido de sólidos solubles en el estado fresco de 19.66°Brix y en estado liofilizado de 19.13 °Brix, esto nos indica que hubo un porcentaje de reducción de 2.7%, que podría estar relacionado con la pérdida de humedad durante el procesamiento.

**Gráfico 15. Análisis de varianza de los sólidos solubles del producto fresco y liofilizado estado de maduración 3.**



pvalor: 0.4736

El gráfico 15 indica que no hay diferencia significativa entre los sólidos solubles de la banana fresca y la banana liofilizada, hallándose un pvalor de 0.6750.

## 3. Color

Tabla 21. Color de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 1.

<b>Banana en estado de maduración 1</b>		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	L* 76.15	<b>L* 91.05</b>
	C* 29.95	<b>C* 11.17</b>
	h 89.78	<b>H 87.23</b>
<b>R2</b>	L* 77.19	<b>L* 91.68</b>
	C* 31.79	<b>C* 10.92</b>
	H 90.33	<b>H 88.44</b>
<b>R3</b>	L*72.20	<b>L* 89.95</b>
	C* 48.21	<b>C* 10.97</b>
	H 102.41	<b>H 83.16</b>
<b>Promedio</b>	L* 75.18	<b>L* 90.89</b>
	C* 36.65	<b>C* 11.02</b>
	<b>H 94.17</b>	<b>H 86.28</b>

Δ de Promedios:

<b>L* 15.71</b>
<b>C* -25.63</b>
<b>H -7.89</b>

En el cuadro anterior podemos observar las mediciones con respecto al color en las muestras de bananas en estado de maduración 1, siendo la diferencia de promedios para Luminosidad (L\*) 15.17, lo que indica que la luminosidad tiende a claro; para croma (C\*) -25.63, indica que en saturación del color es menos brillante, y el Matiz (H) -7.89, que indica que en su matiz la banana liofilizada tiende a roja.

**Tabla 22. Color de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 2.**

<b>Banana en estado de maduración 2</b>		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	L* 78.10	<b>L* 87.34</b>
	C* 33.12	<b>C* 18.62</b>
	H 89.91	<b>H 91.17</b>
<b>R2</b>	L*79.53	<b>L* 84.57</b>
	C* 36.14	<b>C* 24.36</b>
	H 88.25	<b>H 89.71</b>
<b>R3</b>	L* 77.63	<b>L* 85.00</b>
	C* 32.87	<b>C* 19.65</b>
	H 90.17	<b>H 89.32</b>
<b>Promedio</b>	L* 78.42	<b>L* 85.64</b>
	C* 34.04	<b>C* 20.87</b>
	<b>H 89.44</b>	<b>H 90.07</b>

Δ de Promedios:

<b>L* 7.22</b>
<b>C* -13.17</b>
<b>H -0.63</b>

En el cuadro anterior podemos observar las mediciones con respecto al color en las muestras de bananas en estado de maduración 2, siendo la diferencia de promedios para Luminosidad (L\*) 7.22, lo que indica que la luminosidad tiende a claro; para croma (C\*) -13.17, indica que en saturación del color es menos brillante, y el Matiz (H) -0.63 que indica que en su matiz la banana liofilizada tiende a roja.

Tabla 23. Color de las bananas frescas y liofilizadas estado de maduración 3.

Banana en estado de maduración 3		
	Estado Fresco	Estado Liofilizado
<b>R1</b>	L* 78.83	<b>L* 87.17</b>
	C* 34.12	<b>C* 22.41</b>
	H 90.33	<b>H 90.84</b>
<b>R2</b>	L*78.10	<b>L* 86.92</b>
	C*33.12	<b>C* 22.00</b>
	H 89.91	<b>H 90.98</b>
<b>R3</b>	L* 76.45	<b>L* 83.67</b>
	C*32.36	<b>C* 21.53</b>
	H 90.20	<b>H 88.17</b>
<b>Promedio</b>	L* 77.79	<b>L* 85.92</b>
	C* 33.2	<b>C* 21.98</b>
	<b>H 90.15</b>	<b>H 90.00</b>

Δ de Promedios:

<b>L* 8.13</b>
<b>C* -11.22</b>
<b>H -0.15</b>

En el cuadro anterior podemos observar las mediciones con respecto al color en las muestras de bananas en estado de maduración 3, siendo la diferencia de promedios para Luminosidad (L\*) 8.13, lo que indica que la luminosidad tiende a claro; para croma (C\*) -11.22, indica que en saturación del color es menos brillante, y el Matiz (H) que indica que en su matiz la banana liofilizada tiende a roja.

Los resultados demostraron que todos los tratamientos resultaron ser claros, la posible razón de que no existiese variación se debió a que la pulpa liofilizada conserva mejor las características de color de la fruta. (Potter y Hotchkiss, 1999).

Según Barbosa y Vega (2000), los productos liofilizados no presentan problema con el pardeamiento no enzimático, debido a la reducción de humedad que se produce en el proceso la cual es casi instantánea

#### 4. Composición centesimal

**Tabla 24. Composición centesimal de la banana fresca.**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado obtenido expresado cada 100 g de muestra</b>
<b>Potasio</b>	1251 ± 0,1 mg
<b>Calcio</b>	10.5 ± 1,8 mg
<b>Vitamina C</b>	30.5 ± 0,1 mg

**Tabla 25. Composición centesimal de la banana liofilizada.**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado obtenido expresado cada 100 g de muestra</b>
<b>Potasio</b>	1144 ± 0,1 mg
<b>Calcio</b>	11,9 ± 1,8 mg
<b>Vitamina C</b>	36 ± 0,1 mg

Las tablas 24 y 25 nos muestran la composición centesimal de los nutrientes más importantes de la banana, observando que el proceso de liofilización no modifica la composición del fruto original, este proceso no altera la estructura físico-química del material (J. de D. Alvarado, 1996).

### C. Análisis estadístico (diseño completo aleatorio) entre los 3 tratamientos

#### 1. Análisis Físicos

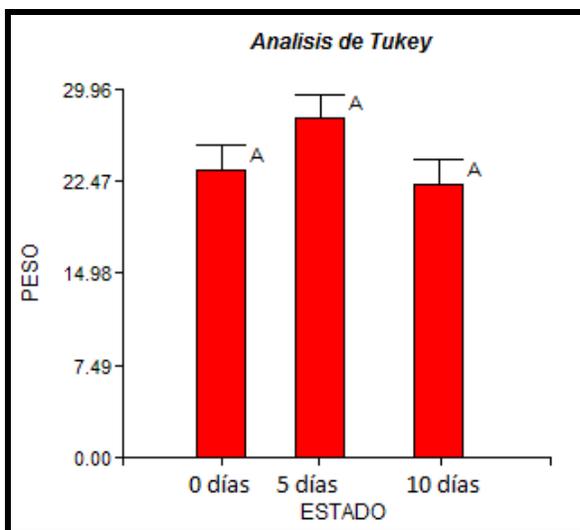
- **Peso**

**Tabla 26. Esquema del experimento variable peso.**

	T1	T2	T3	
1	23.82	26.63	25.04	
2	21.86	33.33	21.07	
3	24.38	22.77	20.52	
<b>Promedio</b>	<b>23.35</b>	<b>27.58</b>	<b>22.21</b>	$\Sigma$ 73.14

El análisis de varianza dio como resultado un pvalor de 0.219. No se rechaza la hipótesis nula, es decir no existe diferencia significativa entre el peso de las bananas según su estadio de maduración. El 40 % de la variabilidad del peso observado se debe a que el proceso de liofilización se realizó a bananas en diferente estado de maduración, el efecto del estado de maduración al momento de la liofilización fue responsable del 40% de variabilidad.

**Gráfico 16. Análisis de Tukey (Peso).**



El análisis de Tukey nos indica que no hay diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos.

- **Humedad**

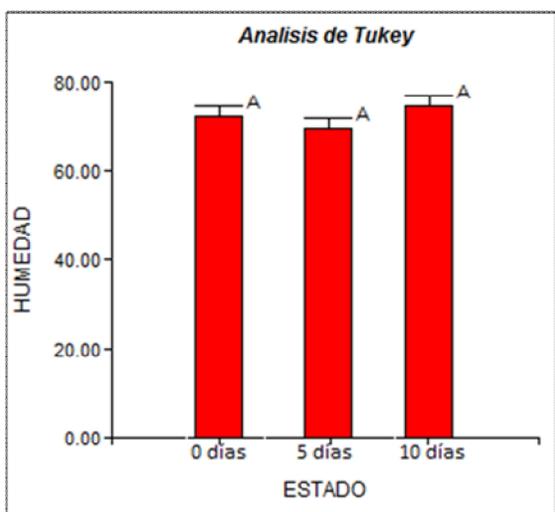
**Tabla 27. Esquema del experimento variable humedad.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	
<b>1</b>	73.28	71.7	73.8	
<b>2</b>	71.76	61.74	75.34	
<b>3</b>	71.18	74.73	74.17	
<b>Promedio</b>	<b>72.07</b>	<b>69.39</b>	<b>74.44</b>	$\Sigma$ <b>215.9</b>

Después de realizar el análisis de varianza se observa un p valor de 0.3657, por lo tanto No rechazo la hipótesis nula, es decir no existe diferencia significativa entre la humedad de las bananas respecto a su estadio de maduración.

El 28 % de la variabilidad de la humedad observada se debe a que el proceso de liofilización se realizo a bananas en diferente estado de maduración, el efecto del estado de maduración al momento de la liofilización fue responsable del 28% de variabilidad en la Humedad.

**Gráfico 17. Análisis de Tukey (humedad).**



El análisis de Tukey nos indica que no hay diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos.

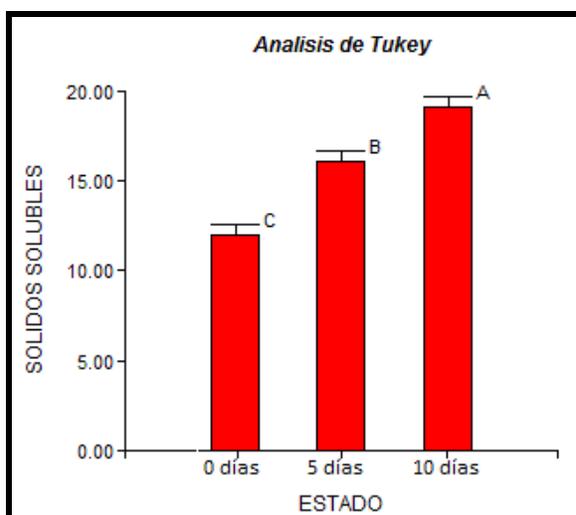
- **Sólidos solubles:**

**Tabla 28. Esquema del experimento variable sólidos solubles.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	
<b>1</b>	13.0	16.3	20	
<b>2</b>	12.3	16.9	18.3	
<b>3</b>	10.7	15.2	19.1	
<b>Promedio</b>	<b>12.0</b>	<b>16.13</b>	<b>19.13</b>	$\Sigma$ <b>47.26</b>

El análisis de varianza da como resultado un p valor de 0.0003 siendo este menor al grado de significancia de 0.05 lo que significa que rechazo la hipótesis nula, es decir SI existe diferencia significativa entre el grado de Sólidos Solubles de las bananas respecto a su estadio de maduración.

El 98 % de la variabilidad del grado de sólidos solubles observados se debe a que el proceso de liofilización se realizo a bananas en diferente estado de maduración, el efecto del estado de maduración al momento de la liofilización fue responsable del 98% de variabilidad en el grado de Sólidos Solubles.

**Gráfico 18. Análisis de Tukey (sólidos solubles).**

El análisis de Tukey nos indica que SI hay diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos. El estadio maduro es distinto del semimaduro así como también del estadio verde.

## 2. Análisis Sensorial Descriptivo

- **Color**

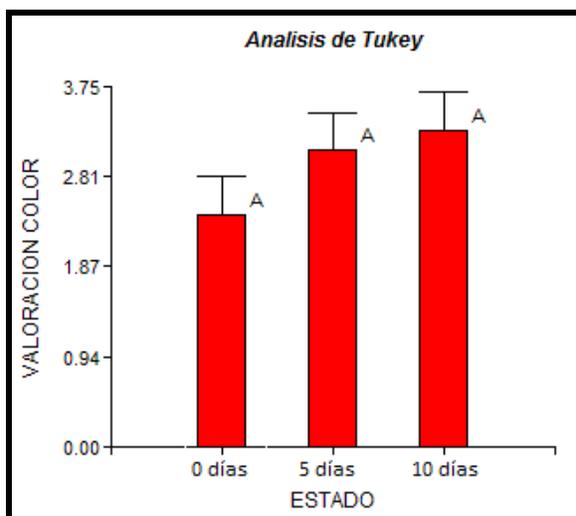
Se realizaron 17 encuestas acerca de la valoración del color dando una escala del 1 al 10 (1 blanco, 10 amarillo); siendo los promedios de los 3 tratamientos los siguientes

**Tabla 29. Promedio valoración análisis sensorial de color.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedios</b>	<b>2.41</b>	<b>3.09</b>	<b>3.29</b>

Podemos observar que la valoración del color ordena en la escala del 1 al 10, colocando de color blanco al amarillo, en primer lugar al tratamiento con la banana liofilizada en estado de maduración verde, con un puntaje promedio de 2.41, en segundo lugar al tratamiento con la banana liofilizada en estado de maduración semi madura con un puntaje de 3.09, y en tercer lugar a la banana liofilizada en estado de maduración madura, con un puntaje de 3.29.

Después de realizar el análisis de varianza obtenemos un p valor de 0.2573 siendo menor al grado de significancia 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir no existe diferencia significativa entre la valoración del color de las bananas respecto a su estadio de maduración.

**Gráfico 19. Análisis de Tukey (color).**

El análisis de Tukey nos indica que no existe diferencia estadística significativa en la valoración del color de la banana liofilizada en los diferentes estadios de maduración.

- **Aspecto:**

Se realizaron 17 encuestas acerca de la valoración del aspecto dando una escala del 1 al 10 (1 desagradable, 10 agradable); siendo los promedios de los 3 tratamientos los siguientes

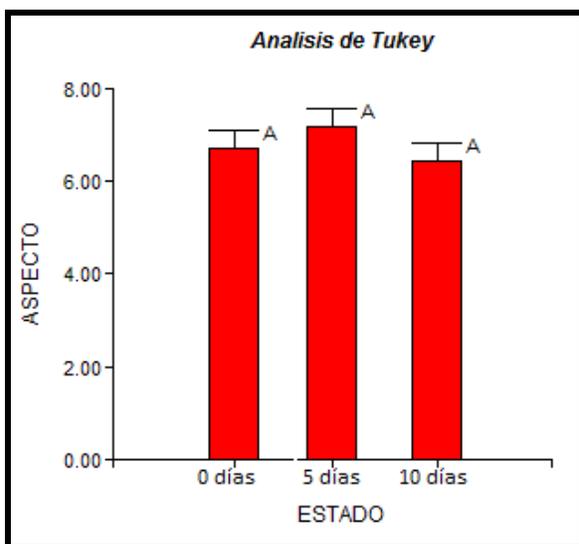
**Tabla 30. Promedio valoración análisis sensorial de aspecto.**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedios</b>	<b>6.72</b>	<b>7.19</b>	<b>6.45</b>

Se observa que la Banana en estado de maduración maduro, tiene un puntaje en cuanto al aspecto de 6.45, la banana liofilizada en estado de maduración verde tiene un puntaje de 6.72 y la banana liofilizada en estado de maduración semi madura de 7.19, en una escala del 1 al 10 siendo 1 un aspecto desagradable y 10 un aspecto agradable.

Después de realizado el análisis de varianza se puede observar un p valor de 0.3643, que es mayor a 0.05 lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir no existe diferencia significativa entre la valoración del aspecto de las bananas respecto a su estadio de maduración.

**Gráfico 20. Análisis de Tukey (aspecto).**



El análisis de Tukey nos indica que no existe diferencia estadística significativa en la valoración del aspecto de la banana liofilizada en los diferentes estadios de maduración.

- **Aroma**

Se realizaron 17 encuestas acerca de la valoración del aroma dando una escala del 1 al 10 (1 débil, 10 fuerte); siendo los promedios de los 3 tratamientos los siguientes

**Tabla 31. Promedio valoración análisis sensorial de aroma.**

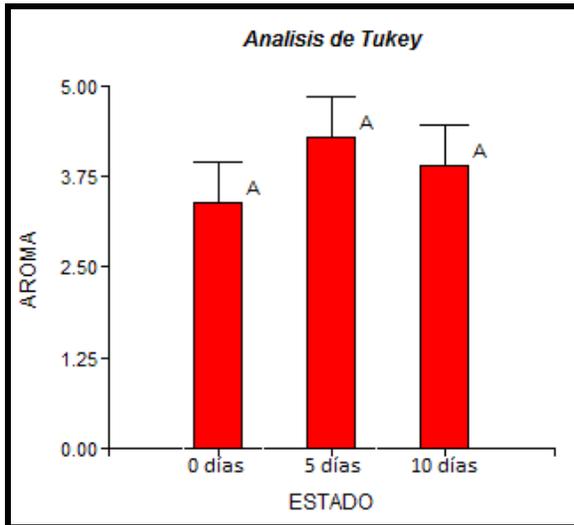
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedios</b>	<b>3.39</b>	<b>4.28</b>	<b>3.91</b>

Se observa la valoración del aroma de la banana en distintos estados de maduración, teniendo la banana liofilizada verde 3.39 puntos, la banana liofilizada madura 3.91 y la banana liofilizada semi madura 4.28, siendo la escala del 1 extremadamente débil y 10 extremadamente fuerte.

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

Se halló un p valor de 0.5333, que es mayor al grado de significancia 0.05 lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir no existe diferencia significativa entre la valoración del aroma de las bananas respecto a su estadio de maduración

**Gráfico 21. Análisis de Tukey (aroma).**



El análisis de Tukey nos indica que no existe diferencia estadística significativa en la valoración del aroma de la banana liofilizada en los diferentes estadios de maduración.

- **Sabor**

Se realizaron 17 encuestas acerca de la valoración del sabor dando una escala del 1 al 10 (1 extremadamente débil, 10 extremadamente fuerte); siendo los promedios de los 3 tratamientos los siguientes

**Tabla 32. Promedio valoración análisis sensorial de sabor.**

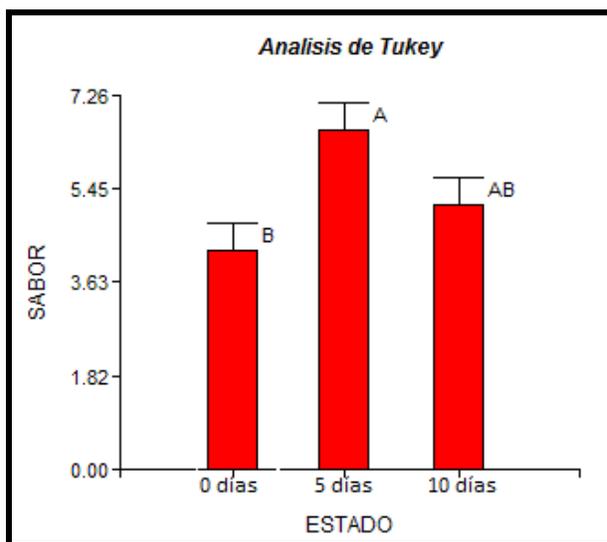
	T1	T2	T3
Promedios	4.24	6.58	5.14

Se observa la valoración del sabor de la banana en distintos estados de maduración, teniendo la banana liofilizada verde 4.24 puntos, la banana madura 5.14 y la banana

liofilizada semi madura 6.58, siendo la escala del 1 extremadamente débil y 10 extremadamente fuerte.)

Después de realizar el análisis de ADEVA hallamos un p valor de 0.0130, el cual es menor al grado de significancia de 0.05, lo que indica que rechazo la hipótesis nula, es decir SI existe diferencia significativa entre la valoración del sabor de las bananas respecto a su estadio de maduración.

**Gráfico 22. Análisis de Tukey (sabor).**



El análisis de Tukey nos demuestra que no existe diferencia significativa entre el estado semimaduro del estado maduro, y de este con el estado verde, sin embargo, existe diferencia significativa entre el estado semimaduro con el estadio verde.

- **Aceptación general**

Se realizaron 17 encuestas acerca de la valoración de la aceptación general dando una escala del 1 al 10 (1 poca aceptación, 10 mucha aceptación); siendo los promedios de los 3 tratamientos los siguientes

**Tabla 33. Promedio valoración análisis sensorial de aceptación.**

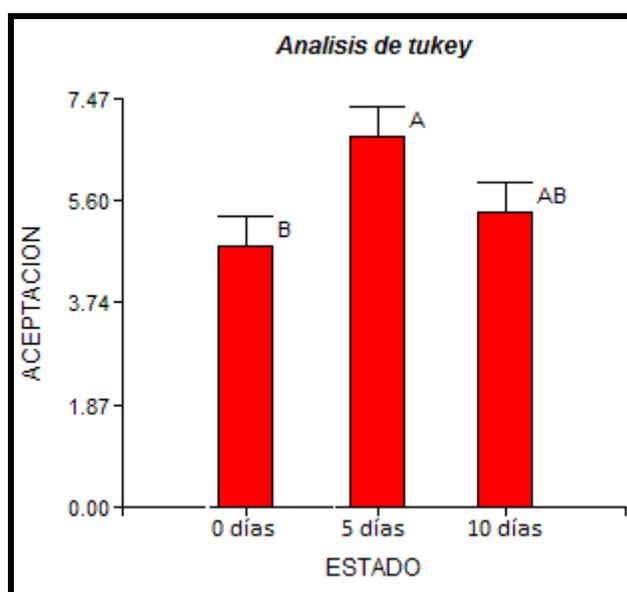
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedios</b>	<b>4.76</b>	<b>6.79</b>	<b>5.39</b>

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

Se observa la valoración de la aceptación general de la banana liofilizada en distintos estados de maduración, teniendo la banana liofilizada verde 4.76 puntos, la banana liofilizada madura 5.39 y la banana liofilizada semi madura 6.79, siendo la escala del ( 1 poca aceptación , 10 mucha aceptación.)

Después de realizado el análisis de ADEVA se registra un p valor de 0.0342, valor menor al grado de significancia lo que significa que rechazo la hipótesis nula, es decir SI existe diferencia significativa entre la valoración del la aceptación de las bananas liofilizadas respecto a su estadio de maduración.

**Gráfico 23. Análisis de Tukey (aceptación general).**



El análisis de Tukey nos demuestra que no existe diferencia significativa entre el estado semimaduro del estado maduro, y de este con el estado verde, sin embargo, existe diferencia significativa entre el estado semimaduro con el estadio verde en cuanto a la aceptación general.

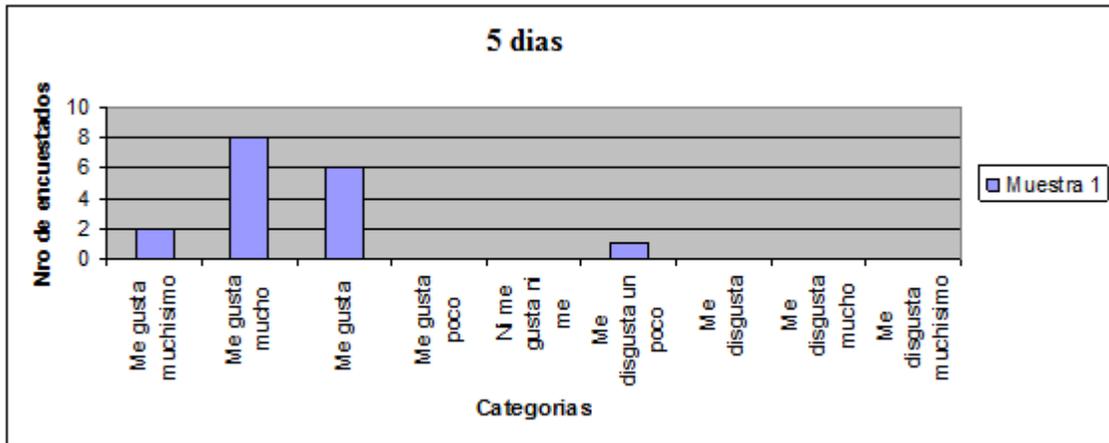
### 3. Análisis Sensorial de aceptación

**Gráfico 24. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 1 de maduración.**



El cuadro anterior representa el grado de aceptación de los encuestadores al consumir la banana liofilizada en estado de madurez a los 0 días de almacenamiento. Se observa que el indicador me gusta poco, prevalece en este tipo de tratamiento.

**Gráfico 25. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 2 de maduración.**



El cuadro anterior representa el grado de aceptación de los encuestadores al consumir la banana liofilizada en estado de madurez a los 5 días de almacenamiento. Se observa que el indicador me gusta mucho, prevalece en este tipo de tratamiento.

**Gráfico 26. Aceptación de banana liofilizada en el estadio 3 de maduración.**



El cuadro anterior representa el grado de aceptación de los encuestados al consumir la banana liofilizada en estado de madurez a los 10 días de almacenamiento. Se observa que el indicador me gusta mucho, prevalece en este tipo de tratamiento.

## V. CONCLUSIONES

- Las bananas (*Musa x paradisiaca*) almacenadas a 15 °C durante 10 días, presentaron pérdida de peso desde el día 0 hasta el día 5 de 4,73 g y hasta el día 10 de 16.1 g., y pérdida de diámetro desde el día 0 hasta el día 5 de 0.26 cm y hasta el día 10 de 0.66 cm. Esto debido a que, los frutos climatéricos como lo banana aumentan su tasa de respiración y su producción de etileno. Durante este proceso, el almidón se convierte en azúcar y la pulpa se hace más blanda, lo que hace que esta fruta sea dulce y a la vez se produce la eliminación de agua de la cáscara, tanto a la atmósfera como a la pulpa.
- Existieron diferencias estadísticas significativas entre los pesos de las bananas frescas de los tres estados de maduración de las bananas liofilizadas. La pérdida de peso (humedad) fue de 72,11%, 67,29% y 74,42%, para los estados de maduración 1, 2 y 3, respectivamente. Esta pérdida es muy importante para considerar a la liofilización como un proceso de conservación en el alimento debido a que bajos valores de actividad de agua inhiben el crecimiento de microorganismos, inhiben el deterioro del sabor y color por reacciones químicas y la pérdida de propiedades fisiológicas. La eficiencia del equipo fue muy alta logrando extraer un 72.27% en promedio del peso total del producto original.
- Con respecto a los sólidos solubles, no existen diferencias estadísticas significativas entre los °Brix de las bananas frescas comparándolas con las bananas liofilizadas en los tres estados de maduración. El estado de maduración 1 tuvo 0.4 °Brix de reducción, el estado de maduración 2 tuvo 0.2 °Brix de reducción y el estado de maduración 3 tuvo 0.33 °Brix de pérdida en el producto liofilizado con relación al fruto fresco; mas en el análisis de sólidos solubles entre los 3 tratamientos observamos diferencias estadísticas significativas entre cada estado, debido a que a medida que avanza el tiempo de maduración se da la conversión de almidones por azúcares.

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- Con relación al color, los 3 estados de maduración presentaron un cambio en el producto seco con relación al fresco, siendo las 3 muestras más claras (indicador L\*), menos brillantes (indicador C\*) y tendientes al rojo de acuerdo a su matiz (indicador H).
- La composición centesimal tanto de la banana fresca como la de la banana liofilizada nos muestra que los nutrientes del fruto se conservan luego del procesamiento, sin que este modifique o elimine su valor nutricional.
- Los análisis sensoriales descriptivos realizados en los 3 estados de madurez de banana liofilizada, indican que, en color, aspecto y aroma no existen diferencias significativas y los 3 estados tienen mucha similitud; más en el descriptor sabor y aceptación general se observan diferencias significativas, reportando que los mejores resultados se obtuvieron en el estado de maduración 2 (5 días de almacenamiento), por lo tanto este es el mejor estado para realizar la liofilización, seguido por el estado de madurez 3 (10 días de almacenamiento).
- El Análisis sensorial de aceptación realizados en los 3 estados de madurez de banana liofilizada, indica que, el estado de madurez 2 (5 días de almacenamiento) es el mejor evaluado por los panelistas, seguido del estado de maduración 3 (10 días de almacenamiento) y finalmente el estado de maduración 1 (0 días de almacenamiento) que tuvo una aceptación mala.
- El producto final presentó características sensoriales muy buenas y con reducción de humedad adecuada para este tipo de productos. Se realizó una evaluación y se identificó que estas propiedades se conservan mínimo durante 3 meses a temperatura ambiente, teniendo la precaución de almacenarlas en envases herméticos que impidan la rehidratación del fruto.

## VI. **BIBLIOGRAFÍA**

- Adel A. Kader. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, Postharvest Technology. 2013.
- Alvarado, J. de D. 1979. Ensayos de almacenamiento y estudio de un mecanismo de secado a temperaturas bajas en papa (*Solanum Tuberosum*). Tesis para optar por el título de Magister Scientifcae. CESNA-INCAP. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 68 p. y anexos.
- Alvarado, J. de D. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ed. RadioComunicaciones OEA, Quito, Ecuador.
- Artés, F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la Región de Murcia. II Edición. Ed. CEBAS-CSIC. 150 p.
- Balls, R, Gunn, J., Starling, A. 1982. The National Potato Damage Awareness Campaign, London, UK, Potato Marketing Board, 32 pp.
- Barbosa, G. V; Vega H. 2000. Deshidratación de alimentos. España. Acribia S.A. 1-224p.
- Barkai, G., Phillips D. 1991. 'Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control', *Plant Disease*, 75 (11), 1085–9.
- Barrett, D; Somogyi, L; Ramaswamy, H. 2005. Processing Fruits. Science and Technology. 2ª ed. USA. 661 – 678.
- Barrett, D; Somogyi, L; Ramaswamy, H. 2005. Processing Fruits. Science and Technology. 2ª ed. USA. 661 – 678.

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- Biale, J., and R. E. Young. 1981. Respiration and ripening of fruits retrospect and prospect, in *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Academic Press, New York, p. 89.
- Brat, P., Yahia, A., Chillet, M., Bugaud, C., Bakry, F., Reynes, M., et al. 2004. Influence of cultivar, growth altitude and maturity stage on banana volatile compound composition. *Fruits*, 59(2), 75–82.
- Cayón, D.G., G.A. Giraldo y M.I. Arcila, 2000 Fisiología de la maduración. En: poscosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Corpoica, Comité de Cafeteros, Universidad del Quindío, ASPLAT, Colciencias, Fudesco, Armenia (Colombia). pp. 27-37.
- Champion, J. 1968. *El Plátano*. 1ª. ed. Edit. Blume. España. 11-28, 141-164, 178-179 p.p.
- Conoco S.A. 2002. Web site [www.confoco.com/banano.htm](http://www.confoco.com/banano.htm), March 2002, pp. 1–7.
- Crothers, P. 1979. *The Processing of Banana Products for Food Use*. Tropical Products Instituto Publicación G122, London, pp. 4–6.
- De la Torre, F., Philippe C. 1989. *Compendio de Agronomía Tropical*. Costa Rica. 97 -120 p.p.
- Dennis P. Murk, Avatar K. Hand, Susan Lurie., 2008. *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*. Copinada Páliate, 9-11 p.p.
- Dover C. 1989. ‘The principles of effective low ethylene storage’, *Act Horticulture*, 258, 25–36.

- Dover, C. 1997. 'Strategies for control of scald without the use of chemical antioxidants', *Postharvest News and Information*, 8 (3), 41–3N.
- Engel, K. H., Headless, J., & Tressl, R. 1990. The flavour of tropical fruits (banana, melon, pineapple). In I. D. Morton & A. J. Macleod (Eds.), *Food flavours part C: The flavour of fruits*. Amsterdam: Elsevier Science Publishing.
- Estadísticas de comercio exterior del SENASA y Aduana. 2009. Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/estadistica.php>.
- Estadísticas de Control de Calidad de Frutas Tropicales, Inspección de Frutas y Hortalizas, Corporación del Mercado Central Bs. As, 2012.
- Estadísticas de precios e ingresos – Corporación del Mercado Central de Bs. As. 2012.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Raíces Tubérculos Plátanos y Bananas en la Nutrición Humana. Volumen n° 24 Alimentación y Nutrición.
- FAO (ORGANIZACION PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos Manual de capacitación. Colección FAO: Capacitación, N° 17/2.
- FAO (ORGANIZACION PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 1995a. Fruit and vegetable processing. *Agricultural Services Bulletin* 119, Rome.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 2005. "Perfil del mercado de las frutas tropicales en la India", Comité de Problemas de Productos Básicos, Guayaquil. Acceso en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/009/j5802s.htm>

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- FAO, 2004. Pedro, A., Dankers, C., Pascal, L., Pilkauskas, P. La Economía Mundial del Banano 1985-2002.
- FAO. 2009. FAOSTAT-Agriculture. Acceso en: <http://www.fao.org>, FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2009.
- Fennema, O. 1996. Food Chemistry. 3ª ed. USA. 980-1160 p.p.
- Georg-Wilhelm O. 1999. Freeze-Drying. Germany. 1-3, 59-77 p.p.
- Giraldo et. al. 2004. Conservación de frutas por método combinado. Revista de Investigaciones. Universidad del Quindío N° 14.
- Good, x., Kellogg, J. A., Wagoner, W., Langhoff, D., Matsumura, W. and Bestwick, R. K. 1994. Reduced Ethylene Synthesis by Transgenic Tomatoes xpressing S-Adenosylmethionine Hydrolase', Plant Molecular Biology, 26, (3), 781-790.
- Guerra, F. 1996. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. 242-257. p.p.
- Hackett, R. 2000. 'Antisense inhibition of the Nr gene restores normal ripening to tomato Never-ripe mutant, consistent with the ethylene receptor-inhibition model', Plant Physiol.
- Hamilton, A., Lycett, W, Grierson, D. 1990, Antisense Gene That Inhibits, Synthesis of the Hormone Ethylene in Transgenic Plants', Nature, 346, (6281), 284±287.
- Hanson, L. 1976. Commercial processing of fruits. Food Technology, Review No. 30, Noyes Data Corporation, New Jersey, pp. 41–100.

- Holdsworth, S.D. 1986. Advances in the dehydration of fruits and vegetables. In D. MacCarthy (Ed.), *Concentration and Drying of Foods*, Elsevier Applied Science, London, pp. 293–303.
- INTA. 2002. Ficha del cultivo de banano. Estación experimental de Cultivos Tropicales.
- Jayaraman, K.S. and D.K. Das Gupta. 1992. Dehydration of fruits and vegetables - recent developments in principles and techniques. *Drying Technol.*, 10(1), 1.
- Jennings, A. 2008. *Lyophilization. Introduction and Basic Principles*. New York. 4-8, 261-355.
- Jiang, Y., Joyce, D. and MacNish, A. 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology* 16, 187–193.
- Jimenez, A., Guillen, R., Fernandez, J., Heredia, A. 1997. ‘Factors affecting the “Spanish green olive” process: their influence on final texture and industrial losses’, *J Agric Food Chem*, 45, 4065–70.
- Jones, M. 1993. Private communication.
- Jordan, M. J., Tandon, K., Shaw, P. E., & Goodner, K. L. 2001. Aromatic profile of aqueous banana essence and banana fruit by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) and gas chromatography–olfactometry (GC–O). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4813–4817.
- Joyce, D. Johnson g, I. 1999. ‘Prospects for exploitation of natural disease resistance in harvested horticultural crops’, *Postharvest News and Information*, 10 (3), 45–8N.

- Kader, A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Acta Hort.* 553: 51-55
- Kader and Barret 1996. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. In *Processing Fruits: Science and Technology*. V. 1 Biology, Principles, and Applications, Somogyi, L.P., Ramaswamy, H.S. and Hui, Y.H. (eds.). Technomic Publishing Company, Inc., pp. 1–2.
- Kasmire, R., Thompson, J. 1992. ‘Selecting a cooling method’, in *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 8 (III), 63–8.
- Knee, M., Proctor, F., and Dover C. 1985. ‘The technology of ethylene control: use and removal in postharvest handling of horticultural commodities’, *Annal Appl Biol*, 97–108.
- Koomen. I. 1997. ‘Biological control of postharvest diseases on fruit’, *Postharvest News and Information*, 8 (3), 33–7N.
- Krokida MK, Karathanos VT, Maroulis ZB. 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *Journal of Food Engineerong* 35; 369-11
- Kudra, T. and Mujumdar, A.S. 2001. Atmospheric freeze-drying. In: *Advanced Drying Technologies*. Marcel Dekker, New York. Also, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Leistner, L. 1995. Principles and applications of hurdle technology, pp. 1-21. In G. W. Gould, ed., *New Methods in Food Preservation*, Blackie Academic & Professional.

- León, Jorge. 2000. Botánica de los Cultivos Tropicales. 3ra. Ed. Edit. Agroamérica del IICA. Costa Rica. 463-474 p.p.
- Lesham, Y. Y. 1988. Plant senescence processes and free radicals. Free Radical Biology and Medicine 39–49 p.p.
- Lorentzen, J. 1979. Freeze-drying of foodstuffs. Quality and economics in freeze-drying. Chemistry and Industry, 14, 465–468.
- Luchisinger, L. 1999. Exigencias cuarentenarias para exportación de frutos tropicales y subtropicales. 5 p.
- Mascheroni, R.H., 2002. Estudios y desarrollos en deshidratación por métodos combinados. IX Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenos Aires, 7-9 Agosto de 2002. Simposio “Avances Tecnológicos en los medios tradicionales de conservación”
- Mataix J, López. Frías M. Lactación. En: Mataix J, ed. Nutrición y alimentación humana, 2 ed. Majadahonda, Ergón, 2009.
- Navas, J.R. 2006. Liofilización de alimentos. Cali-Colombia
- Norma IRAM: 20002. ANÁLISIS SENSORIAL. Guía General para la Metodología (ISO 6658:2005, MOD).
- Oeller, P. W., MIN WONG, L., TAYLOR, L. P., PIKE, D. A. and HEOLOGIS, A. 1991. 'Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA', Science, 254, 437-439.

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- Okos, M.R., G. Narsimhan, R.K. Singh, and A.C. Weitnauer. 1992. Food dehydration. In D.R. Heldman and D.B. Lund (Eds.), *Handbook of Food Engineering*, Marcel Dekker, New York, pp. 437–562.
- Orrego A., Carlos E., 2004 *Apuntes del Curso Procesamiento de Alimentos: línea de profundización*, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Sede Manizales.
- Paul RE, Chen N., 1987. Changes in longan and rambután during postharvest storage. *Hortscience* 22: 1303-1304.
- Parikh, H.1990. Some Structural Changes during Ripening of Mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso ) by Abscisic Acid Treatment. *Annals of Botany*.
- Parsons, C.S., Gates, J.E. and Spalding D.H. 1964. Quality of some fruits and vegetables after holding in nitrogen atmospheres. *American Society for Horticultural Science* 84, 549–556.
- Perry H., Robert, 1997. *Manual del Ingeniero Químico*, 6ta ed., Ed. Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia, tomo 4, 17-14 p.p.
- Planella, I. 1983. *Agroindustria y Desarrollo Económico*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Bogotá-Colombia. 110-115 p.
- Ponce de León, L. 1997 y M.E, Bózquez. *Técnicas de almacenamientos. Manejo post-cosecha del mango*. Ed. EMEX. A. C. 22 -24 p.p.
- Potter, N. 1986. *Food Science*. 5° Ed. Edit. Kluwer Academic. Estados Unidos.

- Potter, N; Hotchkiss, J. 1999. Ciencia de los alimentos. España. Aspen Publishers. 224-253p.
- Quast, S. V. 1976. Constituentes volateis da banana Madura (Musa cavendishii, variedade Valery). Ciencia e Cultura, 28, 348–352.
- Ramírez J.S., Cañizares J. 2003. Deshidratación de la papa mediante Liofilización Atmosférica, Universidad Central del Ecuador, Escuela de Ingeniería Química, Quito-Ecuador.
- Reid, M. 1992. 'Ethylene in postharvest technology', in Postharvest Technology of Horticultural Crops, ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 13, 97–108.
- Salunkhe, D.K., H.R. Bolin, and N.R. Reddy. 1991. Storage, Processing, and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, 2nd ed., Vol. 1 and 2. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Salunkhe, D.K., H.R. Bolin, and N.R. Reddy. 1991. Storage, Processing, and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, 2nd ed., Vol. 1 and 2. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Samson, J.A., 1981. Collegedictaat Gewas en Teelttechniek, deell. Departamento de Cultivos Tropicales, UAW, Wageningen.
- Sánchez, A. 1982. Cultivos de Plantación. Manuales para Educación Agropecuaria. Edit. Trillas. México 1982. 53-62 p.p.
- Savin, k. Baudinette, S, Graham M, White, E, Michael, M, Bayly, A. Chandler, S, Cornish, E. 1994. 'Delayed petal senescence in transgenic carnation using antisense ACC oxidase', HortSci, 29, 574.

## LIOFILIZACIÓN EN BANANA (*Musa x paradisiaca*)

- Schiota, H. 1993. New ester components in the volatiles of banana fruit (*Musa sapientum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41.
- Simmonds, N.W. 1973. *Los Plátanos. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales*. 1º Ed. Edit. Blume. España. 173, 221-263 p.p
- Sistema de Análisis y Registro de Alimentos (SARA), Ministerio de la Salud Vicepresidencia de la Nación, base de datos consulta de tabla de alimentos.
- Snowdon, Ahmed. 1981. *The Storage and Transport of Fresh Fruits and Vegetables*, UK, National Institute of Fresh Produce, 32 p.p.
- Somogyi, L.P. and B.S. Luh. 1986. Dehydration of Fruits. In J.G. Woodroof and B.S. Luh (Eds.), *Commercial Fruit Processing*, 2nd ed., AVI Publishing, Westport, CT, pp. 353–405.
- Soto, M. 1985. *Bananos; cultivo y comercialización*. Litografía e Imprenta LIL S.A., San José-Costa Rica.
- Sozzi, G. 2007. *Árboles Frutales. Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento*. 1ª. ed. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p.p. 669- 686.
- Stover, R., Simmonds, N. 1987. *Bananas*. 3ª ed., Longman Scientific and Technical/John Wiley and Sons, New York, pp. 65–66.
- The Times, Wallstreet Journal, 20 September 1960.
- Thompson, A. 1996. *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*, Oxford, Blackwell Science, 410 p.p.

- Amaña Eduardo. 2004. Conservación de alimentos por frío Refrigeración / Congelamiento. 23-24 p.p.
- Viteri, P., Cornejo, F. 2010. Estudio de Estabilidad de la Pulpa de Mora sometida a un Proceso de Liofilización. ESPOL. Guayaquil-Ecuador.
- Von Loesecke, H.W. 1950. Bananas. Chemistry. Physiology. Technology. Interscience Publishers In Company. New York.
- Williams-Gardner A. 1971. Industrial Drying. Gulf Publishing Company, Houston, TX, USA.
- Yang, S. F. and Hoffman, N. E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants', Annual Review of Plant Physiology, 35, 155-189.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA PRUEBA T APAREADA PARA EL PESO EN BANANA FRESCA ALMACENADA DURANTE 10 DIAS

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
0 días	5 días	15	4.73	2.92	<0.0001

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
5 días	10 días	15	11.37	4.39	<0.0001

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
0 días	10 días	15	16.09	2.08	<0.0001

## ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA PRUEBA T APAREADA PARA EL DIAMETRO EN BANANA FRESCA ALMACENADA DURANTE 10 DIAS

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>Bilateral</u>
0 días	5 días	15	0.26	0.09	<0.0001

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>Bilateral</u>
5 días	10 días	15	0.40	0.12	<0.0001

### Prueba T (muestras apareadas)

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>Bilateral</u>
0 días	10 días	15	0.66	0.15	<0.0001

### ANEXO 3. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO EN TRES TRATAMIENTOS

PESO:

	T1	T2	T3	
1	23.82	26.63	25.04	
2	21.86	33.33	21.07	
3	24.38	22.77	20.52	
<b>Promedio</b>	<b>83.72</b>	<b>90.44</b>	<b>86.82</b>	$\Sigma$ 260.98

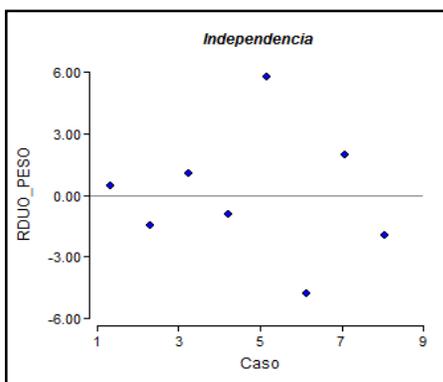
Factor: Peso

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$H_1 =$  Si uno es diferente

#### - Independencia:



- Se concluye que si existe independencia

#### - Normalidad

$H_0 =$  Res. Normal

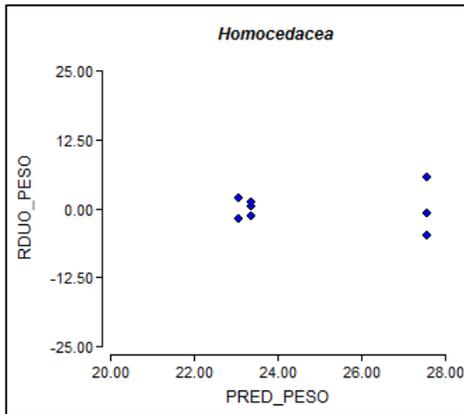
$H_1 =$  Res no pertenece a la normal

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO PESO	8	0.00	3.13	0.98	0.9775

- Si responde a la normalidad por ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea



- Si hay homocedacea.

ADEVA:

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO	9	0.40	0.20	14.28

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	47.94	2	23.97	1.98	0.2191
ESTADO	47.94	2	23.97	1.98	0.2191
Error	72.77	6	12.13		
Total	120.71	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.72452  
Error: 12.1279 gl: 6

ESTADO	Medias	n	E.E.
semimaduro	27.58	3	2.01 A
verde	23.35	3	2.01 A
maduro	22.21	3	2.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXO 4. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD EN TRES TRATAMIENTOS

HUMEDAD:

	T1	T2	T3	
1	73.28	71.7	73.8	
2	71.76	61.74	75.34	
3	71.18	74.73	74.17	
<b>Promedio</b>	<b>72.07</b>	<b>69.39</b>	<b>74.44</b>	$\Sigma$ 215.9

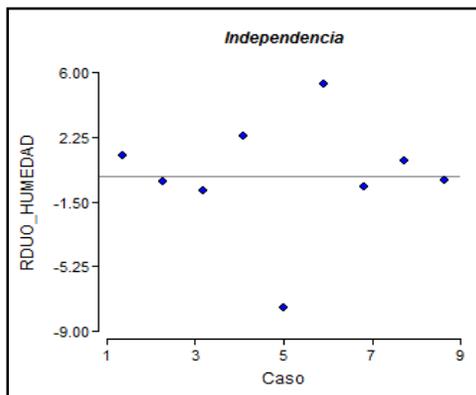
Factor: Humedad

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$H_1 =$  Si uno es diferente

- **Independencia:**



- Si registra independencia

- **Normalidad**

$$H_0 = \text{Res. Normal}$$

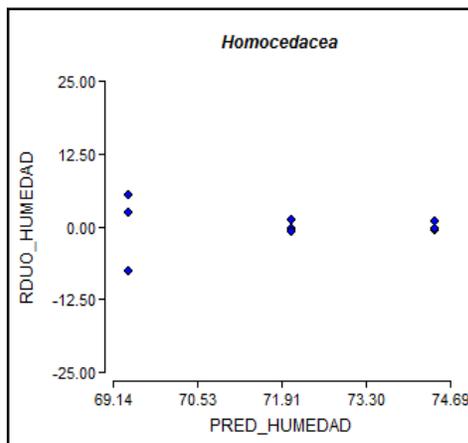
$H_1 =$  Res no pertenece a la normal

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	HUMEDAD	3	74.44	0.80	0.92	0.4414
semimaduro	HUMEDAD	3	69.39	6.80	0.91	0.4287
verde	HUMEDAD	3	72.07	1.08	0.94	0.5169

- Si responde a la normalidad por ser el p valor mayor a 0.05.

- **Homocedacea**



- Si hay homocedacea.

**ADEVA**

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
HUMEDAD	9	0.28	0.05	5.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38.25	2	19.13	1.20	0.3657
ESTADO	38.25	2	19.13	1.20	0.3657
Error	96.02	6	16.00		
Total	134.27	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.02193

Error: 16.0032 gl: 6

ESTADO	Medias	n	E.E.
maduro	74.44	3	2.31 A
verde	72.07	3	2.31 A
semimaduro	69.39	3	2.31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXO 5. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS SOLIDOS SOLUBLES EN TRES TRATAMIENTOS

SOLIDOS SOLUBLES:

	T1	T2	T3	
1	13.0	16.3	20	
2	12.3	16.9	18.3	
3	10.7	15.2	19.1	
<b>Promedio</b>	<b>12.0</b>	<b>16.13</b>	<b>19.13</b>	$\Sigma$ 47.26

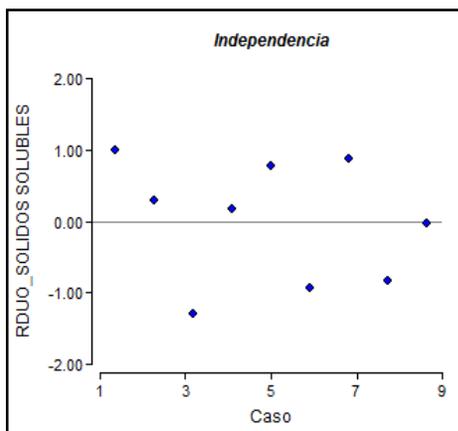
Factor: Sólidos solubles

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$H_1 =$  Si uno es diferente

- **Independencia:**



- Los datos si registran Independencia.

- **Normalidad**

$H_0 =$  Res. Normal

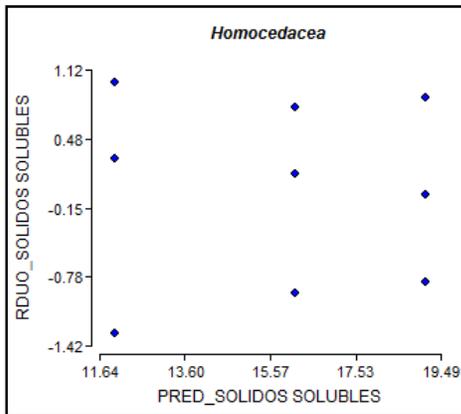
$H_1 =$  Res no pertenece a la normal

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	SOLIDOS SOLUBLES	3	19.13	0.85	1.00	0.9318
semimaduro	SOLIDOS SOLUBLES	3	16.13	0.86	0.97	0.6783
verde	SOLIDOS SOLUBLES	3	12.00	1.18	0.95	0.5740

- Si responde a la normalidad por ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea:



- Si hay homocedacea.

ADEVA

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
SOLIDOS SOLUBLES	9	0.93	0.91	6.19	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	76.97	2	38.48	40.42	0.0003
ESTADO	76.97	2	38.48	40.42	0.0003
Error	5.71	6	0.95		
Total	82.68	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.44466  
 Error: 0.9522 gl: 6

ESTADO	Medias	n	E.E.	
maduro	19.13	3	0.56	A
semimaduro	16.13	3	0.56	B
verde	12.00	3	0.56	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 1

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.99	0.98	8.02

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5465.60	1	5465.60	296.63	0.0001
Columna2	5465.60	1	5465.60	296.63	0.0001
Error	73.70	4	18.43		
Total	5539.30	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.73105

Error: 18.4259 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	83.72	3	2.48 A
liofilizado	23.35	3	2.48 B

## ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 2

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.99	0.98	7.65

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5927.70	1	5927.70	290.66	0.0001
Columna2	5927.70	1	5927.70	290.66	0.0001
Error	81.58	4	20.39		
Total	6009.27	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.23752

Error: 20.3938 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	90.44	3	2.61 A
liofilizado	27.58	3	2.61 B

Medias con una letra común no son significativamente dif

## ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 3

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.98	0.97	11.07

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6261.68	1	6261.68	171.79	0.0002
Columna2	6261.68	1	6261.68	171.79	0.0002
Error	145.80	4	36.45		
Total	6407.48	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.68642

Error: 36.4493 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	86.82	3	3.49 A
liofilizado	22.21	3	3.49 B

Medias con una letra común no son significativamente d

## ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 1

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.05	0.00	9.62

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.28	1	0.28	0.20	0.6750
Columna2	0.28	1	0.28	0.20	0.6750
Error	5.53	4	1.38		
Total	5.81	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.66469

Error: 1.3817 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	12.43	3	0.68 A
liofilizado	12.00	3	0.68 A

Medias con una letra común no son significativamente d:

## ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 2

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.01	0.00	6.03

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.04	1	0.04	0.04	0.8449
Columna2	0.04	1	0.04	0.04	0.8449
Error	3.83	4	0.96		
Total	3.87	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.21731

Error: 0.9567 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	16.30	3	0.56 A
liofilizado	16.13	3	0.56 A

## ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL PRODUCTO FRESCO Y LIOFILIZADO ESTADO DE MADURACIÓN 3

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna1	6	0.14	0.00	4.26

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.43	1	0.43	0.62	0.4736
Columna2	0.43	1	0.43	0.62	0.4736
Error	2.73	4	0.68		
Total	3.16	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.87397

Error: 0.6833 gl: 4

Columna2	Medias	n	E.E.
fresco	19.67	3	0.48 A
liofilizado	19.13	3	0.48 A

## ANALISIS SENSORIAL

### ANEXO 12. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DE LA VALORACION DEL COLOR:

	T1	T2	T3
Promedios	2.41	3.09	3.29

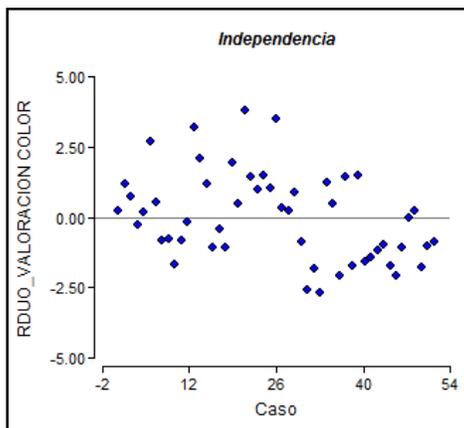
Factor: Valoración del color

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

*H1 = Si uno es diferente*

#### - Independencia:



- El gráfico de dispersión nos indica la presencia de dispersión.

#### - Normalidad

$$H_0 = \text{Res. Normal}$$

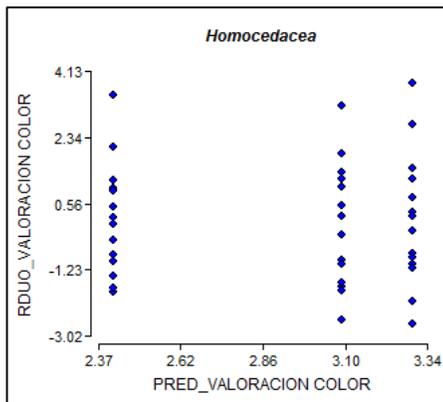
*H1 = Res no pertenece a la normal*

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	VALORACION COLOR	17	3.29	1.76	0.95	0.6885
Semimaduro	VALORACION COLOR	17	3.09	1.57	0.95	0.7180
verde	VALORACION COLOR	17	2.42	1.45	0.93	0.3660

- Si responde a la normalidad por ser el p valor mayor a 0.05.

**Homocedacea:**



- Si hay homocedacea.

**ADEVA**

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
VALORACION COLOR	51	0.05	0.02	54.51	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.14	2	3.57	1.40	0.2573
ESTADO	7.14	2	3.57	1.40	0.2573
Error	122.71	48	2.56		
Total	129.85	50			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.32635					
Error: 2.5565 gl: 48					
ESTADO	Medias	n	E.E.		
maduro	3.29	17	0.39	A	
Semimaduro	3.09	17	0.39	A	
verde	2.42	17	0.39	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

## ANEXO 13. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL ASPECTO

ASPECTO

	T1	T2	T3
Promedios	6.72	7.19	6.45

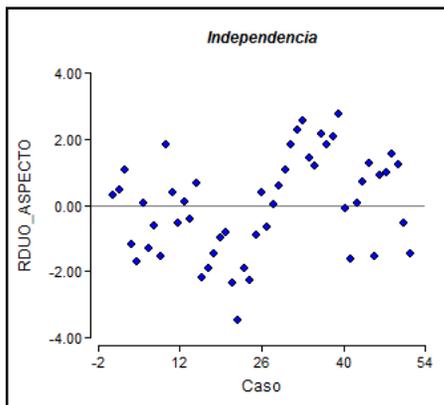
Factor: valoración del aspecto

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

*H1 = Si uno es diferente*

- **Independencia:**



- Si registra Independencia al observarse dispersión en el grafico.

- **Normalidad**

*H0 = Res. Normal*

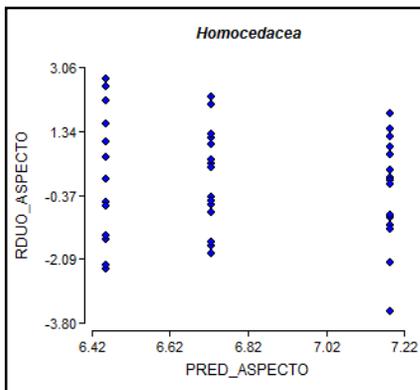
*H1 = Res no pertenece a la normal*

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	ASPECTO	17	6.45	1.66	0.90	0.1760
Semimaduro	ASPECTO	17	7.19	1.51	0.92	0.2772
verde	ASPECTO	17	6.72	1.34	0.91	0.2392

- Se registra normalidad al ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea



- El grafico indica que se registra homocedacea.

ADEVA

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ASPECTO	51	0.04	1.3E-03	22.24	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.70	2	2.35	1.03	0.3643
ESTADO	4.70	2	2.35	1.03	0.3643
Error	109.43	48	2.28		
Total	114.13	50			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.25252					
Error: 2.2798 gl: 48					
ESTADO	Medias	n	E.E.		
Semimaduro	7.19	17	0.37	A	
verde	6.72	17	0.37	A	
maduro	6.45	17	0.37	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

## ANEXO 14. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL AROMA

	T1	T2	T3
Promedios	3.39	4.28	3.91

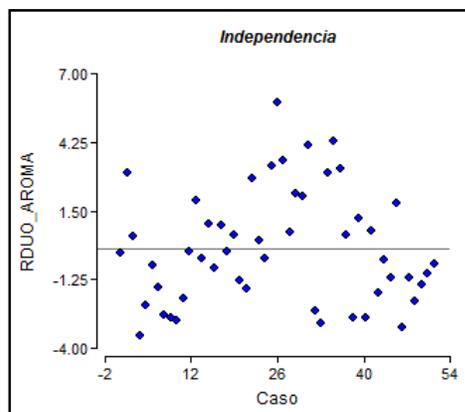
Factor: Valoración del aroma

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

*H1 = Si uno es diferente*

- **Independencia:**



- El gráfico de dispersión registra independencia.

- **Normalidad**

*H0 = Res. Normal*

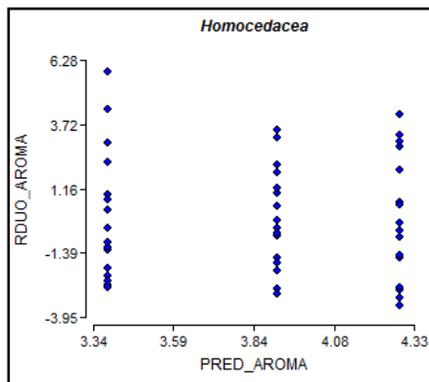
*H1 = Res no pertenece a la normal*

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	AROMA	17	3.91	1.95	0.94	0.5401
Semimaduro	AROMA	17	4.28	2.42	0.91	0.2460
verde	AROMA	17	3.39	2.55	0.88	0.0620

- Se registra normalidad al ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea



- El grafico indica que se registra homocedacea.

ADEVA

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AROMA	51	0.03	0.00	60.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.85	2	3.43	0.64	0.5333
ESTADO	6.85	2	3.43	0.64	0.5333
Error	258.15	48	5.38		
Total	265.00	50			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.92376

Error: 5.3782 gl: 48

ESTADO	Medias	n	E.E.
Semimaduro	4.28	17	0.56 A
maduro	3.91	17	0.56 A
verde	3.39	17	0.56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXO 15. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DEL SABOR

	T1	T2	T3
Promedios	4.24	6.58	5.14

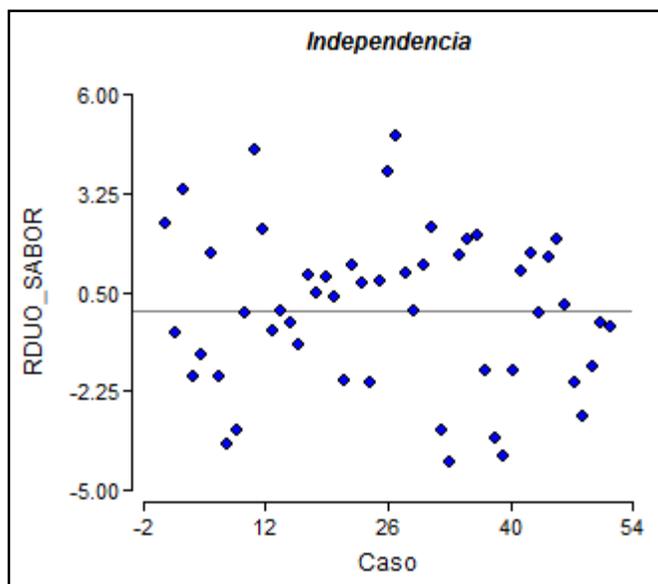
Factor: Valoración del sabor

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

$H_1 =$  Si uno es diferente

- **Independencia:**



- El grafico de dispersión indica que si se registra independencia

- **Normalidad**

$H_0 =$  Res. Normal

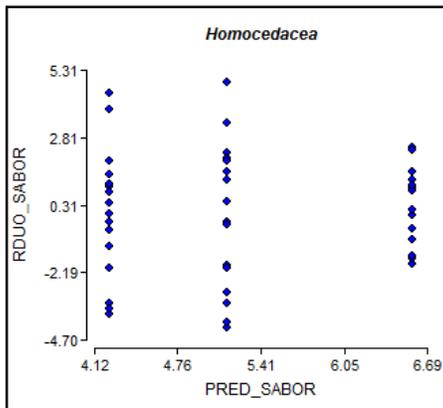
$H_1 =$  Res no pertenece a la normal

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	SABOR	17	5.14	2.71	0.93	0.3713
Semimaduro	SABOR	17	6.58	1.46	0.88	0.0800
verde	SABOR	17	4.24	2.34	0.94	0.5261

- Se registra normalidad al ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea



- El grafico indica que se registra homocedacea.

ADEVA

Análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
SABOR	51	0.17	0.13	41.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	47.38	2	23.69	4.77	0.0130
ESTADO	47.38	2	23.69	4.77	0.0130
Error	238.65	48	4.97		
Total	286.03	50			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.84967  
 Error: 4.9719 gl: 48

ESTADO	Medias	n	E.E.	
Semimaduro	6.58	17	0.54	A
maduro	5.14	17	0.54	A B
verde	4.24	17	0.54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXO 16. DISEÑO COMPLETO ALEATORIO ANALISIS DE VARIANZA DE LA ACEPTACION GENERAL

	T1	T2	T3
Promedios	4.76	6.79	5.39

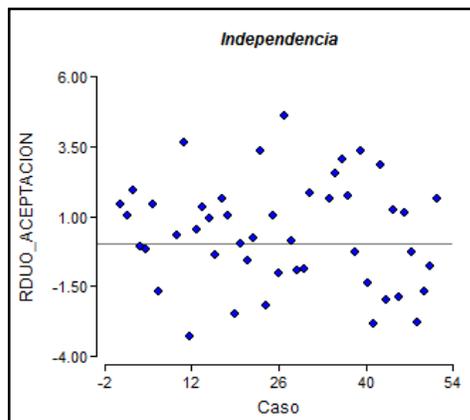
Factor: Valoración de la aceptación

Niveles: T1 (0 días de almacenamiento)  
T2 (5 días de almacenamiento)  
T3 (10 días de almacenamiento)

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$H_1 =$  Si uno es diferente

### - Independencia:



- El gráfico de dispersión indica que si se registra independencia

### - Normalidad

$H_0 =$  Res. Normal

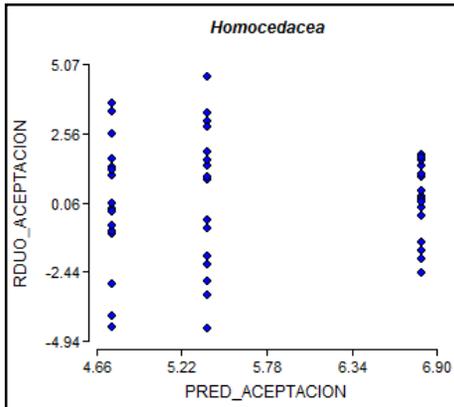
$H_1 =$  Res no pertenece a la normal

Shapiro-Wilks (modificado)

ESTADO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
maduro	ACEPTACION	17	5.39	2.82	0.92	0.3260
Semimaduro	ACEPTACION	17	6.79	1.40	0.89	0.1009
verde	ACEPTACION	17	4.76	2.31	0.94	0.4868

- Se registra normalidad al ser el p valor mayor a 0.05.

- Homocedacea



- El grafico indica que se registra homocedacea.

ADEVA

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ACEPTACION	51	0.13	0.10	39.96	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	36.92	2	18.46	3.63	0.0342
ESTADO	36.92	2	18.46	3.63	0.0342
Error	244.39	48	5.09		
Total	281.31	50			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.87178					
Error: 5.0914 gl: 48					
ESTADO	Medias	n	E.E.		
Semimaduro	6.79	17	0.55	A	
maduro	5.39	17	0.55	A B	
verde	4.76	17	0.55	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

## ANEXO 17. COMPOSICIÓN CENTESIMAL BANANA LIOFILIZADA



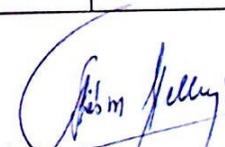
Buenos Aires, 15 de diciembre de 2013

### FUNDACIÓN TEMAIKEN

Determinaciones analíticas realizadas sobre muestra remitida por el solicitante e identificada como:

*Banana liofilizada "banliof 1"*

<u>Determinación</u>	<u>Resultado obtenido expresado cada 100 g de muestra</u>
<b>Humedad</b> Determinado por secado en estufa a 100 °C (Método AOAC 934.01 - 17 ed.)	<b>5,6 ± 0,1 g</b>
<b>Potasio</b> Tratamiento previo según método AOAC 968.08 y posterior cuantificación por EMISIÓN DE LLAMA en espectrofotómetro Perkin Elmer AA400	<b>1144 ± 26 mg</b>
<b>Calcio</b> Tratamiento previo según método AOAC 968.08 y posterior cuantificación por ABSORCIÓN ATÓMICA en espectrofotómetro Perkin Elmer AA400	<b>11,9 ± 1,8 mg</b>
<b>Vitamina C</b> Determinado por HPLC. Metodología: Extracción con ácido metafosfórico 0.85% Cuantificación: HPLC. Columna: C18- fase reversa de 30 cm de longitud. Fase móvil: Metanol: Acetato de sodio 80 mM pH = 4,6. Proporción: 15 : 85. Detección: UV-VIS Flujo: 0.9 ml /min. Inyección: 50 µl	<b>36,0 ± 0,1mg</b>



NESTOR PELLEGRINO  
BIOQUIMICO  
JEFE DE T. PRACTICOS

## ANEXO 18. PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

### BANANA LIOFILIZADA

FECHA: \_\_\_\_\_

SEXO: \_\_\_\_\_

Por favor marque con una línea en la escala correspondiente a cada descriptor de la muestra. Cuando termine, por favor controle que todas las preguntas fueron respondidas.

Todas las respuestas son anónimas y ninguna será conectada con Ud.

**Nos gustaría conocer su opinión acerca de las distintas muestras que se le presentan.**

**MUESTRA N°:** \_\_\_\_\_

- COLOR  
\_\_\_\_\_ blanco \_\_\_\_\_ amarillo
- ASPECTO  
\_\_\_\_\_ heterogéneo \_\_\_\_\_ homogéneo  
\_\_\_\_\_ desagradable \_\_\_\_\_ agradable
- AROMA  
\_\_\_\_\_ extremad. débil \_\_\_\_\_ extremad. fuerte
- SABOR  
\_\_\_\_\_ extremad. débil \_\_\_\_\_ extremad. fuerte
- ACEPTACIÓN GENERAL  
\_\_\_\_\_ poca aceptación \_\_\_\_\_ mucha aceptación

**MUESTRA N°:** \_\_\_\_\_

- COLOR  
\_\_\_\_\_ blanco \_\_\_\_\_ amarillo
- ASPECTO  
\_\_\_\_\_ heterogéneo \_\_\_\_\_ homogéneo  
\_\_\_\_\_ desagradable \_\_\_\_\_ agradable
- AROMA  
\_\_\_\_\_ extremad. débil \_\_\_\_\_ extremad. fuerte  
\_\_\_\_\_ extraño débil \_\_\_\_\_ extraño fuerte
- SABOR  
\_\_\_\_\_ extremad. débil \_\_\_\_\_ extremad. fuerte
- ACEPTACIÓN GENERAL  
\_\_\_\_\_ poca aceptación \_\_\_\_\_ mucha aceptación

## ANEXO 19. PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

### BANANA LIOFILIZADA

FECHA: \_\_\_\_\_

SEXO: \_\_\_\_\_

Por favor responda las siguientes preguntas marcando con una cruz en la casilla correspondiente. Cuando termine, por favor controle que todas las preguntas fueron respondidas.

Todas las respuestas son anónimas y ninguna será conectada con Ud.

**Nos gustaría conocer su opinión acerca de las distintas muestras que se le presentan.**

MUESTRA N°:

Me gusta muchísimo	( )	¿Ud. la volvería a consumir?
Me gusta mucho	( )	si ( )
Me gusta	( )	no ( )
Me gusta poco	( )	
Ni me gusta ni me disgusta	( )	
Me disgusta un poco	( )	
Me disgusta	( )	
Me disgusta mucho	( )	
Me disgusta muchísimo	( )	

MUESTRA N°:

Me gusta muchísimo	( )	¿Ud. la volvería a consumir?
Me gusta mucho	( )	si ( )
Me gusta	( )	no ( )
Me gusta poco	( )	
Ni me gusta ni me disgusta	( )	
Me disgusta un poco	( )	
Me disgusta	( )	
Me disgusta mucho	( )	
Me disgusta muchísimo	( )	

MUESTRA N°:

Me gusta muchísimo	( )	¿Ud. la volvería a consumir?
Me gusta mucho	( )	si ( )
Me gusta	( )	no ( )
Me gusta poco	( )	
Ni me gusta ni me disgusta	( )	
Me disgusta un poco	( )	
Me disgusta	( )	
Me disgusta mucho	( )	
Me disgusta muchísimo	( )	