

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



“EFECTO DE LA LIOFILIZACION EN LAS PROPIEDADES FISICO-SENSORIALES  
DE LA TUNTA”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. EDGAR ÑAUPA CHOQUEMAMANI

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERU

2010

## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DE LA LIOFILIZACION EN LAS PROPIEDADES FISICO-  
SENSORIALES DE LA TUNTA”

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. EDGAR ÑAUPA CHOQUEMAMANI

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

PRESIDENTE

M.SC. FLORENTINO V. CHOQUEHUANCA C.

PRIMER MIEMBRO

Dr. ERNESTO JAVIER CHURA YUPANQUI

SEGUNDO MIEMBRO

Ing. JHONY MAYTA HANCCO

DIRECTOR DE TESIS

Ing. EDGAR GALLEGOS ROJAS

ASESOR DE TESIS I

MSC. THOMAS HANCCO VIZCARRA

ASESOR DE TESIS II

Ing. GEORGE COTRADO TICONA

**Área: Ingeniería y tecnología**

**Tema: Propiedades físicas y estructurales**

## DEDICATORIA

*Dedicado con mucho cariño a mis padres  
Maria Julia Valeriano y Pedro Naupa  
quienes me brindaron todo su apoyo y  
esfuerzo para culminar satisfactoriamente  
mis estudios y culminación del presente  
trabajo de investigación, de igual forma  
a mis hermanos Yonel, Diony, Vilma,  
Sandra, Ayda y Héctor.*

*De igual forma va dedicado con mucho afecto  
a mis padrinos Teodocio Mayta y su digna  
esposa por su apoyo extraordinario desde la  
etapa de la niñez hasta los días asombrosos  
por venir, por su sencillez y humildad que los  
caracterizan.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias por acogerme en sus extraordinarias aulas y brindarme los servicios básicos de biblioteca, comedor, residencia y transporte urbano durante mi labor de estudiante.*

*De igual forma a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial a toda la plana de docentes quienes me brindaron las instrucciones y enseñanzas esplendidas para lograr convertirme en un profesional digno.*

*A la Escuela Profesional de Ingeniería de Industria de los Alimentos de la UNSA-Arequipa por brindarme su apoyo en la prestación de sus equipos para las pruebas de liofilización y análisis de laboratorio.*

*Un agradecimiento muy especial al M.Sc. Thomas Hanco Vizcarra por su extraordinario labor como docente y asesoramiento en la dirección del presente trabajo de investigación.*

*De igual forma un agradecimiento especial al Ing. Edgar Gallegos Rojas por su extraordinario labor como docente y apoyo incondicional en la dirección del presente trabajo de investigación.*

*De igual un reconocimiento especial a los miembros de jurado Ing. Msc Florentino Víctor Choquehuanca C., Dr. Ernesto J. Chura Y. e Ing. Whony Mayta H.*

*A los productores de tunta Concorcio "Los Aymaras" de la ciudad de Nave-El Collao.*

*Al Ing. George Cotrado Ticona por su valioso apoyo en la facilitación para la producción de tunta tradicional.*

INDICE	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	01
II. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	03
2.1. LA TUNTA .....	03
2.1.1. Definición.....	03
2.1.2. Zonas de producción.....	03
2.1.3. Composición nutricional de la tunta.....	03
2.1.4. Materia prima para obtener tunta .....	04
2.1.5. Procesamiento de la tunta .....	05
2.1.5.1. Descripción del proceso.....	06
2.1.6. Características organolépticas de la tunta) .....	09
2.1.7. Rendimiento de producción de tunta.....	09
2.2. LIOFILIZACION .....	11
2.2.1. Definición.....	11
2.2.2. Características de la liofilización .....	12
2.2.3. Diferencias entre la deshidratación convencional y la liofilización .....	12
2.2.4. Fundamento teórico de la liofilización) .....	14
2.2.4.1. Congelación.....	14
2.2.4.2. Sublimación .....	15
2.2.5. Proceso de liofilización.....	15
2.2.6. Etapas primaria y secundaria de secado.....	17
2.2.7. Velocidad de transferencia calórica.....	17
2.2.7.1. Transferencia calórica a través de la capa de alimento congelado) .....	17
2.2.7.2. Transferencia calórica a través de la capa del alimento liofilizado.....	18
2.2.7.3. Calentamiento por microondas .....	18
2.2.8. Velocidad de transferencia de masa .....	18
2.2.9. Tipos de liofilizadores.....	19
2.2.9.1. Liofilizadores por contacto.....	19
2.2.9.2 Liofilizadores acelerados.....	19
2.2.9.3. Liofilizadores por radiación.....	19
2.2.9.4. Liofilizadores de calentamiento dieléctrico y por microondas .....	20
2.2.10. Liofilizadores tipo túnel.....	20
2.2.11 Efecto de la liofilización sobre los alimentos .....	21
2.3. REHIDRATABILIDAD .....	24

2.4. BALANCE DE MATERIA .....	24
2.4.1. Conservación de la materia.....	24
2.5. COSTOS DE PRODUCCION.....	25
2.5.1. Elementos de costos de producción.....	25
2.5.1.1. Materia prima.....	25
2.5.1.2. Mano de obra.....	25
2.5.1.3. Costes de fabricación.....	26
2.5.1. Costos de producción de la tunta.....	26
2.6. PROPIEDADES SENSORIALES DE LOS ALIMENTOS.....	27
2.6.1. Color.....	27
2.6.2. Olor.....	28
2.6.3. Sabor.....	28
2.6.4. Textura .....	29
2.7. EVALUACION Y MEDIDAS SENSORIALES .....	29
2.7.1. Pruebas sensoriales .....	30
2.7.2.1. Pruebas afectivas .....	30
2.7.2.2. Pruebas discriminativas .....	30
2.7.2.3. Pruebas descriptivas.....	31
III. MATERIALES Y METODOS.....	32
3.1. AMBITO DE ESTUDIO .....	32
3.1.1 Lugares de ejecución.....	32
3.2. MATERIALES.....	32
3.2.1. Materia prima.....	32
3.2.2. Reactivos y materiales de laboratorio .....	32
3.2.3. Equipos de laboratorio .....	33
3.2.4. Materiales e insumos para la cocción de la tunta .....	33
3.3. METODOLOGIA .....	35
3.3.1. Metodología de procesamiento de tunta tradicional y liofilizada .....	35
3.3.2. Descripción de la metodología .....	37
3.3.3. Metodología para la determinación de humedad.....	41
3.3.4. Metodología para la determinación de peso.....	41
3.3.5. Metodología para la determinación de textura .....	42
3.3.6. Metodología para la determinación del tamaño de rehidratación de la tunta .....	43
3.3.7. Metodología para la determinación de la forma de la tunta .....	44
3.3.7.1. Esfericidad .....	44
3.3.7.2. Redondez .....	45

3.3.7.3. Método descriptivo .....	45
3.3.8. Metodología para la determinación del rendimiento .....	46
3.3.8.1. Determinación de rendimiento para el proceso tradicional .....	47
3.3.8.1. Determinación de rendimiento para el proceso liofilizado.....	47
3.3.9. Metodología para la determinación del tiempo de rehidratación y ganancia de peso .	48
3.3.10. Metodología para la determinación de velocidad de rehidratación .....	49
3.3.11. Metodología para evaluar el análisis sensorial .....	50
3.3.12. Metodología para determinar costos de producción .....	50
3.3.13. Metodología del diseño para el análisis estadístico.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	53
4.1. ANALISIS DE HUMEDAD .....	53
4.2. ANALISIS DE TEXTURA .....	56
4.3. RESULTADO DE PESO .....	59
4.4. RESULTADO DE TAMAÑO DE REHIDRATAACION .....	61
4.5. RESULTADO DE FORMA .....	64
4.5.1. Índice de esfericidad .....	64
4.5.2. Índice de redondez .....	67
4.5.3. Descripción de forma .....	67
4.6. RESULTADO DE TIEMPO DE REHIDRATAACION .....	69
4.7. RESULTADO DE GANANCIA DE PESO .....	72
4.8. RESULTADO DE VELOCIDAD DE REHIDRATAACION.....	75
4.9. RESULTADO DE RENDIMIENTO .....	78
4.10. RESULTADO DE COSTOS DE PRODUCCION .....	79
4.11. RESULTADO DE ANALISIS ORGANOLEPTICO .....	81
4.11.1 Tunta cocida .....	81
4.11.1.1. Color .....	81
4.11.1.2. Olor .....	82
4.11.1.3. Sabor .....	83
4.11.1.4. Textura.....	84
4.11.2 Tunta cruda.....	81
4.11.2.1. Color .....	86
4.11.2.2. Olor .....	87
4.11.2.3. Textura.....	89
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	92
VII. BIBLIOGRAFIA	

## ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1: Diagrama de fases del agua.....	16
FIGURA 2: Liofilizador tipo túnel.....	21
FIGURA 3: Estructura porosa de los alimentos liofilizados .....	22
FIGURA 4: Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos .....	27
FIGURA 5: Diagrama de flujo de procesamiento de obtención de tunta (Tradicional y Liofilizada).....	36
FIGURA 6: Balance de materia para la determinación de peso .....	42
FIGURA 7: determinación de los diámetros de la tunta en sus tres ejes.....	44
FIGURA 8: Comparación en humedad de la tunta.....	55
FIGURA 9: Comparación en textura de la tunta.....	58
FIGURA 10: Comparación en pesos de la tunta .....	60
FIGURA 11: Comparación en tamaño de rehidratación de la tunta.....	63
FIGURA 12: Comparación de índice de esfericidad.....	66
FIGURA 13: Comparación en índice de redondez .....	68
FIGURA 14: Comparación en ganancia de peso en la tunta.....	71
FIGURA 15: Comparación en ganancia de peso en la tunta.....	74
FIGURA 16: Comparación en Velocidad de rehidratación de la tunta.....	77
FIGURA 17: Comparación en rendimientos de producción de la tunta .....	78
FIGURA 18: Comparación en costos de producción para los dos procesos en estudio .....	79
FIGURA 19: Atributo sensorial de color para la tunta cocida.....	81
FIGURA 20: Atributo sensorial de olor para la tunta cocida .....	82
FIGURA 21: Atributo sensorial de sabor para la tunta cocida .....	83
FIGURA 22: Atributo sensorial de textura par la tunta cocida .....	84
FIGURA 23: Atributo sensorial de color para la tunta cruda.....	86
FIGURA 24: Atributo sensorial de olor para la tunta cruda.....	88
FIGURA 25: Atributo sensorial de textura para la tunta cruda.....	89

INDICE DE CUADROS	Pág.
CUADRO 1: Composición nutricional de la tunta en 100 gramos.....	04
CUADRO 2: Variedades de papa empleadas con mayor frecuencia.....	05
CUADRO 3: Etapas para el procesamiento de la tunta.....	05
CUADRO 4: Tamaños de tunta de acuerdo a su forma .....	08
CUADRO 5: Rangos de tunta en unidades por kg de acuerdo a su forma .....	08
CUADRO 6: Características básicas que identifican la calidad de la tunta.....	10
CUADRO 7: Rendimientos de producción de tunta de acuerdo a la variedad de papa .....	10
CUADRO 8: Diferencias entre el secado convencional y el secado por liofilización.....	13
CUADRO 9: Perdidas vitamínicas durante la liofilización.....	23
CUADRO 10: Componentes de los costos de producción de la tunta .....	26
CUADRO 11: Tabla de descripción para la determinación de la forma de frutas y vegetales.....	46
CUADRO 12: Análisis de varianza para el modelo D.C.A .....	52
CUADRO 13: Resultados de análisis de humedad de la tunta en sus diferentes condiciones.....	53
CUADRO 14: ANVA para el análisis de humedad .....	54
CUADRO 15: Prueba de Duncan para el análisis de humedad.....	54
CUADRO 16: Resultados de análisis de textura .....	56
CUADRO 17: ANVA para el análisis de textura .....	57
CUADRO 18: Prueba de Duncan para el análisis de textura.....	57
CUADRO 19: Resultado en evaluación física de peso.....	59
CUADRO 20: ANVA para la evaluación física de peso .....	59
CUADRO 21: Prueba de Duncan para la prueba física del peso .....	60
CUADRO 22: Resultado de tamaño de rehidratación de la tunta.....	62
CUADRO 23: ANVA para la prueba física de tamaño de rehidratación.....	62
CUADRO 24: Prueba de Duncan para la prueba física de tamaño de rehidratación.....	63
CUADRO 25: Resultados en índice de esfericidad de la tunta.....	64
CUADRO 26: ANVA para el índice de esfericidad .....	65
CUADRO 27: Prueba de Duncan para el índice de esfericidad de tunta.....	65
CUADRO 28: Resultados de índice de redondez para la tunta.....	67
CUADRO 29: ANVA para el índice de redondez de la tunta .....	67
CUADRO 30: prueba de Duncan para el índice de redondez de la tunta.....	68
CUADRO 31: Resultados de tiempo de rehidratación de tunta.....	69
CUADRO 32: ANVA para el tiempo de rehidratación de la tunta .....	70

CUADRO 33: Prueba de Duncan para el tiempo de rehidratación .....	70
CUADRO 34: Ganancia de peso en tuntas .....	72
CUADRO 35: ANVA para la ganancia de peso en la tunta .....	73
CUADRO 37: Resultados en velocidad de rehidratación de la tunta .....	73
CUADRO 36: Prueba de Duncan para la ganancia de peso .....	75
CUADRO 38: ANVA para la velocidad de rehidratación.....	76
CUADRO 39: Prueba de Duncan para la velocidad de rehidratación.....	76
CUADRO 40: ANVA para el atributo color de la tunta cocida.....	81
CUADRO 41: ANVA para el atributo olor de la tunta cocida.....	83
CUADRO 42: ANVA para el atributo sabor de la tunta cocida.....	84
CUADRO 43: ANVA para el atributo textura de la tunta cocida.....	85
CUADRO 44: Prueba de Duncan para la textura de la tunta cocida.....	85
CUADRO 45: ANVA para el atributo color de la tunta cruda .....	87
CUADRO 46: Prueba de Duncan para el color de la tunta cruda .....	87
CUADRO 47: ANVA para el atributo olor de la tunta cruda .....	88
CUADRO 48: ANVA para el atributo textura de la tunta cruda .....	90
CUADRO 49: Prueba de Duncan para la textura de la tunta cruda .....	90

## ANEXOS

ANEXO 1: Datos registrados durante el proceso de liofilización. ....	i
ANEXO 2: certificado de análisis de humedad de la tunta en sus diferentes condiciones. ....	ii
ANEXO 3: Detalle de los cálculos para la determinación de peso. ....	iii
ANEXO 4: Certificado de análisis de textura de la tunta. ....	iv
ANEXO 5: Detalle de los cálculos para la determinación de tamaño de rehidratación. ....	v
ANEXO 6: Detalle de las operaciones en la determinación de índice de esfericidad. ....	vi
ANEXO 7: Detalle de las operaciones en la determinación de índice de redondez. ....	vii
ANEXO 8: Datos registrados en la operación de tiempo de rehidratación y ganancia de peso. ....	viii
ANEXO 9: Detalle de las operaciones en ganancia de peso. ....	ix
ANEXO 10: Detalle de las operaciones en velocidad de rehidratación. ....	x
ANEXO 11: Curva de velocidad de rehidratación y ajuste a base logarítmica. ....	xi
ANEXO 12: Resultados de evaluación sensorial de la tunta ....	xii
ANEXO 13: Detalles de los cálculos para la determinación del costos unitario de producción. ....	xiii
ANEXO 14: Formato de análisis de sensorial para la tunta. ....	xiv
ANEXO 15: Fotografías digitales del proceso de desarrollo del presente trabajo de investigación. ....	xv

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudio el efecto de la liofilización en las propiedades físico-sensoriales de la tunta, siendo los objetivos específicos: determinar las características físicas en tamaño de rehidratación, forma, peso y rendimiento, determinar tiempo de rehidratación, ganancia de peso y velocidad de rehidratación, determinar las características sensoriales del producto cocido y comparar los costos de producción. La materia prima empleada fue papa dulce de la variedad Chaska. Las pruebas de liofilización se desarrollo en el Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias-UNSA-AREQUIPA, el procesamiento de tunta se llevo a cabo en el centro poblado de Chingany jurisdicción de Chijichaya- llave-Collao, las pruebas físicas se realizo en Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial-UNA-PUNO y las pruebas sensoriales de la tunta se realizo en la Planta de acopio "Los Aymaras"-llave-El Collao. La metodología experimental se ha conducido en un diseño completamente al azar (DCA), con factores de estudio: técnicas de secado (medio ambiente T1 y liofilización T2) con distintas replicas para cada variable de respuesta, además se efectuó pruebas de comparaciones múltiples de Duncan para determinar la diferencia entre tratamientos. Los resultados más importantes a las que se llego con la técnica de liofilización son: el tamaño de rehidratación disminuye en 4.18%, el peso disminuye en 18.08% por obtenerse un producto más seco facilitando el transporte, el tiempo de rehidratación (remojo) disminuye en 14.67min (mejorándose notablemente el índice de calidad), convirtiéndose un producto casi instantáneo para su utilización u proceso. La ganancia de peso (derivado de la rehidratación) incrementa en 108.87%, es 7.2 veces más rápida en velocidad de rehidratación ( $6.34\text{gr}\cdot\text{min}^{-1}$ ), el rendimiento de producción disminuye en 2.05 % y el costo unitario de producción se incrementa en 60.01%, pero contrariamente nos brinda una calidad excepcional. En cuanto a la forma, el índice de esfericidad mejora en 10%, el índice de redondez en 16% y en su forma descriptiva se asemeja a una forma redonda y oblada. Finalmente los resultados organolépticos revelan que estadísticamente no existe una diferencia significativa en color, olor y sabor pero si en textura para la tunta en su estado cocido. Por otro lado, existe una diferencia significativa en color y textura pero no en olor para la tunta en su condición cruda, considerándose agradable y muy agradable por los panelistas que evaluaron. La textura es mejorada en 53% según análisis de laboratorio. En conclusión, se confirma la hipótesis que las características físico-sensoriales de la tunta obtenidas por liofilización son mejores que las conseguidas por el proceso tradicional.

## I. INTRODUCCION

Actualmente la región de Puno es el principal productor de tunta (aproximadamente el 80% de la producción nacional), actividad que se desarrolla desde tiempos ancestrales con una tecnología artesanal que se mantiene hasta hoy, este producto viene tomando mucha importancia por la creciente demanda de mercados Nacionales (Lima, Arequipa, Tacna, etc.) y de exportación (Bolivia y otros). Fonseca et al. (2008).

En el proceso de producción de tunta en forma artesanal, la operación de secado consiste en exponer al producto directamente a la insolación (radiación solar) y congelamiento durante las noches hasta lograr un producto seco para garantizar su conservación; esta tecnología tiene deficiencias tales como: los productos son expuestos al medio ambiente por lo que son propensos a la contaminación ambiental (partículas sólidas, vectores biológicos, microorganismos, etc.), el tiempo de secado son prolongados de 7 a 10 días aproximadamente dependiendo de la radiación solar, el tiempo de rehidratación (indicador de calidad) varía alrededor de 30 min y las características físicas-sensoriales que presentan son regulares por lo que una alternativa efectiva de superar estas deficiencias es aplicar la tecnología de secado por liofilización.

La tecnología de liofilización es conocida como el proceso de secado efectivo, porque por este método se obtiene una preservación óptima de las cualidades del producto original, esto quiere decir, que se mantiene sus propiedades tales como aroma, sabor, forma y color del producto, elevando su calidad del producto; además, provoca daños mínimos en su estructura y composición del producto, otra ventaja fundamental es que los productos liofilizados se rehidratan muy rápidamente casi al contenido de agua original. Fellows (1994).

El presente trabajo de investigación pretende contribuir en el estudio físico-sensorial de la tunta por aplicación de la técnica de secado por liofilización, así esta pueda aprovecharse como una alternativa de proceso para la producción industrial de la tunta, ya que nuestro país está en un proceso de apertura libre mercado con otros países internacionales (firma de T.L.C.) y es importante estar preparados para esas

oportunidades y aprovecharlas al máximo.

Los objetivos desarrollados del proceso tradicional y de liofilización son:

- Determinar las características físicas del producto en: tamaño de rehidratación, forma, peso y rendimiento
- Determinar el tiempo de rehidratación, ganancia de peso del producto rehidratado y la velocidad de rehidratación
- Determinar las características organolépticas del producto cocido
- Comparar los costos de producción.



## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 LA TUNTA

**2.1.1 DEFINICION:**, La tunta se define como un alimento elaborado mediante un proceso de deshidratación de tubérculos a través de sucesivos congelamientos (con protección solar), sumergido en agua corriente (río) y secado al sol. La Tunta posee color blanco, superficie áspera con hendiduras, propia de los ojos del tubérculo que le dio origen. NTP 011.400 (2007).

Tunta viene de la palabra “tunt jata” que significa remojado; una voz aymara. La tunta es uno de los primeros productos de la humanidad que se elabora empleando la técnica de congelado y descongelado, bajo los factores climáticos de las intensas heladas y la radiación solar del altiplano. La tunta, también denominada moraya o chuño blanco es producto de un proceso ancestral que se desarrollo en los andes peruanos. Para la elaboración de este producto los pobladores andinos usaron un método tradicional y artesanal, aprovechando los elementos de la zona y el rigor del clima altiplánico. Obteniéndose mediante un proceso natural que dura aproximadamente 50 días, aprovechando las heladas pronunciadas que se presentan en los meses de mayo, junio y julio, acompañado de la fuerte insolación. Dirección Regional Agraria (2005).

### 2.1.2 ZONAS DE PRODUCCION

La tunta se elabora en la región alto andina sobre los 3800 m.s.n.m. La zona altiplánica de Puno tiene aproximadamente el 80% de la producción nacional, destacando las provincias de El Collao, Carabaya, Lampa, Chucuito y Azángaro, las cuales poseen clima frío, geografía plana y ríos con caudal apropiado, condiciones favorables para su elaboración. Fonseca et al. (2008).

### 2.1.3 COMPOSICION NUTRICIONAL DE LA TUNTA

Destaca en su composición nutricional la concentración de almidón, que le confiere un alto valor calórico, también el contenido de minerales como el calcio y el hierro (Cuadro 1), en concentraciones superiores a las del arroz y del trigo.

**CUADRO 1: Composición nutricional de la tunta en 100 gramos**

ELEMENTOS BASICOS	CANTIDAD
Energía (Kcal.)	323
Agua (gr.)	18.10
Proteína (gr.)	1.90
Carbohidratos (gr.)	77.70
Fibra (gr.)	2.10
Calcio (mg.)	92
Fósforo (mg.)	54
Hierro (mg.)	3.3

**FUENTE:** Fonseca et al. (2008).

#### 2.1.4 MATERIA PRIMA PARA OBTENER TUNTA

La tunta es un producto deshidratado que se obtiene de los tubérculos de la papa. Es elaborado con una tecnología artesanal, bajo las condiciones naturales del clima y geografía del altiplano. No requiere insumos adicionales para su procesamiento.

Los tubérculos frescos de papa (recién cosechados) constituyen la materia prima para la elaboración de la tunta; se emplean diversas variedades, entre nativas y mejoradas (Cuadro 2). En el grupo de las nativas se incluyen las variedades conocidas como papas amargas, que se caracterizan por su alto contenido de “glicoalcaloides” (sustancia de sabor amargo); en la antigüedad la tunta se elaboraba exclusivamente con dichas variedades, dado que el remojo prolongado en el río favorece el lavado de los “glicoalcaloides”, haciendo posible su consumo. Fonseca et al. (2008).

**CUADRO 2: Variedades de papa empleadas con mayor frecuencia**

TIPO DE PAPA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
NATIVA AMARGA	<i>S. Juzepczukii</i>	Piñaza, Lucki, Loca
	<i>S. Curtilobum</i>	Choquepito, Parina
NATIVA DULCE	<i>S. tuberosum</i>	Imilla negra, Imilla blanca, Sani imilla,
	<i>spp andigena</i>	Peruanita, Palita
MEJORADA	<i>S. tuberosum</i>	Canchán, Ch'aska,
	<i>spp andigena</i>	Perricholi, etc.

**FUENTE:** Fonseca et al. (2008).

### 2.1.5 PROCESAMIENTO DE LA TUNTA

La transformación de los tubérculos de papa fresca en tunta comprende diez fases tal como se aprecia en el cuadro 3, las cuales garantizan la obtención de un producto de buena calidad:

**CUADRO 3: Etapas para el procesamiento de la tunta**

FASE	PROCESO UNITARIO
I	RECEPCION
II	SELECCIÓN Y CLASIFICACION
III	PRIMER CONGELADO
IV	INMERSION EN AGUA
V	SEGUNDO CONGELADO
VI	DESCASCARADO Y LAVADO
VII	SECADO
VIII	ROZADO Y VENDEO
IX	SELECCIÓN Y ENVASADO
X	ALMACENAMIENTO

**FUENTE:** Fonseca et al. (2008).

### **2.1.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

**2.1.5.1.1 RECEPCION:** Con la recepción de diversas variedades de papa fresca, se da inicio al largo proceso de transformación de la papa en tunta. Estas variedades forman parte de la reciente cosecha de los productores, o son adquiridas de otras regiones cercanas, en especial las variedades mejoradas.

**2.1.5.1.2 SELECCIÓN Y CLASIFICACION:** Principalmente son las mujeres quienes se encargan de la selección de la papa, ya que se necesita tener un especial cuidado por los detalles que implica una buena selección. En esta etapa se debe clasificar la papa de acuerdo al tamaño (grande, mediano, chico), y a la variedad (ch'aska, locka, occocuri, etc. ) para lograr un mejor efecto de la helada y uniformidad en el congelado, de igual forma se debe de seleccionar la papa según su sanidad, separando la papa sana de la dañada (partida, agusanada, podrida, ciega, etc.) y por último se registrar el peso de las papas que serán usadas para la elaboración de la tunta.

**2.1.5.1.3 PRIMER CONGELADO:** Para el congelado, las papas se exponen a las temperaturas propias del invierno, inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ , durante tres a cuatro noches. Las zonas apropiadas son las pampas o "chuñahuis", ubicadas en los patios de las casas o en las playas adyacentes al río. Las papas congeladas recoger antes de la salida del sol y cubrirlo con mantas gruesas hasta la puesta del sol. Repetir la operación durante cuatro días de lo contrario la papa se volverá negra como el chuño. El proceso concluye cuando al chocar los tubérculos entre sí, suenan como piedras.

**2.1.5.1.4 INMERSION EN AGUA:** Los tubérculos de papa congelados se sumergen en el río por un periodo largo, entre 21 y 30 días, según la variedad de papa. Para ello, se instalan en el río pozas o jaulas con mallas que puedan resistir aproximadamente de una a tres toneladas.

**2.1.5.1.5 SEGUNDO CONGELADO:** Se trata de volver a congelar los tubérculos de papa ya remojados por una sola noche. Por la tarde se extraen del río, con ayuda de un colador gigante o "wiscaña" y se extienden sobre una capa de paja

limpia y mallas. Esto favorece el escurrimiento y el oreado, así como el descascarado.

**2.1.5.1.6 DESCASCARADO Y LAVADO:** Esta labor se realiza en la madrugada, a fin de tener los tubérculos de papa aun húmedos y la cáscara semi desprendida. Generalmente participan parejas de hombres. El descascarado se procede mediante el apisonado, usando botas de jebe limpias y desinfectadas con agua clorada, en seguida enjuagar los tubérculos de papa en el río repetidas veces hasta que el agua de enjuague salga transparente y por último se realizar el último enjuague con agua clorada, en un balde grande o tina. La dosis de agua clorada es: una cuchara de lejía para una tina de agua de 7 a 10 litros.

**2.1.5.1.7 SECADO:** Para el secado es importante una buena dispersión de la tunta aún húmeda para facilitar la exposición al sol y a las heladas nocturnas durante siete días aproximadamente. Las mujeres tienen especial cuidado en ello. En las noches con neblina conviene tapar la tunta con mantas, para evitar el amarillamiento.

**2.1.5.1.8 ROZADO Y VENDEO:** Una vez seca la tunta, parejas de varones colocan una arroba de tunta en una manta de malla y la balancean de un lado a otro, provocando el roce entre las tuntas y el pelado final. Inmediatamente después, las mujeres proceden al venteado para separar completamente los restos de cáscara.

**2.1.5.1.9 SELECCIÓN Y ENVASADO:** La selección es la labor final. Requiere de especial cuidado porque ello influirá en el precio y su destino comercial.

Según la NTP 011.400 (2007), la tunta de acuerdo a su forma se puede clasificar en base a su tamaño o a su peso tal como se muestra en los cuadros 4 y 5.

**2.1.5.1.9.1 POR SU TAMAÑO:****CUADRO 4: Tamaños de tunta de acuerdo a su forma.**

TAMAÑO	FORMA	
	REDONDOS(cm)	ALARGADOS(cm)
Grande	5.1 a mas	7.0 a mas
Mediano	3.9 – 5.0	5.5 – 7.0
Pequeña	3.9 a menos	5.5 a menos

**FUENTE:** NTP 011. 400 (2007).**2.1.5.1.9.2 POR SU MASA (PESO)****CUADRO 5: Rangos de tunta en unidades por kg de acuerdo a su forma.**

FORMA	TAMAÑO	UNIDADES/kg
Alargada	Grande	70 a menos
Redonda	Grande	58 a menos
Alargada	Mediana	71 – 91
Redonda	Mediana	59 – 79
Alargada	Pequeña	92 a mas
Redonda	Pequeña	80 a mas

**FUENTE:** NTP 011. 400 (2007).

En cuanto al envase: Envasar la tunta en sacos de polipropileno de primer uso (nuevos) o de segundo uso, previo lavado. Usar etiquetas para la información básica: nombre de la variedad, categoría, peso y fecha de envasado.

**2.1.5.1.10 ALMACENAMIENTO:** La tunta por lo general se almacena en un espacio habilitado dentro de las viviendas de los productores. Éste debe ser cerrado, con techo y paredes fáciles de limpiar. Las ventanas deben estar selladas con mallas para evitar el ingreso de roedores y otros vectores.

### **2.1.6 CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DE LA TUNTA.**

Para el consumidor, los atributos más importantes de los alimentos los constituyen sus características organolépticas (textura, bouquet, aroma, forma y color). Son estas las que determinan las preferencias individuales por determinados productos. Pequeñas diferencias entre las características organolépticas de productos semejantes de marcas distintas son a veces determinantes de su grado de aceptabilidad. Constituye un objetivo constante para el industrial alimentario el mejorar su tecnología de elaboración para mantener o mejorar las características organolépticas de sus productos tratando de reducir las modificaciones que en ellos provoca el proceso de elaboración. Fellows (1994).

La tunta posee características singulares: se trata de tubérculos enteros deshidratados y de color blanco con un peso muy liviano, sus formas y tamaños son diversos, entre redondos y alargados de acuerdo a la variedad de papa empleada; un lote de tunta de buena calidad desde el punto de vista comercial debe reunir siete características básicas: forma, color, tamaño, rehidratación, sabor, textura y olor tal como se detalla en el cuadro 6. Fonseca et al. (2008).

### **2.1.7 RENDIMIENTO DE PRODUCCION DE TUNTA**

Según Mamani (2003), el rendimiento de producción de tunta aproximadamente es de 4.48 kg de papa para 1 kg de tunta (chuño blanco), esta depende de varios factores tales como la calidad, variedad, el lugar de procesamiento y del número de días que permanece inmerso en el río.

De acuerdo a la variedad de papa (dulce o amarga), el rendimiento varia tal como se presenta en el cuadro 7:

**CUADRO 6: Características básicas que identifican la calidad de la tunta.**

FORMA	COLOR	OLOR	TAMAÑO	REHIDRATACION	TEXTURA Y SABOR
De forma redonda o alargada de acuerdo a la variedad de papa empleada. Ejemplo, Ch'aska: redonda y Locka: alargada.	El color debe de ser de preferencia blanco intenso; pero la gama de color puede extenderse hasta blanco-mate. No es recomendable la presencia de manchas amarillentas o de color oscuro	El olor de un alimento contribuye al placer de comer. Debe tener olor suave, a hierbas acuáticas. No debe presentar olores fuertes o fétidos.	se considera tres categorías:	Es el tiempo que debe remojarse la tunta para que se ablande y pueda cocinarse fácilmente. Este tiempo puede variar entre 10 minutos a media hora.	<b>Textura</b> suave y esponjosa, en especial las variedades nativas.  <b>Sabor</b> agradable, ligeramente insípido. Combina bien con comidas de sabores fuertes. Tiene la propiedad de absorber los sabores de los ingredientes que la acompañan durante su cocción.
			<b>Grandes.</b> Si es redonda, mayor de 5.1 cm. de diámetro; si es alargada, mayor de 7 cm. de largo.		
			<b>Mediana.</b> Si es redonda, de 3.9 a 5 cm. de diámetro; si es alargada, de 5.5 a 7 cm. de largo		
			<b>Pequeña.</b> Si es redonda, menor de 3.9 cm. de diámetro; si es larga, menor de 5.5 cm. de largo.		

**FUENTE:** Fonseca et al. (2008).

**CUADRO 7: Rendimientos de producción de tunta de acuerdo a la variedad de papa.**

VARIEDAD	KG DE PAPA	RENDIMIENTO PROMEDIO EN (kg)	KG DE CHUÑO BLANCO	%
PAPA AMARGA	570000	4.10:1	117100	20.54
PAPA DULCE	1782000	4.86:1	366950	20.59
<b>TOTAL</b>	<b>2352000</b>	<b>4.48:1</b>	<b>484050</b>	<b>20.58</b>

**FUENTE:** Mamani (2003).

## 2.2 LIOFILIZACION

### 2.2.1 DEFINICION

Llamado también criodesecación, es un método de desecado de alimentos en la que el producto se deshidrata congelándolo primero y sublimando después el hielo desde el estado congelado. El proceso consiste en congelar el alimento, crear un cierto vacío y calentarlo ligeramente para sublimar. Alcázar (2002).

La liofilización, también llamada criodeshidratación o secado en estado congelado, es otra de las técnicas de conservación de alimentos por reducción de su actividad de agua. Destaca frente a las restantes por respetar en grado sumo las propiedades organolépticas y nutritivas del alimento procesado. Otra ventaja asociada a esta técnica es la porosidad del producto tratado, que le confiere una muy buena rehidratabilidad. Rodríguez et al. (2002).

La técnica de la liofilización (freeze-drying) consiste en la transformación directa (sublimación) del hielo de un alimento congelado en vapor de agua, la sublimación solo se puede hacer si la temperatura y la presión parcial de vapor del hielo son inferiores a las del punto triple (en torno a 0°C y 4,58 torrs.). La sublimación es de carácter endotérmica y el calor de sublimación es del orden de 680 kcal/kg de agua. Por lo tanto, es necesario aportar calor hasta conseguir la sublimación; pero este aporte debe controlarse con precisión, para evitar la fusión, aunque sea parcial, del alimento congelado. Cheftel et al. (1999).

La liofilización se desarrollo para superar las pérdidas de los compuestos responsables de los aromas en alimentos, los cuales se perdían en las operaciones convencionales de secado y consiste en dos etapas: 1) el producto se congela y 2) el producto se seca por sublimación directa del hielo bajo una presión reducida, este método es considerado como un método efectivo para ampliar la vida media de los alimentos. Barbosa y Vega (2000).

### 2.2.2 CARACTERISTICAS DE LA LIOFILIZACION

Barbosa y Vega (2000), la liofilización tiene dos características importantes que son:

1. virtual ausencia de aire durante el procesado. La ausencia de aire y la baja temperatura previene el deterioro debido a la oxidación o las modificaciones del producto.
2. secado a una temperatura inferior a la ambiente: los productos que se descomponen o sufren cambios en su estructura, textura, apariencia y/o aromas como consecuencia de temperaturas altas, pueden secarse bajo vacío con un daño mínimo.

### 2.2.3 DIFERENCIAS ENTRE LA DESHIDRATACION CONVENCIONAL Y LA LIOFILIZACION

La liofilización ofrece con una calidad muy superior a la que se obtendría por técnicas de secado convencionales. Por otra parte un alimento liofilizado envasado a vacío o almacenado en una atmósfera de gases inertes puede conservarse en buenas condiciones durante al menos un año. En general esta técnica no altera sus propiedades, así las reacciones de pardeamiento no enzimático, que se desarrolla hacia contenidos en agua intermedios, no tiene de una manera apreciable. La velocidad de sublimación del hielo es lo suficientemente rápida como para reducir esta fase de transición evitando la aparición de olores y sabores asociados a estas reacciones y las posibles pérdidas de valor nutritivo del alimento. Rodríguez et al. (2002).

Los productos liofilizados pueden volver a su forma y estructura original por adición de agua. La estructura esponjosa del producto liofilizado permite una rápida rehidratación del mismo. Las características del producto rehidratado son análogas a las que poseía el producto fresco. La porosidad de los productos liofilizados permite una rehidratación mucho más completa y rápida que la de alimentos secados por aire. Barbosa y Vega (2000).

Las diferencias básicas que se presentan se pueden apreciar en el siguiente cuadro 8.

**CUADRO 8: Diferencias entre el secado convencional y el secado por liofilización.**

<b>DESHIDRATAACION CONVENCIONAL</b>	<b>LIOFILIZACION</b>
Eficaz, si se trata de alimentos fácilmente deshidratables (verduras y granos)	Es un sistema eficaz para la mayor parte de los alimentos, pero generalmente solo se emplea cuando los otros métodos resultan ineficaces.
Inadecuado para la carne	Eficaz con carnes crudas o cocidas
Rango de temperatura 37 - 93°C	Temperaturas inferiores a las del punto de congelación.
Presión atmosférica	Presiones inferiores a la atmosférica (27-133 Pa)
Evaporación del agua desde la superficie del alimento	El agua se sublima desde el frente de hielo
Migración de los solutos y en algunas ocasiones, acorchado o endurecido	Migración de los solutos mínimo
El stress que se genera en alimentos sólidos provoca daños estructurales y retracción	Cambios estructurales y retracción mínimos
Rehidratación lenta e incompleta	Rápida y completa rehidratación
Las partículas sólidas o porosas son a veces más pesadas que el alimento original	Las partículas de material deshidratado poseen menos densidad que el alimento original
Frecuentes olores y aromas anormales	Olores y aromas generalmente normales
El color generalmente es oscuro	Color generalmente normal
Se pierde valor nutritivo	Perdidas de nutrientes mínimos
Mas barato	Hasta cuatro veces más caro que la deshidratación convencional.

**FUENTE:** Fellows (1994).

## 2.2.4 FUNDAMENTO TEORICO DE LA LIOFILIZACION

### 2.2.4.1 CONGELACION

Es una operación unitaria en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, generalmente a  $-18^{\circ}\text{C}$  o menos, con lo que una gran parte del agua contenida en el producto cambia de estado formando cristales de hielo. La congelación no solo es un cambio en el calor sensible del alimento, sino que también es necesario eliminar el calor latente asociado al cambio de fase correspondiente a la transformación de una parte de agua líquida en hielo. Alcázar (2002).

La congelación de los alimentos es un método de conservación, que consiste en reducir la temperatura del producto a niveles por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$  que evitara un descenso significativo en la velocidad de crecimiento de microorganismos y. por lo tanto, en el deterioro del producto debido a la actividad microbiana. La misma influencia de la temperatura puede aplicarse a la mayoría de las reacciones que pudieran ocurrir en el producto, tales como las reacciones enzimáticas y de oxidación. Además, la formación de cristales de hielo dentro del producto disminuye la disponibilidad del agua para participar en dichas reacciones. Cuanto menor sea la temperatura y más agua pase al estado sólido, menos agua se encontrara disponible para intervenir en las reacciones que pueda causar el deterioro del producto. Singh y Heldmam (1998),

La temperatura y tiempo de congelación de productos alimentarios es función de los solutos en solución que contiene. La temperatura de congelación para el agua pura permanece constante en el punto de congelación hasta que el agua se ha congelado. Para alimentos, la temperatura de congelación es más baja que para el agua pura, que los solutos del agua no congelada se van concentrando y la temperatura de congelación va disminuyendo continuamente hasta que la solución queda congelada, convergiéndose al final en una masa rígida. Barbosa Y Vega (2000).

#### **2.2.4.2 SUBLIMACION**

Es la transformación directa del sólido a vapor, sin pasar por la fase líquida. Se logra cuando la temperatura y la presión de vapor de la superficie del sólido, por ejemplo hielo, se encuentran por debajo del punto triple (aproximadamente 0°C y 4.5 mm de Hg en el caso del agua). Alcázar (2002).

La velocidad de eliminación de agua por sublimación, está determinada por las velocidades de transmisión de calor y de transferencia de materia. Cuando la transmisión de calor es por conducción a través de la fracción seca o liofilizada del alimento, caso más habitual. En estas condiciones, la velocidad de propagación del calor hasta el frente de sublimación del hielo está condicionada por el espesor, área de transferencia y conductividad térmica del alimento, así como por el gradiente de temperaturas entre la superficie del mismo y el frente del hielo. Dicha transmisión se ve muy desfavorecida por la conductividad térmica de la capa del alimento liofilizado, muy baja, cuyo espesor aumenta conforme avanza la operación. Rodríguez et al. (2002).

La resistencia al paso del calor se mitiga disminuyendo el tamaño y grosor de las piezas a tratar, y/o aumentando la diferencia de temperatura antes reseñada. Respecto a este último punto, interesa operar con una temperatura en el frente de hielo lo más alta posible, sin que ello origine su fusión. Así pues si se pretende un buen gradiente térmico se ha de actuar sobre la temperatura de la cámara, cuyo límite superior (40/50 °C) viene dado por la termosensibilidad del alimento. La temperatura en el frente de hielo se fija a través del valor establecido para la presión en la cámara. Es importante suministrar al hielo su calor de sublimación con una cierta velocidad de lo contrario se produce un descenso en su temperatura, que se traduce en una menor velocidad de deshidratación. Rodríguez et al. (2002).

#### **2.2.5 PROCESO DE LIOFILIZACION**

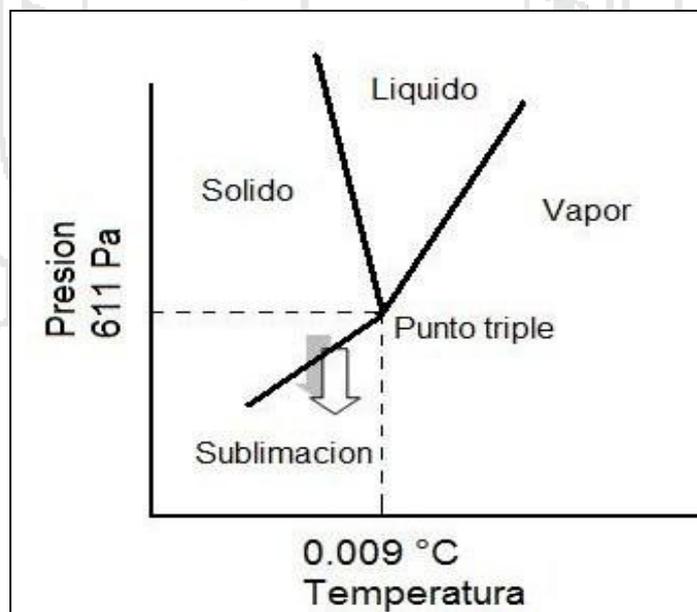
Según Fellows (1994), la primera fase de la liofilización es la congelación del alimento en una instalación convencional. Los alimentos de pequeño tamaño se congela más rápidamente, dando lugar a cristales de hielo muy pequeños que

dañan menos su estructura, por el contrario, en alimentos líquidos se procura que la congelación sea lenta, con el objeto que se forme una red cristalina que da a lugar a la formación de unos canales por los que el vapor de agua pueda escapar.

El proceso de liofilización ocurre cuando la presión de vapor de agua del alimento se mantiene por debajo de 4,58 Torr (610.5 Pa) y el agua se halla congelada, cuando el alimento se calienta el hielo se sublima directamente a vapor sin llegar a fundirse tal como se puede apreciar en la figura 1.

Manteniendo la presión en el liofilizador por debajo de la presión de vapor en la superficie del hielo (mediante una bomba de vacío) y condensando el vapor mediante un condensador de serpentín (a baja temperatura) se consigue que la liofilización prosiga hasta completarse. A medida que la liofilización progresa, el frente de la sublimación se traslada hacia el interior del alimento y el calor latente para la sublimación se conduce hasta allí por conducción, o se genera en la masa del alimento por efecto de las microondas. El vapor del agua escapa del alimento a través de los canales formados por la sublimación del hielo.

**FIGURA 1: Diagrama de fases del agua**



**FUENTE:** Fellows (1994).

La liofilización tiene lugar en dos fases: La primera el producto se sublima hasta un contenido de agua del 15% (sobre peso húmedo).

La segunda, que se produce por deshidratación evaporativa (desorción) del agua no congelada, el contenido en agua se reduce hasta un 2%(sobre peso húmedo); la desorción se consigue manteniendo el liofilizador a baja presión y elevando la temperatura hasta un valor próximo al del ambiente.

La velocidad de deshidratación depende principalmente de la resistencia que el alimento ofrece a la transferencia de calor y en menor grado, a la transferencia del vapor (transferencia de masa) desde el frente de sublimación.

De acuerdo a Barbosa y Vega (2000), la liofilización consta de dos etapas: congelación y secado. La congelación debe de ser muy rápida con el objeto de obtener cristales de hielo pequeños y en un estado amorfo. La etapa de secado se realiza a presiones bajas para permitir la sublimación del hielo.

#### **2.2.6 ETAPAS PRIMARIA Y SECUNDARIA DE SECADO**

Durante el proceso de liofilizado de pueden distinguir dos etapas de secado.

La primera de ellas es la sublimación del hielo bajo vacío. El hielo se sublima cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente debido a la baja presión en la cámara de secado, el vapor de agua generado en la interface de sublimación es eliminado a través de los poros. El condensador previene el retorno del vapor de agua hacia el producto.

La etapa secundaria de secado comienza cuando se ha agotado el hielo en el producto y la humedad proviene de agua parcialmente ligada en el material que se está secando. Barbosa y Vega (2000).

#### **2.2.7 VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA CALORICA**

Según Fellows (1994), El calor puede transmitirse al frente de sublimación por tres mecanismos diferentes que son:

##### **2.2.7.1 TRASFERENCIA CALORICA A TRAVES DE LA CAPA DE ALIMENTO**

**CONGELADO:** Esta depende del grosor y de la conductividad térmica de la capa del hielo, por lo que, a medida que la deshidratación progresa, el grosor de la

capa de hielo disminuye y en consecuencia, la velocidad de transferencia calórica aumenta. La temperatura en la superficie del alimento se controla cuidadosamente para evitar su descongelación.

#### **2.2.7.2 TRANSFERENCIA CALORICA A TRAVES DE LA CAPA DEL**

**ALIMENTO LIOFILIZADO:** Esta depende del grosor y área del alimento, de la conductividad térmica de la capa liofilizada y de la diferencia entre las temperaturas en la superficie del alimento y en el frente del hielo. Si la presión se mantiene constante en el liofilizador, la temperatura del frente de hielo también se mantiene constante. La capa del alimento deshidratado posee un coeficiente de conductividad térmica muy bajo (semejante al de los materiales aislantes) por lo que su resistencia al flujo calórico es muy elevada. A medida que la deshidratación progresa, esta capa aumenta de grosor, por lo que la resistencia también aumenta, en la liofilización con el objeto de evitar desnaturalización proteica y otras transformaciones químicas, la temperatura superficial no se permite que supere los 40 – 65°C.

**2.2.7.3 CALENTAMIENTO POR MICROONDAS:** En este sistema de calentamiento el calor se genera en el propio frente de hielo, por lo que la velocidad de transferencia calórica no depende de la conductividad térmica del hielo, ni de la capa de hielo del alimento liofilizado, ni de su grosor. Sin embargo, el sistema de calentamiento por microondas se controla con mayor dificultad.

#### **2.2.8 VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE MASA**

Cuando el calor llega al frente de la sublimación la temperatura y la presión de vapor en el aumentan. Como consecuencia de ello el vapor se desplaza desde el alimento a la zona de baja presión de 67Pa. Para ello, en la liofilización comercial se hace preciso eliminar varios centenares de metros cúbicos de vapor por segundo, que deberán escapar a través de los poros del alimento liofilizado. Los factores que controlan el gradiente de presión de vapor son:

- La presión en el interior de la cámara de liofilización.
- La T° del condensador de vapor( tanto la presión como la temperatura

deberán ser lo más bajas posible) y

- La temperatura de frente de hielo de sublimación (que debe de ser lo más elevada posible, sin que provoque la descongelación).

En la práctica la presión y temperatura más bajas utilizables, económicamente compatibles, son 13 Pa y  $-35^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Existe una temperatura máxima que el hielo no debe superar, una temperatura mínima para el condensador y una presión mínima en el liofilizador. Todas ellas controlan la velocidad de transferencia de masa.

### **2.2.9 TIPOS DE LIOFILIZADORES**

Según Fellows (1994), los liofilizadores se clasifican en:

#### **2.2.9.1 LIOFILIZADORES POR CONTACTO**

En estos liofilizadores, el alimento va colocado en bandejas compartimentadas que descansan sobre placas calefactores. En estas instalaciones es más lenta, ya que el calor se transmite por conducción tan solo por una cara del alimento. Además, el contacto entre el alimento a congelar y la superficie calefactora es desigual, lo que reduce la velocidad de transferencia calórico. Por otra parte, se produce también una caída de presión en la masa del alimento, que provoca diferencias entre la velocidad de liofilización de la capa superior e inferior. La velocidad a la que se mueve el vapor (3m/s aprox.) provoca que las partículas de menor tamaño resulten arrastradas. En compensación, la capacidad de liofilización de este tipo de instalación es más elevada.

#### **2.2.9.2 LIOFILIZADORES ACELERADOS**

En estas instalaciones entre el alimento y las placas calefactores existe una malla metálica. Ello hace que la transferencia de calor se más rápida que a través de placas continuas y que el vapor se elimine de la superficie del alimento con mayor facilidad, lo que reduce el tiempo de liofilización.

### **2.2.9.3 LIOFILIZADORES POR RADIACION**

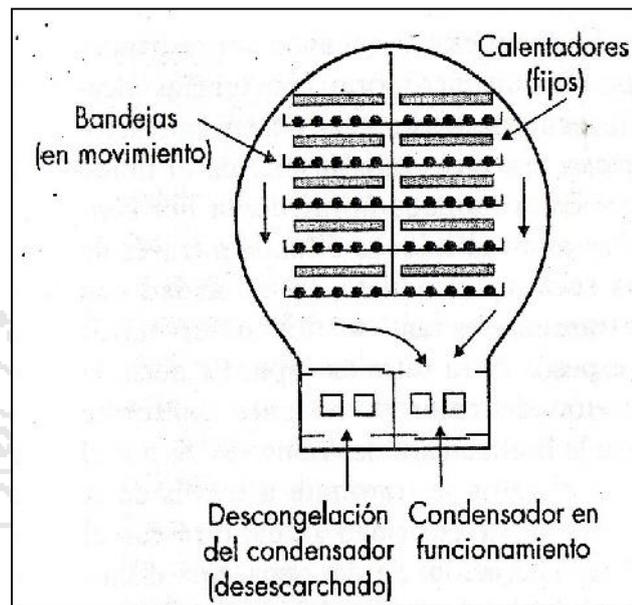
En estas instalaciones, el alimento, distribuido en bandejas en capas de poco grosor se calienta por radiación. Este sistema de calentamiento es más uniforme por radiación, ya que las irregularidades de la superficie del alimento influyen aquí menos sobre la velocidad de transferencia calórica. Además, no se produce una caída de presión en la masa del alimento, por lo que las condiciones de liofilización se mantienen constantes. Como la velocidad de vapor es de 1m/s aproximadamente, no existe el riesgo de arrastre de las partículas de menor tamaño. Por otra parte, no es preciso que exista un contacto íntimo entre el alimento y la superficie calefactora, por lo que puede utilizarse bandejas planas, que son más baratas y de más fácil limpieza.

### **2.2.9.4 LIOFILIZADORES DE CALENTAMIENTO DIELECTRICO Y POR MICROONDAS**

Los calentadores dieléctricos y por microondas tiene una aplicación potencial en la liofilización pero hasta el momento no han sido utilizados para este propósito en instalaciones industriales. La liofilización por microondas es un proceso difícil de controlar ya que el factor de pérdida de agua es más elevado que el del hielo y si en algún punto del alimento el hielo llegara a fundirse se provocaría una reacción de sobrecalentamiento en cadena.

### **2.2.10 LIOFILIZADORES TIPO TUNEL**

Consisten en una cámara cilíndrica de unos 2 m de diámetro, que incorpora en toda su longitud las placas calefactoras dispuestas a distintas alturas. Las bandejas se transforman en vagonetas, que circulan sobre unos raíles al efecto, de tal modo en su paso se intercalan entre las placas calefactores, fijas. Ciertos sistemas están dotados de un dispositivo hidráulico que permite mejorar el contacto entre las bandejas y las placas. La calefacción se controla por secciones el equipo representado en la figura 2, está provisto de unas esclusas de carga y descarga para preservar el vacío en su interior. El sistema de condensación es doble, alternativo, de forma que no se interrumpa la operación por necesidades de desescarchado. Se suele situar en la parte inferior del túnel, en los laterales de los raíles centrales. Rodríguez et al. (2002).

**FIGURA 2: Liofilizador tipo túnel**

**FUENTE:** Rodríguez et al. (2002).

Salas y Polanco (2003), los liofilizadores tipo túnel son equipos de gran capacidad de carga provistos de bandejas desplazables a rieles. La empresa Omniagro de Arequipa cuenta con este tipo de equipos para liofilizar ciertos productos vegetales. En sus cálculos de ingeniería, llega a determinar que el principal costo en que se incurre para el funcionamiento del sistema liofilizador es el costo por combustible, se tiene como dato que para liofilizar 562 kg (1 bacht) de maca pre tratada húmeda se requiere 40.81 gal/bacht para ser secadas en 11 horas.

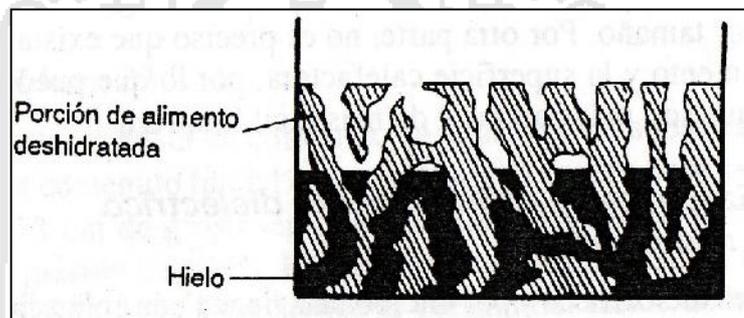
### 2.2.11 EFECTO DE LA LIOFILIZACION SOBRE LOS ALIMENTOS

Según Fellows (1994), Los alimentos liofilizados, correctamente envasados, se conservan más de 12 meses sin apenas modificación de su valor nutritivo y sus características organolépticas. Como los componentes del aroma no se encuentran ni en agua pura, ni en los cristales de hielo, durante la sublimación no son arrastrados por el vapor de agua y quedan, por consiguiente retenidos en la trama del alimento liofilizado. Por este sistema se consigue retener un 80% del aroma del alimento.

La liofilización apenas afecta a la textura del alimento, casi no provoca en ellos

retracción alguna y no endurece su capa superficial. La estructura porosa de los alimentos liofilizados (figura 3) hace que su rehidratación sea muy rápida. Sin embargo, son alimentos frágiles que deben de protegerse de eventuales daños mecánicos. El efecto de la liofilización sobre las proteínas, almidones y otros carbohidratos es mínimo. Sin embargo, su estructura porosa los hace accesibles al oxígeno, lo que puede provocar alteraciones por oxidación de sus lípidos. Para evitarlas, se envasan en atmósferas de gases inertes.

**FIGURA 3: Estructura porosa de los alimentos liofilizados**



**FUENTE:** Fellows (1994).

Los productos liofilizados que han sido adecuadamente empaquetados pueden ser almacenados durante tiempos ilimitados, reteniendo la mayoría de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y sensoriales de su estado fresco; además, reduce las pérdidas de calidad debidas a las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático. Sin embargo la oxidación de lípidos inducida por los bajos niveles de humedad conseguidos durante el secado, es superior en los productos liofilizados. Esta oxidación lipídica puede controlarse con envasados en paquetes impermeables al paso del oxígeno. El pardeamiento no enzimático apenas ocurre durante el secado, ya que la reducción de la humedad del producto en el proceso es casi instantánea. El uso de bajas temperaturas también reduce la desnaturalización de proteínas en este tipo de secado. Barbosa y Vega (2000).

La liofilización afecta poco a la tiamina y ácido ascórbico y las pérdidas que provoca en otras vitaminas son despreciables (cuadro 9). Sin embargo, las

etapas preparatorias de alimentos pueden afectar sustancialmente a su valor nutritivo y calidad global.

**CUADRO 9: Pérdidas vitamínicas durante la liofilización**

Alimento	Pérdidas (%)						
	Vit. C	Vit. A	Tiamina	Riboflavina	Acido fólico	Niacina	Acido Pantotenico
Judías(verdes)	26-60	0-24	-	0	-	10	-
Guisantes	8-30	5	0	-	-	0	10
Zumo de naranja	3	3-5	-	-	-	-	-
Carne de vacuno	-	-	2	0	+	0	13
Carne de cerdo	-	-	<10	0	-	0	56

**FUENTE:** Fellows (1994).

Según Barbosa y Vega (2000), la etapa de congelación provoca la separación de las soluciones acuosas presentes en los alimentos en una mezcla de dos fases, hielo y una solución concentrada de solutos. Como consecuencia de la formación de hielo, se reduce el encogimiento del producto y se consigue una estructura esponjosa que permite una fácil rehidratación. Además la movilidad de la fase concentrada es baja por lo que no se da ningún cambio estructural durante el secado, lo que contribuye a la estructura esponjosa mencionada previamente.

Otro efecto en los alimentos liofilizados es una estructura de densidad global baja que proviene de los espacios huecos en forma de aguja que previamente estaban ocupados por cristales de hielo.

Los componentes de los productos liofilizados son retenidos por atrapamiento en la matriz del alimento seco (micro regiones del alimento).

## 2.3 REHIDRATABILIDAD

La capacidad de rehidratación (rehidratabilidad) de un alimento previamente desecado es la propiedad relacionada con el grado y velocidad con que adquiere agua hasta alcanzar un contenido próximo al de su estado original. La restitución acuosa del producto depende de los cambios estructurales y físico-químicos que le haya podido causar la deshidratación, los cuales están determinados, a su vez, por la composición y por las condiciones de operación del proceso de secado seguido. Rodríguez et al. (2002).

La deshidratación del producto puede afectar a componentes tales como almidones y proteínas, que presentan una gran capacidad de retención de agua. La temperatura así mismo puede, afectar a la rehidratabilidad del producto final, tanto “per se” como por favorecer su retracción, especialmente durante las primeras etapas de la operación, donde puede llegar a alcanzar hasta el 40-50% de su volumen inicial. El control de la temperatura permite en tanto, mejorar la rehidratabilidad del producto al tiempo que se consigue un secado más uniforme. Los alimentos liofilizados, además de estar expuestos a unas temperaturas moderadas, presentan por lo general una apreciable porosidad, lo que les confiere una rápida notable capacidad de rehidratación. En si la mejora de la rehidratabilidad de un producto se suele centrar mas en el proceso de secado que en el propio proceso de reconstitución. Rodríguez et al. (2002).

## 2.4 BALANCE DE MATERIA

Los balances de materia son fundamentales en el control de los procesos, particularmente en el control del rendimiento de los productos. Earle (1998).

Mediante balances de materia pueden conocerse las composiciones de las corrientes de materias primas, productos, subproductos y residuos. Singh y Heldman (1998).

### 2.4.1 CONSERVACION DE LA MATERIA

Según Singh y Heldman (1998), la ley de la conservación de la materia puede expresarse matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que entra al sistema}} \end{array} - \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que sale del sistema}} \end{array} + \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia generada dentro del sistema}} \end{array} - \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia consumida dentro del sistema}} \end{array} = \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia acumulada dentro del sistema}} \end{array}$$

Si no hay generación ni consumo de materia, la ecuación se reduce a:

$$\begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que entra al sistema}} \end{array} - \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que sale del sistema}} \end{array} = \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia acumulada dentro del sistema}} \end{array}$$

Y en condiciones de estado estacionario, sin acumulación de materia en el sistema, la ecuación queda como:

$$\begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que entra al sistema}} \end{array} = \begin{array}{c} \boxed{\text{Materia que sale del sistema}} \end{array}$$

## 2.5 COSTOS DE PRODUCCION

El costo de producción representa los gastos incurridos y aplicados a una operación de manufactura. Está constituido por el total de los costos referidos a una operación a un objetivo o prestación de servicios, sin considerar los gastos de distribución ni los de administración. (Flores, 2000).

### 2.5.1 ELEMENTOS DE COSTOS DE PRODUCCION

Según Polemeni (1983), los costos de producción esta conformados por tres rubros que son:

#### 2.5.1.1 MATERIA PRIMA

Es el primer factor de costos de producción, son los principales recursos que se usan en la producción transformándose en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos.

#### 2.5.1.2 MANO DE OBRA

Está representado por la remuneración a los obreros que participan en la

producción o también podemos decir es el esfuerzo desarrollado para transformar la materia prima. Es aquella que se paga por alterar la composición o condición de la materia prima, estos costos se puede dividir en mano de obra directa y mano de obra indirecta.

### 2.5.1.3 COSTES DE FABRICACION

Llamado también gastos indirectos, cargas indirectas, costos indirectos y gastos de fabricación. Son aquellos gastos que se emplean para apoyar el proceso de producción sin intervenir directamente en el. Son aquellos que son necesarios para obtener el producto final pero que se consume con respecto al producto, se utiliza para acumular los materiales indirectos, la mano de obra indirecta y los demás costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con los productos específicos.

### 2.5.2 COSTOS DE PRODUCCION DE LA TUNTA

Según Mamani (2003), el costo de producción para la producción de 484 050 kg de tunta como producto final es de S/. 2.178/kg, está conformado por los siguientes rubros o componentes en que se incurren para dicho proceso con su respectivo porcentaje de participación tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**CUADRO 10: componentes de los costos de producción de la tunta.**

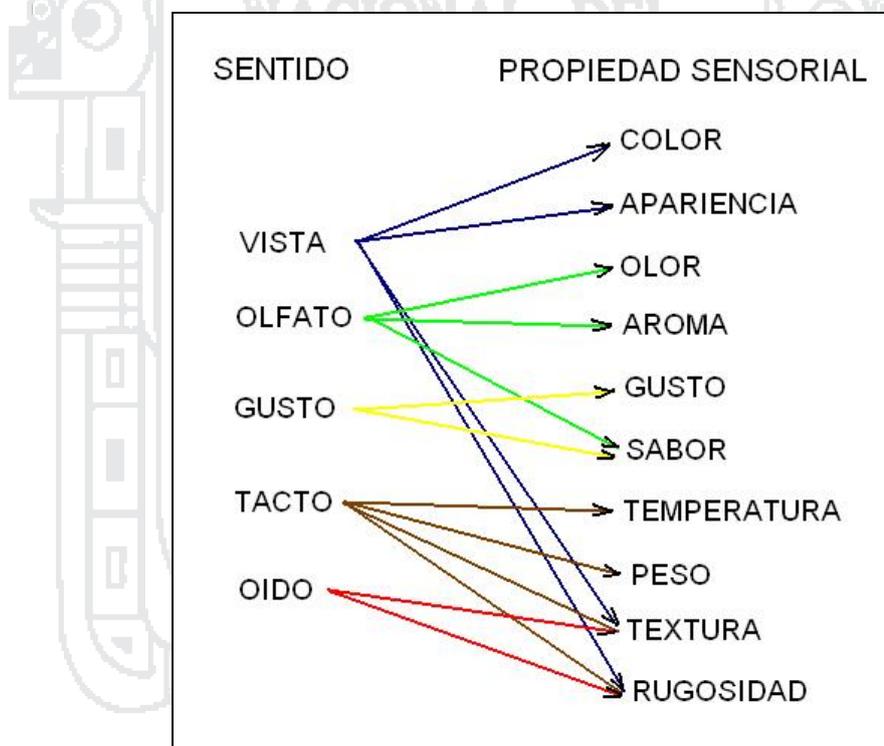
COMPONENTES	kg de papa	S/. X 4 camp	S/. X kg de insumo	Costo de producción por kg	%
<b>Compra de insumos</b>	2 352 000	706 860	0.301	1.460	67.06
<b>Costos de Transporte</b>	2 352 000	92 946	0.040	0.192	8.82
<b>Mano de obra</b>	2 352 000	237 829	0.101	0.491	22.56
<b>Materiales de producción</b>	2 352 000	11 760	0.005	0.024	1.12
<b>Otros gastos</b>	2 352 000	4 704	0.002	0.010	0.45
<b>TOTAL</b>		1 054 099	0.448	2.178	100.00

**FUENTE:** Mamani (2003).

## 2.6 PROPIEDADES SENSORIALES DE LOS ALIMENTOS

Según Anzaldúa (2005). Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos, tal como se muestra en la siguiente figura.

**FIGURA 4: Relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos.**



**FUENTE:** Anzaldúa (2005).

### 2.6.1 COLOR

Según Ureña y D'arrigo (1999), es la impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo, convirtiéndose así en un atributo del mismo y, por ende, en una propiedad sensorial. Cada color tiene una longitud de onda correspondiente a dicho color. Si se percibe que tiene un color verde, es porque el cuerpo refleja la longitud de onda correspondiente a dicho color habiendo

absorbido la luz de todas las demás longitudes de onda del espectro visible. Si reflejara además otras longitudes de onda tendría un color blanco y, por el contrario, al no reflejar ninguna sería negro.

El color de cualquier objeto tiene cuatro características que son:

- **El tono**, determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada.
- **La intensidad**, dependiente de la concentración de pigmentos presentes en el objeto.
- **El brillo**, que resulta de la relación entre la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo y la luz incidente sobre él.
- **La luminosidad**, que diferencia a los colores según si son más claros o más oscuros.

### 2.6.2 OLOR

El olor es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas por ciertos estímulos, presión natural o por objetos, puede clasificarse de la siguiente forma:

- Aromáticos: Anís, canela, vainilla, orégano, etc.
- Fructíferos: manzana, durazno, limón, melón, etc.
- Floríferos: jazmín, violeta, rosa, clavel, etc.
- Eféreos: éter, cloroformo, bencina, alcanfor, etc.
- Ardientes: té, café, madera, etc.
- Pútridos: cadáveres, excrementos, huevos podridos, etc.

La cantidad mínima de sustancia olorosa necesaria para que sea percibida como tal es denominada umbral de percepción, la que varía enormemente para cada olor, para cada persona y para cada especie animal. Ureña y D'arrigo (1999).

### 2.6.3 SABOR

El sabor como sensación, es definido como la interpretación psicológica de la respuesta fisiológica a estímulos físicos y químicos, causados por la presencia de componentes volátiles y no volátiles del alimento saboreado en la boca.

Luego, el sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura, por lo que su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

Son dos características del sabor de los alimentos cuando se relaciona su perceptibilidad con el tiempo: la rapidez de la percepción y la persistencia o sabor residual (regusto). La primera está definida por el tiempo que demora en ser percibido el sabor, la segunda por el tiempo que dura su sensación aun habiendo desaparecido el estímulo que lo propicio, así por ejemplo, el ácido cítrico es detectado rápidamente por la lengua mas no el ácido tartárico o málico que se tarda más en percibir y la sacarina que deja un regusto desagradable amargo. Ureña y D'arrigo (1999).

#### **2.6.4 TEXTURA**

Es la propiedad de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación, a esta deformación del alimento sólido se le llama textura, consistencia en el caso de los alimentos semisólidos y viscosidad en alimentos líquidos. La evaluación de la textura se puede realizar por métodos sensoriales e instrumentales, siendo estos últimos métodos indirectos cuyos resultados tienen sentido únicamente si están relacionados conceptualmente y estadísticamente con los obtenidos por métodos sensoriales, las cuales deben de considerarse como definitivos. Ureña y D'arrigo (1999).

#### **2.7 EVALUACION Y MEDIDAS SENSORIALES**

Según Cheftel et al. (1999), la evaluación correcta de las propiedades organolépticas de los productos fabricados, tienen una gran importancia comercial para la industria alimentaria. En efecto, se necesita asegurar un cierto nivel de calidad y frecuentemente poner a punto nuevos productos que correspondan a los gustos del consumidor.

La mayoría de las empresas utilizan equipos de degustadores constituidos por un gran número de personas poco entrenadas, o bien un equipo mucho más pequeña de degustadores entrenados. En este último caso los participantes se

seleccionan primero según sus capacidades: agudeza gustativa satisfactoria; umbral de detección de ciertos sabores; umbral de identificación; umbrales diferenciales (la mínima variación de intensidad que motiva la percepción de una diferencia). Aptitud para reconocer un cierto número de olores familiares. Aptitud para descomponer y analizar las sensaciones recibidas y describirlas utilizando un vocabulario preciso. Se verifica la fiabilidad de las respuestas y solo se utilizan personas que manifiestan interés por estos problemas. A continuación los miembros de jurado de degustadores se someten a un entrenamiento para mejorar su capacidad y hacerles comprender las diversas pruebas de evaluación organoléptica.

### **2.7.1 PRUEBAS SENSORIALES**

De acuerdo a Anzaldúa (2005), el análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas que son:

#### **2.7.1.1 PRUEBAS AFECTIVAS**

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos. Pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación.

Las pruebas de medición del grado de satisfacción son más intensos para manejar mas objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los jueces a cerca de cuanto les gusta o les disgusta un alimento. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas (verbales o graficas) que son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento o quienes lo prueban.

Las escalas hedónicas verbales son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben contener siempre un número impar de puntos y se debe incluir siempre el punto central (cero) "ni me gusta ni me disgusta"

### **2.7.1.2 PRUEBAS DISCRIMINATIVAS**

Son aquellas en las que no requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Estas pruebas son muy usadas en control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares, etc. Asimismo, por medio de ellas se puede determinar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto, las alteraciones introducidas por la sustitución de un ingrediente por otro (especialmente saborizantes y otros aditivos), etc.

Para las pruebas discriminativas pueden usarse jueces semientrenados cuando las pruebas son sencillas, tales como la de comparación simple, la dioptrio o la triangular; sin embargo, para lagunas comparaciones más complejas, como las comparaciones apareadas de Scheffe o las comparaciones múltiples, es preferible que los jueces sean entrenados, ya que hay que considerar deferencias en cuanto a algún atributo en particular y evaluar la magnitud de la diferencia.

### **2.7.1.3 PRUEBAS DESCRIPTIVAS**

Se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cual es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento.

Las pruebas descriptivas, por lo tanto, proporcionan mucho mas información acerca del producto que las otras pruebas; sin embargo, son mas difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe de ser más intenso y monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente ms laboriosa que en los otros tipos de prueba.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 AMBITO DE ESTUDIO

##### 3.1.1 LUGARES DE EJECUCION

Las pruebas de investigación se efectuaron en los siguientes lugares:

- Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-PUNO, en la cual se ha desarrollado las pruebas físicas de: tamaño de rehidratación, forma, rendimiento, velocidad de rehidratación, ganancia de peso y tiempo de rehidratación.
- Laboratorio de Microbiología y Físico-químico de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la UNSA-AREQUIPA., en la cual se ha efectuado las pruebas de liofilización, análisis de humedad, textura y peso.
- Centro poblado de Chingany jurisdicción de Chijichaya de ILAVE-COLLAO, lugar donde se ha procesado la tunta tradicional.
- Planta de acopio “Los Aymaras” ILAVE-COLLAO, donde se hizo las pruebas sensoriales de la tunta.

#### 3.2 MATERIALES

##### 3.2.1 MATERIA PRIMA

- 100 kg. de papa variedad dulce Chaska

##### 3.2.2 REACTIVOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- 500 ml de agua destilada
- 01 pliego de papel milimetrado
- 20 bolsas de polietileno de alta densidad de 20x30 cm.
- 01 caja isotérmica (tecnopor) de 40x24x30 cm.
- 01 papel aluminio de 10x10cm.
- 01 vidrio simple de 30x30 cm.
- 01 foco de 10 watts
- 02 Fiolas de 50ml y 100ml.
- 02 vasos de precipitación de de 100ml y 300ml.

- 01 pinza
- 01 Placa Petri
- 01 Cúter
- Uniforme para procesamiento

### 3.2.3 EQUIPOS DE LABORATORIO

- 01 balanza electrónica, marca Sartorius de 2000g.
- 01 balanza electrónica, marca Sartorius de 300 g.
- 01 balanza de humedad, marca Sartorius.
- 01 termómetro, marca Pocket de rango -50 a 150°C
- 01 cronometro, marca Casio.
- 01 vernier (Lizt Professional), marca Germany.
- 01 congeladora, marca Philips.
- 01 cámara digital, marca Olympus de 7.1 Megapixel x 5 Óptical Zoom.
- 01 equipo Liofilizador de laboratorio, marca Labconco Modelo 2.5 F.Z. Frezzone, n/s: 070166012F.
- 01 texturometro manual marca, Imada.
- 01 computador Laptop, marca HP modelo HP 530.
- 01 calculadora científica marca Casio FX-350 ES.
- 01 selladora hermética marca Linux.

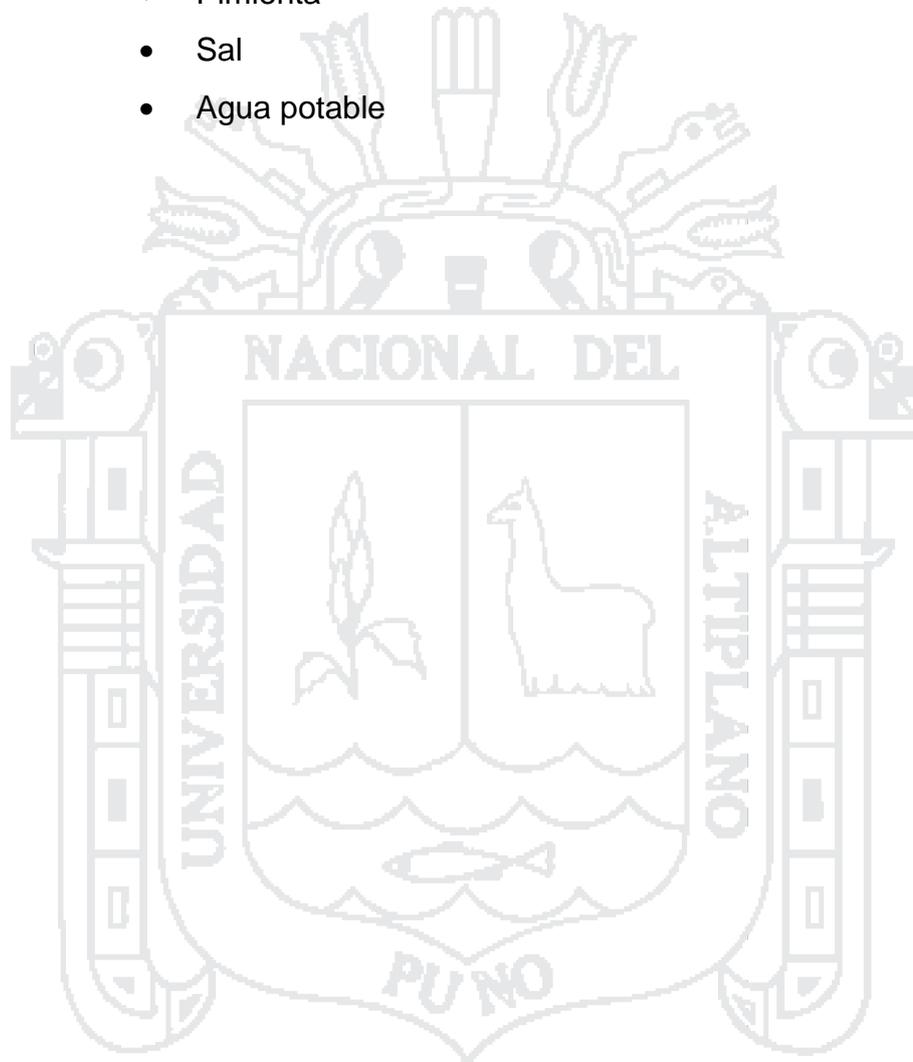
### 3.2.4 MATERIALES E INSUMOS PARA LA COCCION DE LA TUNTA.

#### 3.2.4.1 MATERIALES

- 01 olla de aluminio de capacidad 10 L.
- 01 jarra de polietileno de Cap. 3 L.
- 01 balón de gas Nacional de Cap. 10 kg.
- 01 cocina a gas Marca Surge.
- 24 Platos descartables.
- 01 Cuchillo, cucharón, cucharas, etc.

### 3.2.4.2 INSUMOS

- Tunta fresca rehidratada (tradicional y liofilizada)
- Comino
- Pimienta
- Sal
- Agua potable



### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 METODOLOGIA DE PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCION DE TUNTA TRADICIONAL Y LIOFILIZADA

La metodología aplicada para el procesamiento de obtención de tunta, se realizó de acuerdo a la “Guía de Buenas Prácticas de Procesamiento Para la Producción Artesanal de la Tunta”, elaborado por Fonseca et al. (2008), cabe indicar que esta guía se viene aplicándose e intensificándose en todas las zonas de producción de tunta, con la finalidad de estandarizar la metodología de procesamiento y obtener una buena calidad del producto final.

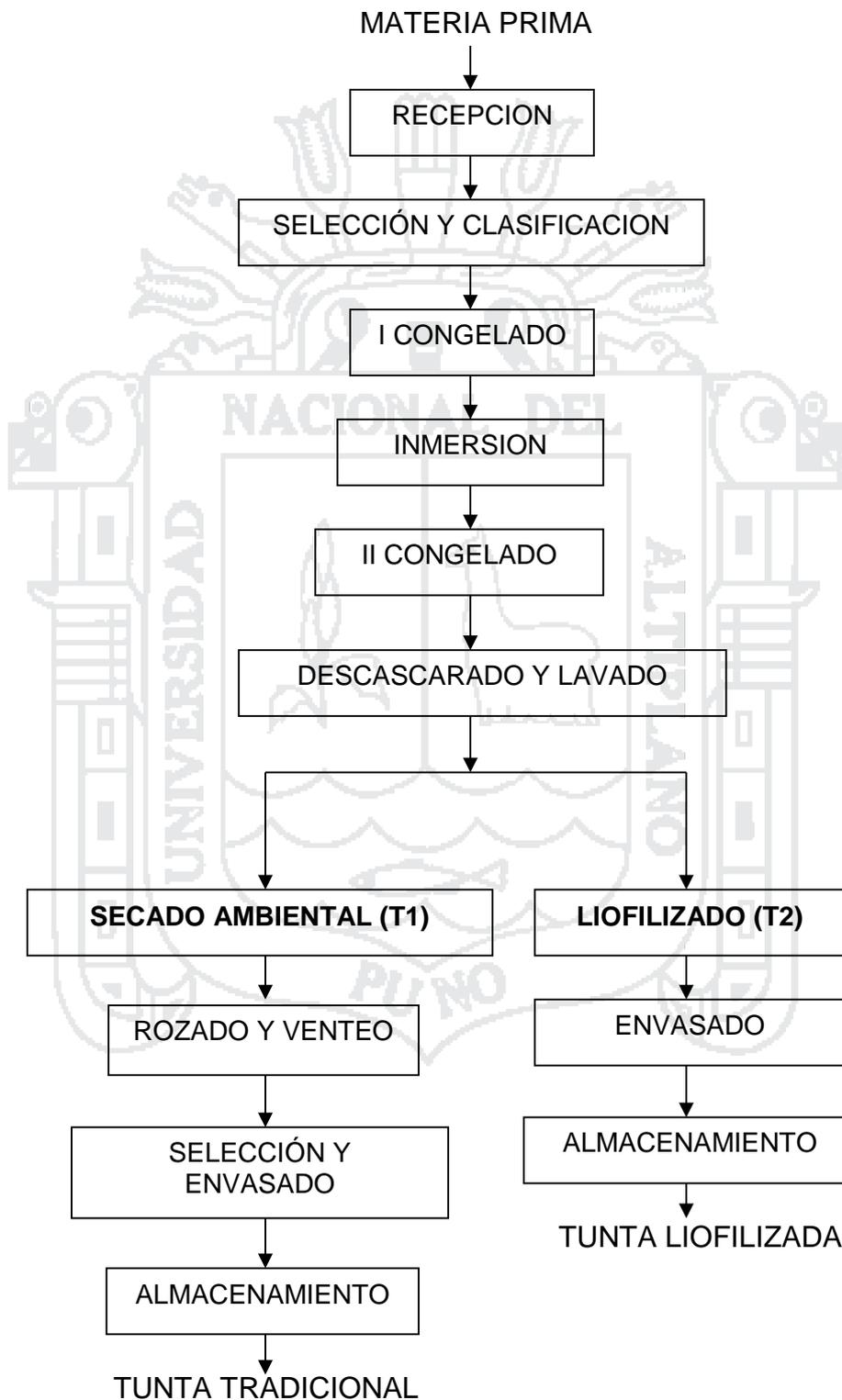
El periodo de trabajo para la parte experimental de la producción de la tunta se realizó en los meses de julio y agosto del año 2008, iniciándose la quincena del mes julio con la etapa de recepción de la materia prima.

Para el congelamiento de la papa se expuso a las temperaturas propias del invierno, por lo que el rango de temperatura mínima promedio que fluctuó en el mes de julio fue de  $-6.5^{\circ}\text{C}$  según el registro de la estación CO. 110870-Ilave. SENAMHI (2008).

Respecto al proceso unitario de secado, que para efectos de la presente investigación el flujograma de proceso se dividió en dos tratamientos, el primer tratamiento seguirá su proceso tradicional, es decir, las tuntas serán secadas a medio ambiente (tratamiento 1 = T1) y el segundo tratamiento seguirá un proceso de secado por la técnica de liofilización (tratamiento 2 = T2).

El flujograma de proceso se muestra en la figura 5 y en el anexo 15 se muestra alguna de las fotografías resaltantes del presente proceso de investigación.

**FIGURA 5: Diagrama de flujo cualitativo de procesamiento de obtención de tunta (Tradicional y Liofilizada)**



**FUENTE:** Elaboración propia (2008)

### **3.3.2 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA**

#### **3.3.2.1 MATERIA PRIMA:**

La materia prima con la que se trabajó en el presente trabajo de investigación fue papa variedad dulce (Chaska) proveniente de la ciudad de Andahuaylas-Apurimac propia de los productores, llegada en camiones con capacidad de 30 Ton. Cabe indicar que los productores demandan esta variedad de papa directamente de los productores de papa de Andahuaylas, comprando en cantidades importantes. Dicha variedad de papa es la más demandada y cotizada por los productores de tunta por tener buenas características físicas y sensoriales para el procesamiento de tunta, además la tunta obtenida de esta variedad de papa es la que tiene mayor aceptación por los consumidores del mercado Regional, nacional y extranjero.

#### **3.3.2.2 RECEPCIÓN:**

Con la recepción se da inicio al proceso largo de transformación de la papa en tunta, en esta etapa se procedió a descargar la papa y a evaluar la calidad de la papa proveniente de Andahuaylas

#### **3.3.2.3 SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN:**

En esta etapa se selecciono y clasifíco la papa por variedad (Chaska) y tamaño ya sea grandes, medianos o pequeños además la separación de las papas dañadas, las partidas o las que pertenecen a otras variedades de papa. Finalmente se prepara de 1 a 3 Ton de papa seleccionada y clasificada. Para tomar control del rendimiento se tomo en cuenta la cantidad de 1Ton que se ajusta a la capacidad de las jaulas preparadas por los productores.

#### **3.3.2.4 PRIMER CONGELADO:**

Las papas se expusieron a las temperaturas propias del invierno que fue en promedio  $-6.5^{\circ}\text{C}$  por dos noches en las pampas del centro poblado de Chingany. En esta etapa se tuvo mucho cuidado de que durante el día las papas congeladas no pueden ser vistas por el sol para evitar su encafeceimiento u oscurecimiento, ya que los rayos solares provocan y aceleran reacciones

químicas en la papa congelada llamado pardeamiento no enzimático que significa el cambio de color gracias a la reacciones muy complejas que conducen a la formación de pigmentos pardos o negros, por lo que se amontonaron a tempranas horas cubriéndolas con mantas para protegerlas del sol.

#### **3.3.2.5 INMERSION:**

Las papas terminadas de ser congeladas se colocaron en jaulas acondicionadas para una capacidad de 1 Ton a orillas del río por un tiempo de permanencia 22 días. Esta labor se realizo a tempranas horas colocando una tonelada a cada jaula acondicionada por los productores mismos.

#### **3.3.2.6 SEGUNDO CONGELADO:**

Etapa en la que se volvió a congelar las papas ya remojadas (pre tunta) por una sola noche, procediendo a retirarlas del río por la tarde con ayuda de un colador gigante o “wiscaña” y se procede a extender sobre una capa de paja limpia y sobrepuesta con mallas para su respectivo congelado a su vez, esto favorece el escurrimiento y el oreado, así como el descascarado.

#### **3.3.2.7 DESCASCARADO Y LAVADO:**

Se realizo a tempranas horas de tal forma pueda manipularse la tunta congelada para facilitar el desprendimiento de la cáscara. Esta labor se realizo entre parejas de hombres. El procedimiento fue de poner en una malla una arroba de tunta congelada aproximadamente y en la corriente misma del río apisonar con las botas puestas hasta lograr retirar la cáscara de la tunta luego se procedió a lavarlas y desinfectarlas en agua clorada a 10 ppm por un tiempo de 5 min para eliminar los microorganismos presentes en la tunta y garantizar su inocuidad.

#### **3.3.2.8 SECADO:**

Para efectos de investigación experimental, el secado de la tunta se efectuó en dos tratamientos que son:

**3.3.2.8.1 SECADO A MEDIO AMBIENTE (T1):** Una vez sacada del río y desinfectada las tuntas, se procedió a extenderlas sobre mallas provistas en su

base con pajas para secarlas a medio ambiente bajo los intensos rayos solares que se presentaron durante el día, que duro 7 días para su completa deshidratación.

**3.3.2.8.2 SECADO POR LIOFILIZACIÓN (T2):** La tunta una vez extraída del río lavadas y desinfectadas, se envasaron en un plástico polietileno de alta densidad (PEHD) para luego ser trasladada del centro poblado de Chingany a la ciudad de Puno. Llegado a la ciudad, las muestras se mantuvieron refrigeradas por 3 horas en una congeladora domestica hasta el punto de salida para la ciudad de Arequipa. Para dicho traslado las tuntas se embalaron en una caja isotérmica (tecnopor) para su mejor protección, por ende, evitar daños físicos y ambientales.

**3.3.2.8.2.1 PROCESO DE LIOFILIZACIÓN:** Las muestras fueron llevados al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarías-UNSA-AREQUIPA, donde se procedió a hacer las siguientes operaciones para el proceso de liofilización que detallo a continuación:

1. Preparación de los frascos del equipo Liofilizador, que consiste en lavarlas, enjuagarlas y secarlas.
2. Seguidamente se coloco las tuntas en los frascos de acuerdo a la capacidad del frasco, por ejemplo en los frascos de 150ml se coloco una unidad de tunta, en los frascos de 300ml se coloco dos unidades, en los frascos de 1200ml se coloco 6 unidades; seguidamente se registro el peso de la tunta tarando el peso del frasco.
3. A continuación los frascos con las muestras contenidas, se sometieron a un congelamiento a una temperatura de  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  para ser liofilizadas.
4. Posteriormente se encendió el equipo Liofilizador para que forme el vacío y llegue a la temperatura de congelación. Los parámetros de liofilización de la tunta fue: presión  $0.047\text{mbar}$  y temperatura de  $-47^{\circ}\text{C}$ ; parámetros recomendados en el manual de operación.
5. Una vez formado el vacío, se coloco los frascos con contenido de tuntas congeladas en el equipo Liofilizador colocándose consecuentemente cada 4 min un frasco hasta terminar de colocarlas todas, esto se hizo con la finalidad de no alterar el vacío en el interior del equipo Liofilizador.

6. Se verifico el proceso de liofilización tomando un frasco al azar del equipo y determinar visualmente-físicamente la deshidratación final de la tunta. Visualmente se cogió la muestra y se partió en dos con la ayuda de un cúter y se pudo constatar el área húmeda y seca que se presenta en el interior de la tunta. Físicamente se determino el % de humedad para determinar el punto final de liofilización.
7. El proceso final de liofilización fue a los 48 horas lográndose obtener productos bien deshidratados en cada frasco.

Las pruebas de liofilización se hizo por tres replicas. Los registros de datos de dicha operación se detallan en el anexo 1.

#### **3.3.2.9 ROZADO Y VENTEO**

Una vez deshidratada la tunta (secada a ambiente), se forma parejas de varones y se coloca una arroba de tunta en una manta de malla y se balancea de un lado a otro, provocando el roce entre las tuntas de tal forma pueda desprender los restos de cáscara, adquiera una superficie fina y resalte su color natural. Inmediatamente después, las mujeres proceden al venteado para separar completamente los restos de cáscara y tenga una presentación buena para el mercado.

Para las tuntas deshidratadas por liofilización, no se procedió con esta etapa de rozado y venteo, ya que las tuntas obtenidas presentaron una textura muy suave y delicada lo que provocaría un daño físico y la ruptura del mismo.

#### **3.3.2.10 SELECCIÓN Y ENVASADO**

Las tuntas deshidratadas a ambiente natural, se procedió a realizar una selección final en base al tamaño y retirando las tuntas dañadas durante el proceso para luego envasarlas en bolsas de polietileno.

De igual forma las tuntas liofilizadas de procedió a envasarlas inmediatamente luego de ser liofilizadas, en bolsas de polietileno de alta densidad y estar listas para los respectivos análisis físico-sensoriales de la misma.

### **3.3.2.11 ALMACENAMIENTO**

Finalmente las tuntas envasadas se depositan en una caja tecnopor y estar disponible para su respectivo análisis de investigación.

### **3.3.3 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE HUMEDAD**

Para la determinación de porcentaje de humedad (base húmeda), las muestras de tuntas para los dos tratamientos, se desarrollo de acuerdo al procedimiento del manual de operación recomendado para el equipo de balanza de humedad Sartorius de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarías-UNSA, que consiste en:

- ✓ Conectar el equipo a una fuente de energía eléctrica de 220V.
- ✓ Destapar la tapa del equipo elevándola hacia arriba.
- ✓ Programar la temperatura de secado a 130°C.
- ✓ Poner el platillo de aluminio y tarar el peso.
- ✓ Colocar en el platillo de aluminio aproximadamente de 5 a 6 gr. de muestra (triturada si es seca y en rodajas delgadas si es húmeda) de tunta.
- ✓ Tapar el equipo y presionar Enter para iniciar el proceso de secado. El punto final será cuando timbre la alarma.
- ✓ Concluido el secado, se procede a registrar los resultados que indica en la pantalla del equipo.

Cabe indicar que dicho proceso fue realizado por la encargada del laboratorio de fisicoquímica, en la cual se analizo tres tipos de muestras el primero fue tunta húmeda (tunta mojada), la segunda fue tunta liofilizada (T2) y finalmente tunta tradicional (T1) con un total de tres replicas para cada caso. Los certificados de análisis se humedad se presentan en el anexo 2.

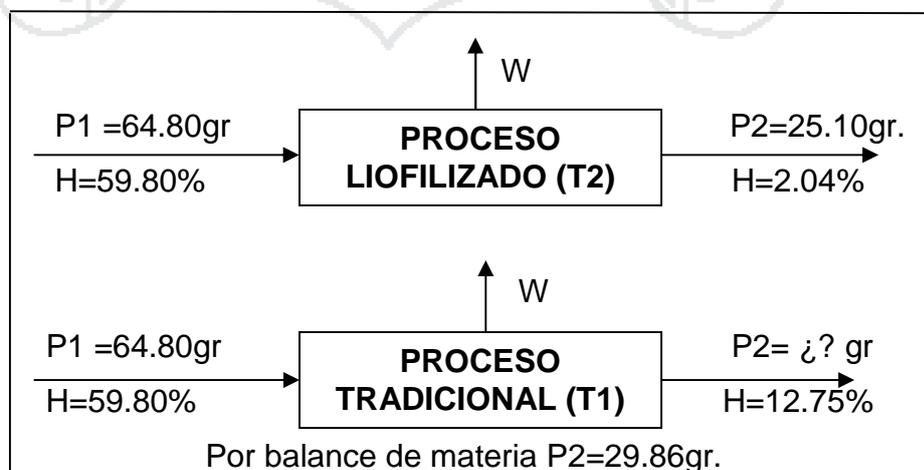
### 3.3.4 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE PESO

El peso viene a ser la cantidad de masa o materia que está compuesto una sustancia u objeto y para determinarla se utilizo simplemente la balanza electrónica marca Sartorius del Laboratorio de Microbiología y Físico-químico de la EPIIA-UNSA, en la cual se procedió a registrar el peso de unidades de tunta por 05 replicas previamente analizadas en humedad y aplicar la siguiente metodología propuesta por el tesista y realizar las comparaciones en pesos de ambos tratamientos.

Primero, las tuntas húmedas (acuosas) que van a ser sometidas a proceso de Liofilización se procede a seleccionar para un tamaño mediano y tratando de obtener pesos similares, luego se procede a pesar (P1) una unidad de tunta con su respectiva análisis de humedad, terminada el proceso de liofilización se vuelve a pesar (P2) dicha tunta con su respectiva análisis de humedad.

Segundo, para efectos de comparación en pesos, se aplica balance de materia al proceso tradicional de secado tomando el mismo peso (P1) del anterior proceso con su respectiva humedad, ahora para calcular el nuevo peso (P2) se obtiene como dato previo el porcentaje de humedad de la tunta tradicional para luego mediante balance de materia obtener (P2) tal como se observa en la figura 6 y finalmente de hace las comparaciones en peso para ambos tratamientos. Los detalles de dicha operación se muestran en el anexo 3.

**FIGURA 6: Balance de materia para la determinación de peso**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

### 3.3.5 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE TEXTURA

La metodología para la determinación de textura tanto para la tunta tradicional y la tunta liofilizada fue de acuerdo al procedimiento del manual de operación recomendado para el uso del equipo texturometro Imada de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentaria-UNSA, que consiste en:

- ✓ Acondicionar las muestras cortándolas en trozos delgados 1x1 cm con un grosor de 0.3 cm. aproximadamente.
- ✓ Seleccionar un punta del texturometro para la aplicación sobre la muestra, en este caso se utilizo la punta de corte plana.
- ✓ Calibrar en marcación cero y poner en ON el equipo para empezar a ser utilizada.
- ✓ Presionar sobre la muestra hasta que se produzca el corte o ruptura de la muestra.
- ✓ Registrar el dato marcado en el texturometro manual.

Cabe indicar que dicha metodología fue realizado por la analista del laboratorio de fisicoquímica, en la cual se determino el valor de textura de la muestra tunta liofilizada y de la tunta tradicional con una réplica de seis pruebas para cada caso.

Los resultados de análisis de textura se ubican en el anexo 4.

### 3.3.6 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE REHIDRACION DE LA TUNTA

La metodología para la determinación de tamaño de rehidratación fue de acuerdo al procedimiento planteado por el tesista, que consiste en realizar mediciones de los diámetros en sus tres dimensiones (X, Y, Z) de una unidad de tunta, el procedimiento se detalla a continuación.

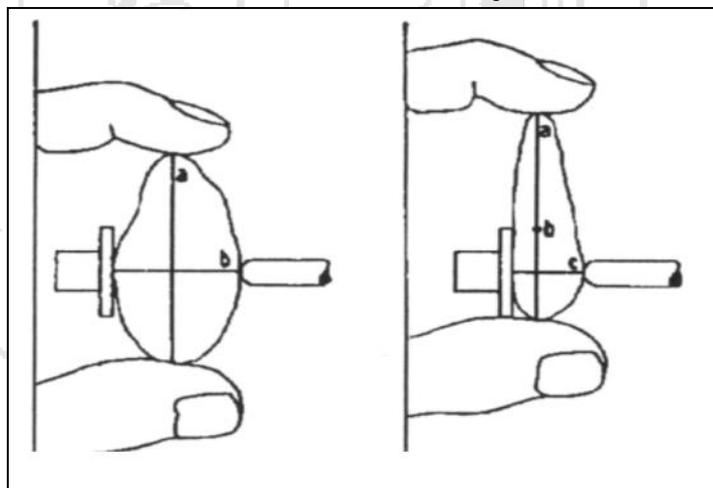
- Primeramente se seleccionan tuntas de tamaño mediano de acuerdo a la NTP 011.400 de tuntas.
- En seguida se toma una unidad de tunta al azar y se procede a medir los

diámetros en sus tres ejes ( $X=A$ ,  $Y=B$  y  $Z=C$ ). Figura 7.

- En un vaso precipitado de 300 ml con agua destilada, se procede a colocar dicha una unidad de tunta medida y esperar hasta su rehidratación total.
- A continuación se vuelve a medir los diámetros en sus tres ejes ( $X=A'$ ,  $Y=B'$  y  $Z=C'$ ).
- Seguidamente se calcula el volumen inicial y el volumen final para una figura geométrica del elipsoide. Goñi (2005).
- Finalmente esta variación en volumen es convertida en porcentaje para determinar el aumento en % de una unidad de tunta.

Los registros, cálculos y resultados de esta operación experimental para ambos tratamientos se detallan en el anexo 5.

**FIGURA 7: Determinación de los diámetros de la tunta en sus tres ejes.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

### 3.3.6 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA TUNTA

#### 3.3.6.1 ESFERICIDAD

Se define como el grado en que un objeto se aproxima en su forma a una esfera. Para determinar cuantitativamente el valor de la esfericidad de la tunta, se

determino de acuerdo a la metodología sugerido por Aguilera (2001), que consiste proyectar la imagen del objeto sobre una superficie y medir el diámetro del círculo inscrito de la figura y del círculo circunscrito, luego aplicar la siguiente fórmula:

$$Esfericidad(w) = \frac{di}{de}$$

**Donde:**

di = Diámetro interno del círculo inscrito

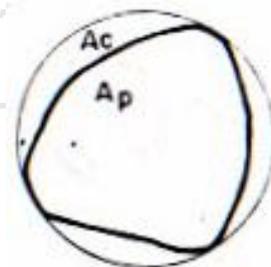
de = Diámetro externo del círculo circunscrito

Los registros, cálculos, resultados y fotografías digitales de esta operación experimental para ambos tratamientos se detallan en el anexo 6.

### 3.3.6.2 REDONDEZ

La determinación de redondez como otro de los métodos cuantitativos para determinar la forma de los objetos u alimentos sólidos, se procedió a efectuarse de acuerdo a la metodología sugerido por Mohsenin (1980); método que consiste en determinar la relación entre el área proyectada del material u objeto en su posición de reposo y el área del círculo circunscrito del objeto y aplicarse la siguiente fórmula:

$$Redondez = \frac{Ap}{Ac}$$



**Donde:**

Ap: Área proyectada de un objeto en su posición natural

Ac: Área del círculo circunscrito del objeto.

La determinación del área proyectada de la tunta en su posición natural de descanso se calculo en base al programa Photo Paint y Corel Draw.

Los registros, cálculos, resultados y fotografías digitales de esta operación experimental para ambos tratamientos se detallan en el anexo 7.

### 3.3.6.3 METODO DESCRIPTIVO

Como otro de los métodos para determinar la forma de los alimentos sólidos es empleando los términos descriptivos tales como las siguientes, preparadas para frutas y vegetales, que se utilizo para determinar la forma aproximada de la tunta, dichos términos se aprecia en el siguiente cuadro 11. Mohsenin (1980).

**CUADRO 11: Tabla de descripción para la determinación de la forma de frutas y vegetales.**

<b>FORMA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Redonda	Aproximadamente un esferoide
Oblada	Aplanada en el tallo o en el ápice
Oblonga	Diámetro vertical más grande que el diámetro horizontal
Cónica	Delgado hacia el ápice
Ovalada	Forma de huevo y ancho en el extremo del tallo
Oblicuo (loposoide)	Ejes conectando el ápice y el tallo sesgados
Obovate	Ovalada invertida
Elíptica	Aproximadamente un elipsoide
Truncada	Ambos extremos cuadrados o aplanados
No igual	La mitad más grande que el otro
Ribbed	En el cruce de secciones, los lados son más o menos angulares
Regular	La sección horizontal se aproxima a un círculo
Irregular	La sección de corte proviene materialmente de un círculo

**FUENTE:** Mohsenin (1980).

### 3.3.8 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL RENDIMIENTO

Para determinar el rendimiento del producto de ambos tratamientos, se tomo en cuenta dos datos importantes que son: el peso inicial de la materia prima y el peso final del producto terminado del proceso de transformación, en seguida se procedió a aplicar la siguiente proporción para determinar el porcentaje de rendimiento:

$$RENDIMIENTO(\%) = \frac{PESO(p.f.)}{PESO(m.p.)} \times 100$$

Donde:

PESO (m.p.) = Peso de materia prima

PESO (p.f.) = Peso de producto terminado

#### 3.3.8.1 DETERMINACION DE RENDIMIENTO PARA EL PROCESO TRADICIONAL

DATOS:

- Materia prima = Papa variedad dulce Chaska
- Materia prima que entra al proceso = 1000kg.
- Producto final que sale del proceso = 208kg.
- Humedad promedio del producto final = 11.78%



RENDIMIENTO= 20.8%

#### 3.3.8.2 DETERMINACION DE RENDIMIENTO PARA EL PROCESO LIOFILIZADO

La determinación de rendimiento es similar al proceso anterior con la diferencia de que el producto obtenido por liofilización es más seco (H=2.15%) que el secado a condiciones ambientales, es decir, se pierde más agua, por lo tanto, para determinar el rendimiento real con un proceso de liofilización se tiene que

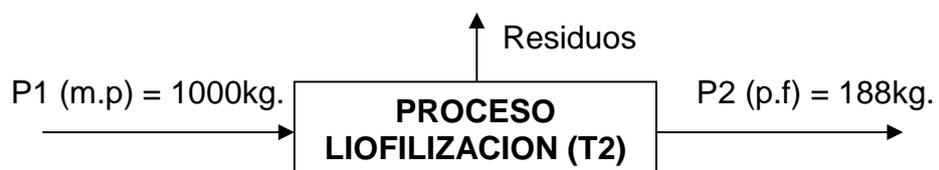
calcularse mediante un balance de materia el nuevo peso (P2) tomando como dato inicial el peso final obtenido por el proceso tradicional (208 kg) tal como se aprecia en el siguiente balance de masa:



Ahora que tenemos el peso final de las tuntas obtenidas por liofilización, aplicamos el siguiente balance de masa para obtener el rendimiento real con un proceso de liofilización, asumiendo una entrada igual al proceso tradicional de 1000 kg de materia prima y en seguida aplicamos la fórmula para determinar el porcentaje de rendimiento.

**DATOS:**

- Materia prima = papa variedad dulce chaska
- Materia prima que entra al proceso = 1000kg.
- Producto final que sale del proceso = 188kg.
- Humedad del producto final = 2.15%



RENDIMIENTO= 18.8%

### 3.3.9 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL TIEMPO DE REHIDRATACION Y GANANCIA DE PESO

La determinación de estos dos parámetros, se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por el tesista, ya que se carece de metodologías para el desarrollo de estos indicadores por ser un trabajo inédito. La técnica se detalla a continuación.

- Se seleccionaron 3 unidades de tuntas con un peso similar o casi igual (3 replicas).
- Se preparó un vaso precipitado de capacidad 300ml agregándole 300ml de agua destilada.
- Se preparó un cronómetro para el control del tiempo de rehidratación y ganancia de peso.
- Dicha unidad de tunta se colocó en el vaso con agua e inmediatamente se controló el tiempo por 1 min.
- Finalizado el primer minuto de remojo, se retiró del vaso y se registró el nuevo peso de la tunta.
- Seguidamente nuevamente se coloca la tunta en el vaso por un min de remojo y luego se registra el peso.
- Se repite esta última operación hasta lograr obtener un peso constante de la unidad de tunta.
- Finalmente de los datos obtenidos se determinó el tiempo total de rehidratación y la ganancia de peso total que duró el proceso.

Los datos registrados y detalles de operación se muestran en el anexo 8 y 9 respectivamente.

### 3.3.10 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE VELOCIDAD DE REHIDRATACION

De igual manera, la metodología aplicada para este ítem fue de acuerdo a la propuesta por el investigador de este tema por tratarse de un trabajo inédito, que consiste en dividir la ganancia de peso total (por rehidratación) en una unidad de tunta entre el tiempo que demora en rehidratarse de tal forma obtener el peso

que gana por cada min que transcurre, es decir, la velocidad de rehidratación se calcula teniendo previamente los datos de tiempo de rehidratación y ganancia de peso de la tunta, en seguida aplicar la siguiente relación proporcional:

$$VR = \frac{G.P}{T}$$

**Donde:**

V.R = Velocidad de rehidratación (gr/min)

G.P = Ganancia de peso total (gr)

T = Tiempo de rehidratación total (min).

Los detalles de operación y ajuste de curva a base logarítmica de esta variable de respuesta se muestran en anexo 10 y 11 respectivamente.

### 3.3.11 METODOLOGIA PARA EVALUAR EL ANALISIS SENSORIAL

El análisis sensorial del producto crudo y cocido de tunta para el par de tratamientos se hizo en base a la metodología propuesta por Anzaldúa (2005), donde se evaluó el grado de satisfacción utilizando una escala hedónica verbal estructurada de cinco puntos para una prueba efectiva, integrado por un panel sensorial semientrenado de 10 integrantes, que son personas de amplia experiencia en producción y comercialización de tintas pertenecientes al Consorcio Los Aymaras, en la cual se evaluó el color, sabor, olor y textura. En el anexo 14 se presenta el formato de evaluación sensorial. La escala hedónica de intensidad de agrado o desagradado es la siguiente:

<b>ESCALA HEDONICA</b>	<b>PUNTAJE</b>
• Muy agradable.....	5
• Agradable.....	4
• Ni agradable ni desagradable.....	3
• Desagradable.....	2
• Muy desagradable.....	1

Los resultados de esta evaluación organoléptica se detallan en el anexo 12 y el formato de evaluación organoléptica en el anexo 14.

### **3.3.12 METODOLOGIA PARA DETERMINAR COSTOS DE PRODUCCION.**

#### **3.3.12.1 PROCESO TRADICIONAL**

La metodología a seguir para la determinación de los costos de producción para el proceso tradicional, se efectuó primeramente tomando los datos referenciales analizados por Mamani (2003) para una producción de 484050 kg de tunta tradicional, estos datos se actualizaron al presente tiempo y llegando a determinar el costo unitario de producción.

#### **3.1.12.2 PROCESO LIOFILIZADO**

Según Salas y Polanco (2004), en un equipo industrial liofilizadora tipo túnel, el principal costo que incurre este tipo de equipos para su funcionamiento es el costo por combustible, así se tiene, que para liofilizar 562 kg/bach de materia prima (maca), consume 40.81gal/bacht en un tiempo de 11 horas de secado, por tanto, para estimar costos de producción asumimos los mismos datos para deshidratar tunta y para efectos de comparación en costos se toma los mismos datos del proceso tradicional mas el incremento en costos el gasto por combustible de la liofilizadora industrial.

#### **CALCULOS PREVIOS**

1.- Calculo de datos para la obtención S/. X kg de insumo

Si para secar 562 kg de tunta húmeda se necesita 40.81 galones de combustible (petróleo PI.500), entonces para secar 1 Kg. de tunta húmeda se necesitara X galones de combustible.

Resultando  $X = 0.073\text{gal}$ .

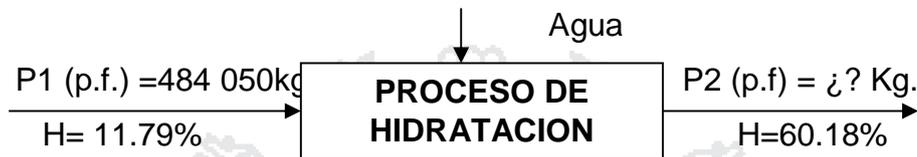
Convirtiendo en costo unitario, tomamos como dato que 1 gal de petróleo PI 500 cuesta S/.12.00.

Resultando S/. 0.87/kg.

2.- Calculo de tunta húmeda total para liofilizar a partir de 484050 kg de tunta seca procesada tradicionalmente.

Datos: Se sabe que una tunta tradicional húmeda posee 60.18% y seca posee 11.79% aproximadamente, según análisis de laboratorio.

Mediante un balance de masa se tiene:



P2= 1 262 508.89kg de tunta húmeda total a liofilizar.

Los resultados y detalle de calculos se presentan en el anexo 13.

### 3.3.13 METODOLOGIA DEL DISEÑO PARA EL ANALISIS ESTADISTICO

El experimento se ha conducido en un diseño completamente al azar (DCA), con factores de estudio: técnicas de secado (medio ambiente T1 y liofilización T2) con distintas replicas para cada variable de respuesta, además se efectuó pruebas de comparaciones múltiples de Duncan para determinar la diferencia entre tratamientos.

El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \sim + \ddagger_i + V_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t$   
 $j = 1, 2, 3, \dots, n$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\sim$  = Media general

$\ddagger_i$  = Efecto del tratamiento i.

$V_{ij}$  = Error aleatorio.

#### 3.3.13.1 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL MODELO: $Y_{ij} = \sim + \ddagger_i + V_{ij}$

#### PRUEBA DE HIPOTESIS:

**Ho:**  $\ddagger_1 = \ddagger_2 = \dots = \ddagger_t$

**Ha:** Al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás.

**CUADRO 12: Análisis de Varianza para el modelo D.C.A.**

Fuentes de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrados Medios (C.M.)	F <sub>0</sub>
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C.TRAT.}{t-1}$	$\frac{C.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Error	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{S.C.ERROR}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \dagger^2$	
Total	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$		

FUENTE: Zea (1995).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1 ANALISIS DE HUMEDAD

En el cuadro 13 presento los resultados de análisis de humedad con tres replicas correspondiente a la tunta tradicional (T1), tunta liofilizada (T2), y de tunta húmeda; esta ultima registrada antes de ser liofilizada para determinar los cálculos en balances de materia.

**CUADRO 13: Resultados de análisis de humedad de la tunta en sus diferentes condiciones.**

REPLICA	TUNTA		
	HUMEDA (%)	T1 (%)	T2 (%)
R1	59.80	12.75	2.04
R2	61.03	11.10	2.49
R3	59.70	11.53	1.92
<b>PROMEDIO</b>	<b>60.18</b>	<b>11.79</b>	<b>2.15</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Interpretando el cuadro, en la primera columna se muestra el número de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra, en la segunda columna se presenta los resultados de análisis de humedad para una muestra húmeda (tunta mojada antes de ser sometida a secado) que fue un dato muy necesario de obtener para los cálculos de balance de materia y realizar las comparaciones en tratamientos. En promedio se llega a determinar que la tunta húmeda tradicional contiene 60.18% de humedad. En la tercera columna se muestra los resultados de análisis de humedad de la tunta tradicional (T1) que en promedio llega a tener 11.79% de humedad, mientras que en la cuarta columna las muestras que son tuntas liofilizadas (T2), llegar a alcanzar un promedio de 2.15% en humedad, lo que significa que las muestras sometidas a liofilización son productos más secos y por ende livianos.

En el siguiente cuadro presento el resultado estadístico del ANVA para el análisis de humedad y determinar la diferencia significativa de los tratamientos.

**CUADRO 14: ANVA para el análisis de humedad.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	139,49	139,491	339,01	7.71	21.20	**
ERROR	4	1,65	0,41				
TOTAL	5	141,14					
CV	9,20						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que la humedad en la tunta varía por efecto de aplicar la técnica de liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para el análisis de humedad.

**CUADRO 15: Prueba de Duncan para el análisis de humedad.**

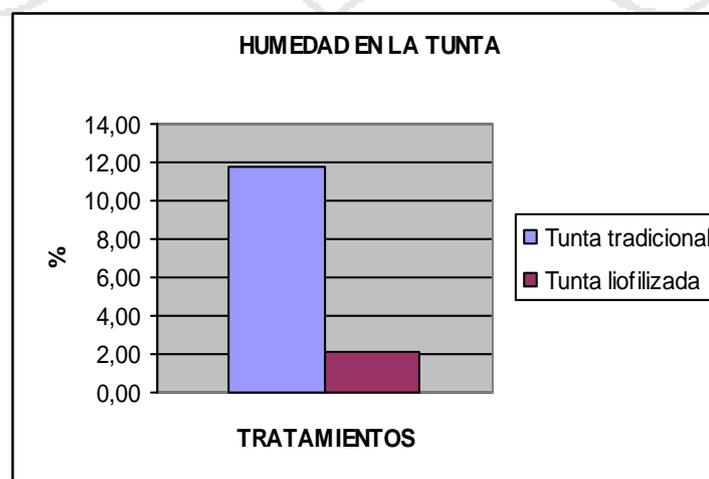
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T1	11,79	a	9,64	1,454	*
T2	2,15	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en humedad de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con mayor valor en humedad 11.79% y T2 (tunta liofilizada) con solo 2.15%, estos datos nos inducen a afirmar que con un proceso de secado por liofilización la humedad se reduce en 9.64%.

En la siguiente figura de abajo presento la comparación de humedad para el par de tratamientos donde se puede apreciar con más claridad la diferencia que existe entre ambos tratamientos.

**FIGURA 08: Comparación en humedad de la tunta**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico presentado se puede apreciar cómo es que la humedad disminuye en 9.64% con un proceso de liofilización, y es que la diferencia en humedad de ambos tratamientos se atribuye básicamente a la técnica particular de secado aplicado para cada tratamiento, es decir, por el método de liofilización las tuntas liofilizadas llegan a tener una humedad mínima alrededor del 2.15% aproximadamente y por ende son altamente secos e higroscópicos, mientras las tuntas deshidratados a medio ambiente llegan a alcanzar una humedad alrededor del 11.79%.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en humedad con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, autores como Fellows (1994) y Rodríguez et al. (2002) coinciden en que los productos liofilizados llegan a pasar dos fases, la primera el producto se sublima hasta un contenido de agua del 15% (sobre peso húmedo) y la segunda, que se produce por deshidratación evaporativa (desorción) del agua no congelada, el contenido en agua del producto se reduce hasta un 2% (sobre peso húmedo), lo que explica el fenómeno que ocurre en el proceso de secado por liofilización.

En cuanto a la tunta tradicional, cabe señalar que los resultados de humedad se asemeja con los resultados obtenidos por Huallpa (1983) en donde experimentalmente llega a determinar un 11.08%, la pequeña variación se presume a la variedad de papa empleada, al tiempo de secado y a la metodología de procesamiento.

De acuerdo a la NTP 011.400 de tunta tradicional, se establece que la tunta para ser conservada, comercializada y ser consumida, debe tener un límite de humedad como máximo del 15 %, por tanto, los resultados obtenidos experimentalmente de humedad de la tunta tradicional, se validan por estar dentro de las especificaciones físicoquímicas establecidas en dicha norma.

#### 4.2 ANALISIS DE TEXTURA

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de análisis de textura para el par de tratamientos realizadas por el encargado del laboratorio de físico-química de la E.P.I.I.A –U.N.S.A. por un total de 6 replicas para cada caso.

**CUADRO 16: Resultados de análisis de textura.**

REPLICA	TRATAMIENTO	
	T1 (Kg-f.)	T2 (Kg-f.)
R1	1.75	0.978
R2	1.75	0.927
R3	1.75	0.923
R4	1.75	0.923
R5	1.75	0.827
R6	1.75	0.980
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.75</b>	<b>0.926</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a los resultados se observa que el tratamiento 1 (tunta tradicional) llega a obtener resultados iguales en las seis observaciones, que en promedio equivale a 1.75 kg de fuerza aplicado sobre la muestra; esta igualdad en resultados es debido a que se alcanzó a la máxima capacidad de medición del equipo texturometro, y por ende a la ruptura final de la muestra. Por el contrario las muestras del tratamiento 2 (tunta liofilizada) solo necesitaron 0.926 kg de fuerza para la ruptura de la muestra, por lo tanto, se deduce que la textura de la tunta liofilizada es mucho más frágil que la tunta tradicional.

En el siguiente cuadro presento el ANVA para el análisis de textura del par de tratamientos.

**CUADRO 17: ANVA para el análisis de textura.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	2,04	2,03528	1318,24	4,96	10,04	**
ERROR	10	0,02	0,00154				
TOTAL	11	2,05					
CV	2,94						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y

T2), lo que indica que la textura de la tunta varia por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento en el siguiente cuadro el resultado de la prueba de Duncan determinado para el análisis de textura.

**CUADRO 18: Prueba de Duncan para el análisis de textura.**

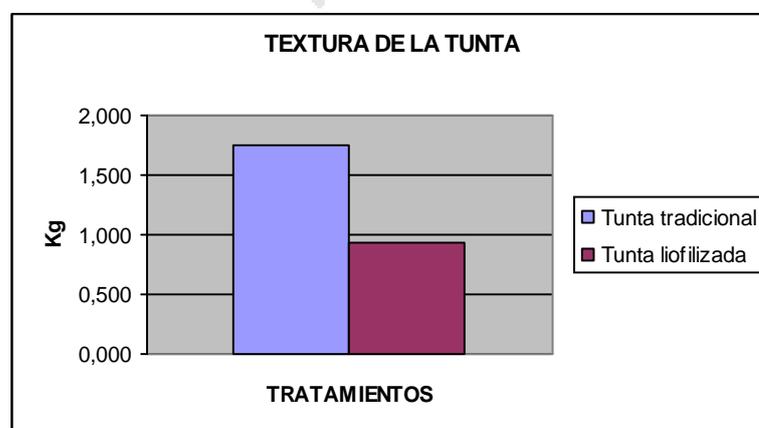
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T1	1,750	a	0,824	0,051	*
T2	0,926	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en textura de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con mayor valor en textura 1.750 kg-f y T2 (tunta liofilizada) con solo 0.926 kg-f, estos datos nos induce a afirmar que la textura de la tunta tradicional sometido a un proceso de secado por liofilización es mucho más frágil, por lo que su manipuleo se recomienda ser más cuidadoso.

En la siguiente figura de abajo presento la comparación de textura para el par de tratamientos donde se puede apreciar con más claridad la diferencia que existe entre ambos tratamientos.

**FIGURA 09: Comparación en textura de la tunta**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico mostrado, se observa que la textura de la tunta liofilizada es mucho menor (0.926 kg) que la tunta tradicional (1.750 kg) esto quiere decir que la estructura celular de tunta liofilizada es mucho más suave y porosa (por ende frágil a la ruptura) que la tunta tradicional que es más consistente o duro, por lo tanto, podemos afirmar que la textura de la tunta tradicional es mejorada en 53% mas, al ser tratada con un proceso de secado por liofilización.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en textura con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para explicar el fenómeno que ocurre en el alimento y las diferencias que se lograron obtener en análisis de textura nos atribuimos básicamente a las mencionadas en sus investigaciones científicas por Fellows (1994) donde resalta que el proceso de liofilización en los alimentos apenas afecta a la textura del alimento, casi no provoca en ellos retracción alguna y no endurece su capa superficial, además la estructura porosa que presenta los alimentos liofilizados hace que su rehidratación sea muy rápida. Sin embargo, son alimentos frágiles que deben de protegerse de eventuales daños mecánicos.

De igual manera Rodríguez et al. (2002), en sus investigaciones destaca que la técnica de la liofilización tampoco afecta al exterior del producto, es decir, no se aprecia alteraciones significativas de su textura ni endurecimiento de su superficie, lo que corrobora que estos productos son suaves de peso ligero y por ende se reflejan en los resultados obtenidos en análisis de textura.

#### **4.3 RESULTADOS DE PESO**

En el siguiente cuadro presento el resultado de peso para el par de tratamientos a las que se obtuvo con un total de 5 replicas para cada caso.

**CUADRO 19: Resultado en evaluación física de peso.**

REPLICA	TRATAMIENTO	
	T1 (g.)	T2 (g.)
R1	29.86	25.10
R2	27.51	21.70
R3	29.11	22.80
R4	29.38	25.00
R5	29.65	24.60
<b>PROMEDIO</b>	<b>29.10</b>	<b>23.84</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Interpretando el cuadro, en la primera columna se muestra el número de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra según al tratamiento, en la segunda columna se presenta los resultados en peso para la tunta tradicional (T1), llegándose a determinar que el peso para tuntas tradicionales de tamaño mediano llega a pesar un promedio de 29.10 g., mientras que en la segunda columna se presenta los pesos para la tunta liofilizada, donde alcanza en promedio 23.84 g., es decir, el peso de la tunta tradicional cuando es tratada por el proceso de secado por liofilización disminuye aproximadamente en 18.08% (5.26 g.).

En el siguiente cuadro muestro el ANVA para la prueba física de peso realizado para el par de tratamientos.

**CUADRO 20: ANVA para la evaluación física de peso.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	69,20	69,2016	43,70	5,32	11,26	**
ERROR	8	12,67	1,58				
TOTAL	9	81,87					
CV	4,75						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el peso de la tunta varía por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

Seguidamente, en el siguiente cuadro exhibo el resultado de la prueba de Duncan determinados para la comparación en pesos del par de tratamientos.

**CUADRO 21: Prueba de Duncan para la prueba física del peso.**

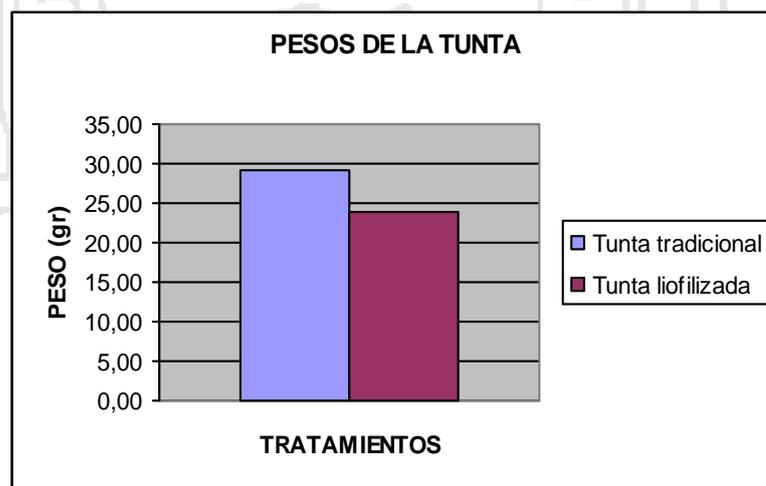
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T1	29,10	a	5,26	1,835	*
T2	23,84	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Según la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en peso de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con mayor valor en peso de 29.10gr y T2 (tunta liofilizada) con solo 23.84gr, estos datos nos induce a afirmar que el peso de la tunta tradicional para un tamaño mediano sometido a un proceso de secado por liofilización disminuye en 5.26 gr (18.08%).

En la siguiente figura de abajo presento la comparación de pesos donde se aprecia con más claridad la diferencia que existe entre ambos tratamientos.

**FIGURA 10: Comparación en pesos de la tunta**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del grafico presentado se ilustra claramente que en tratamientos existe una diferencia significativa en peso, donde la tunta tradicional para un tamaño mediano posee en promedio de 29.10 gr y la tunta liofilizada posee 23.84gr, es

decir, la tunta tradicional al someterse a un proceso de secado por liofilización disminuye en 5.26gr (18.08%). Esta disminución puede atribuirse fundamentalmente a que la tunta liofilizada contiene un contenido de humedad mínimo y a una densidad baja (retracciones mínimas) lo que deduzco que las tuntas liofilizadas por la vía liofilización pierden mayor contenido de agua y por ende tienen un peso más liviano frente a los tuntas secadas a medio ambiente.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en peso con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para explicar las diferencias que se lograron obtener en análisis de peso nos atribuimos básicamente a las mencionadas en sus investigaciones científicas por Rodríguez et al. (2002), donde resalta que en productos liofilizados existe retracción despreciable con disminución de su densidad, por el contrario los productos secados convencionalmente provocan retracciones significativas con posibilidad de aumentar su densidad.

De igual forma Barbosa y Vega (2000), en su investigación aseveran que el efecto en los alimentos liofilizados es una estructura de densidad global baja que proviene de los espacios huecos en forma de aguja que previamente estaban ocupados por cristales de hielo. Los componentes de los productos liofilizados son retenidos por atrapamiento en la matriz del alimento seco (micro regiones del alimento). Por tanto, la densidad es uno de los factores destacables que diferencian a las tuntas liofilizadas por ser livianas en peso y esponjosas en su estructura celular.

#### **4.4 RESULTADO DE TAMAÑO DE REHIDRATACION**

Presento en el siguiente cuadro los resultados de tamaño de rehidratación para ambos tratamientos con un total de 5 replicas para cada caso y en el anexo 5 se detallan los cálculos de operación.

**CUADRO 22: Resultado de tamaño de rehidratación de la tunta**

REPLICA	TRATAMIENTO	
	T1 (%)	T2 (%)
R1	34,33	25,80
R2	29,60	28,80
R3	30,73	29,90
R4	31,47	26,10
R5	32,18	26,80
<b>PROMEDIO</b>	<b>31,66</b>	<b>27,48</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Aclarando el cuadro, en la primera columna se muestra el número de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra según el tratamiento, en la segunda y tercera columna se presenta los resultados de evaluación física en tamaño de rehidratación expresado en porcentaje. Cabe reiterar que el tamaño de rehidratación, es el incremento en volumen que experimenta la tunta cuando se somete a rehidratación, este aumento se expresa en porcentaje para determinar el aumento real en tamaño. De las pruebas efectuadas se llega a determinar que para la tunta tradicional (T1) sufre un incremento de 31.66% en tamaño, mientras que la tunta liofilizada (T2) experimenta un incremento de 27.48% respecto a su tamaño original. Datos evaluados para tuntas de tamaño mediano.

En el siguiente cuadro muestro el ANVA para la prueba física de tamaño de rehidratación para el par de tratamientos evaluados.

**CUADRO 23: ANVA para la prueba física de tamaño de rehidratación.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	43,72	43,7228	13,81	5,32	11,26	**
ERROR	8	25,33	3,17				
TOTAL	9	69,05					
CV	6,02						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y

T2), lo que indica que el tamaño de rehidratación de la tunta tradicional varía por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para la prueba física de tamaño de rehidratación

**CUADRO 24: Prueba de Duncan para la prueba física de tamaño de rehidratación**

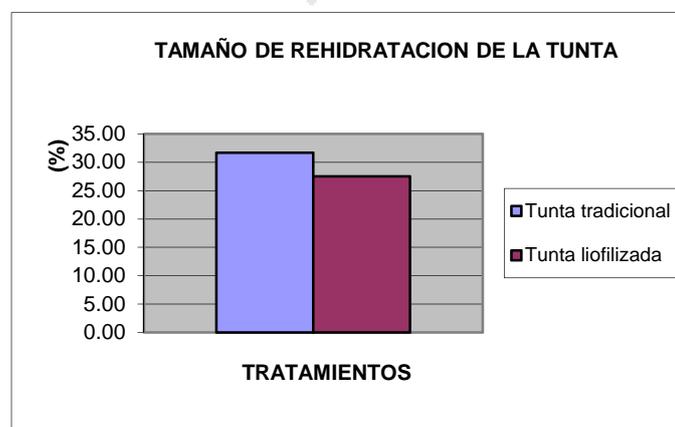
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T1	31,66	a	4,18	2,595	*
T2	27,48	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en tamaño de rehidratación de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con mayor valor de 31.66% y T2 (tunta liofilizada) con 27.48%, estos datos nos inducen a afirmar que el tamaño de rehidratación de la tunta tradicional al ser tratada con la técnica de secado por liofilización disminuye en 4.18%.

En la siguiente figura de abajo presento la comparación en tamaño de rehidratación para el par de tratamientos.

**FIGURA 11: Comparación en tamaño de rehidratación de la tunta.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico presentado se ilustra claramente que en tratamientos existe una diferencia significativa en tamaño de rehidratación, donde la tunta tradicional (para un tamaño mediano) experimenta en promedio un incremento de 31.66% en tamaño y la tunta liofilizada alcanza un engrandecimiento de 27.48%, por lo tanto, la tunta tradicional al someterse a un proceso de secado por liofilización disminuye su tamaño de rehidratación en 4.18%.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en tamaño de rehidratación con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para darle una explicación científica en la diferencia de los resultados me sustento a las mencionadas por Fellows (1994), donde indica que los productos alimenticios al ser tratado por vía liofilización experimenta retracciones (encogimiento) estructurales mínimas, por el contrario los alimentos que son tratados por métodos convencionales de secado sufren daños estructurales y retracciones que endurece la capa superficial del producto, por consiguiente, se deduce que las tuntas tradicionales al ser sometidas a liofilización experimentan retracciones mínimas en su estructura celular y por ende, el incremento en tamaño de rehidratación es menor que las tuntas tradicionales secadas a medio ambiente.

## 4.5 RESULTADOS DE FORMA

### 4.5.1 INDICE DE ESFERICIDAD

En el cuadro siguiente presento los resultados de evaluación de índice de esfericidad y los detalles de operación en el anexo 6.

**CUADRO 25: Resultados en índice de esfericidad de la tunta.**

REPLICA	TRATAMIENTO	
	T1	T2
R1	0,71	0,90
R2	0,81	0,82
R3	0,84	0,88
R4	0,68	0,91
R5	0,90	0,83
R6	0,70	0,90
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,77</b>	<b>0,87</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Explicando el cuadro, en la primera columna se muestra el número de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra, en la segunda y tercera columna se presenta los resultados de evaluación física de índice de esfericidad con un total de seis observaciones para cada tratamiento; las pruebas indican que el índice de esfericidad para T1 (tunta tradicional) llega a alcanzar en promedio 0.77 y para T2 (tunta liofilizada) alcanza un valor de 0.87 respectivamente. Por tanto, se deduce que la tunta tradicional con un proceso de secado por liofilización aumenta en 0.10 en índice de esfericidad, es decir, que la forma de la tunta liofilizada se aproxima más a una esfera. En el siguiente cuadro presento el resultado estadístico del ANVA para el índice de esfericidad.

**CUADRO 26: ANVA para el índice de esfericidad**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,03	0,02862	6,15	4,96	10,04	*
ERROR	10	0,05	0,00466				
TOTAL	11	0,08					
CV	8,30						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009)

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$ , existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el índice de esfericidad de la tunta tradicional es afectado por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para el índice de esfericidad.

**CUADRO 27: Prueba de Duncan para el índice de esfericidad de tunta.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	0,87	A	0,10	0,088	*
T1	0,77	B			

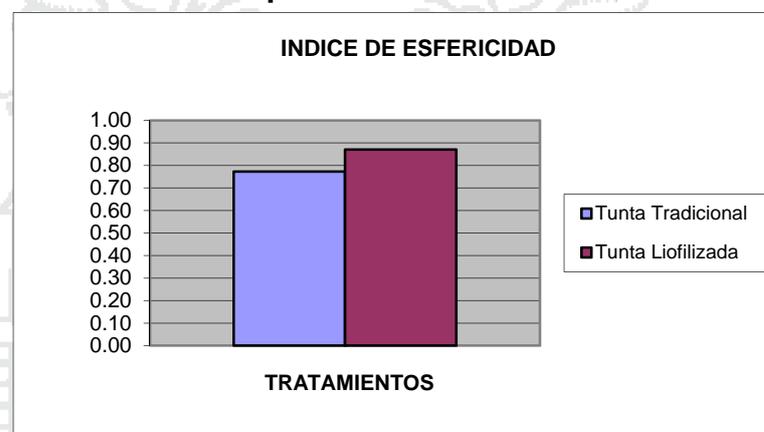
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en índice de esfericidad de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta

tradicional) con un valor de 0.77 y T2 obtiene un valor de 0.87 en índice de esfericidad respectivamente, por tanto, se deduce que por la técnica de liofilización la tunta tradicional incrementa su índice de esfericidad en 0.10.

En la siguiente figura de abajo presento la comparación en índice de esfericidad para el par de tratamientos donde se 'puede distinguirse la diferencia que existe entre ambos tratamientos.

**FIGURA 12: Comparación en índice de esfericidad**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De la grafica se observa claramente que la tunta liofilizada toma ventaja a la tunta tradicional. los resultados en índice de esfericidad para la tunta tradicional es de 0.77 y para la tunta liofilizada es de 0.87, demostrándose que la tunta tradicional al someterse a un proceso de secado por liofilización logra mejorar su forma un 10% más en índice de esfericidad, es decir, se mejora su forma asemejándose más a una forma esférica. Esta ventaja con el proceso liofilizado, atribuyo básicamente a las retracciones mínimas (encogimiento) de la estructura celular que ocurre durante el proceso de liofilizado de la tunta. Cabe indicar que los valores de índice de esfericidad varían de 0 a 1 y cuanto más se aproxima el valor a la unidad, el objeto tendrá una forma más esférica, es decir, los tres diámetros en sus tres ejes dimensionales llegan a aproximarse a la igualdad.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en índice de esfericidad con productos similares por el método liofilizado.

#### 4.5.2 INDICE DE REDONDEZ

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de evaluación de índice de redondez para ambos tratamientos y en el anexo 7 se muestra los detalles de operación así como las fotografías digitales tomadas en su posición de reposo.

**CUADRO 28: Resultados de índice de redondez para la tunta.**

REPLICA	TRATAMIENTO	
	T1	T2
R1	0,51	0,80
R2	0,65	0,67
R3	0,70	0,77
R4	0,46	0,82
R5	0,81	0,68
R6	0,50	0,80
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,60</b>	<b>0,76</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Explicando el cuadro, en la primera columna se muestra el numero de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra, en la segunda y tercera columna se presenta los resultados de evaluación física de índice de redondez con un total de seis observaciones para cada tratamiento; las pruebas indican que el índice de esfericidad para el tratamiento 1 (tunta tradicional) llega a alcanzar en promedio 0.60 y el tratamiento 2 (tunta liofilizada) alcanza un valor de 0.76 respectivamente. Por tanto, se deduce que la tunta tradicional con un proceso de secado por liofilización aumenta en 0.16 en índice de esfericidad, es decir, que la redondez de la tunta liofilizada se asemeja más a una forma redonda.

En el siguiente cuadro presento el resultado estadístico del ANVA para el índice de redondez.

**CUADRO 29: ANVA para el índice de redondez de la tunta.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,07	0,07228	6,09	4,96	10,04	*
ERROR	10	0,12	0,01188				
TOTAL	11	0,19					
CV	15,99						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$ , existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el índice de redondez de la tunta tradicional es afectado por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para el índice de redondez.

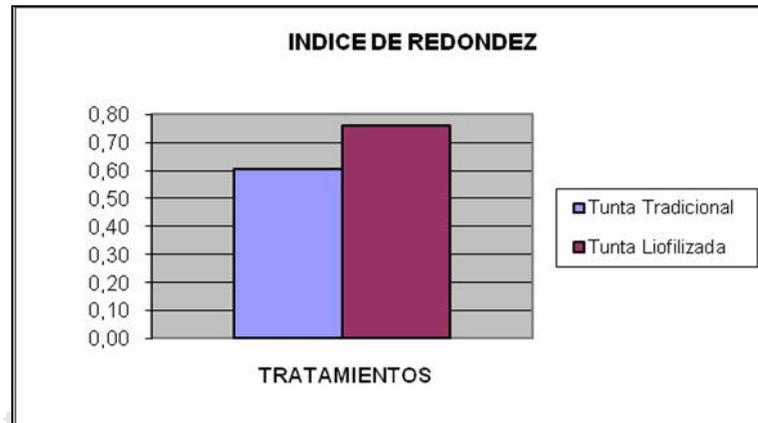
**CUADRO 30: prueba de Duncan para el índice de redondez de la tunta.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	0,76	a	0,16	0,140	*
T1	0,60	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en índice de redondez de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con un valor de 0.60 y T2 obtiene un valor de 0.76 en índice de redondez respectivamente, por tanto, se deduce que por la técnica de liofilización la tunta tradicional incrementa su índice de esfericidad en 0.16.

En la siguiente figura de abajo presento la comparación en índice de redondez para el par de tratamientos

**FIGURA 13: Comparación en índice de redondez**

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De la grafica presentado se observa claramente que la tunta liofilizada toma ventaja a la tunta tradicional. Los resultados en índice de redondez para la tunta tradicional es de 0.60 y para la tunta liofilizada es de 0.76, demostrándose que la tunta tradicional al someterse a un proceso de secado por liofilización mejorar un 16% más en índice de esfericidad, es decir, se asemeja más a una forma redonda (las agudezas de las esquinas en la superficie de la tunta son mínimos). Esta mejoría con el proceso liofilizado, atribuyo básicamente a las retracciones mínimas en la estructura celular de la tunta.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en índice de esfericidad con productos similares por el método liofilizado.

#### 4.5.3 DESCRIPCION DE LA FORMA

De acuerdo a la tabla presenta por tabla (Mohsenin, 1980), se determina que la forma de la tunta liofilizada obtenida de la variedad Chaska en su posición natural de descanso, se asemeja a la forma redonda (aproximadamente un esferoide) y elíptica (aproximadamente un elipsoide), mientras que las tuntas tradicionales presentan formas oblada (aplanada en el tallo o ápice), también formas redondas y elípticas.

#### 4.6 RESULTADOS DE TIEMPO DE REHIDRATACION.

Presento en el siguiente cuadro los resultados de tiempo de rehidratación para las muestras de cada tratamiento y en el anexo 08 los detalles del registro de operación en tiempo de rehidratación.

**CUADRO 31: Resultados de tiempo de rehidratación de tunta.**

REPLICA	TRATAMIENTOS	
	T1 (min.)	T2 (min.)
R1	20	6
R2	24	5
R3	18	7
<b>PROMEDIO</b>	<b>20,67</b>	<b>6,00</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Interpretando el cuadro, en la primera columna se muestra el número de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra según al tratamiento, en la segunda columna se presenta los resultados en tiempo de rehidratación para la tunta tradicional (T1), llegándose a obtener que en promedio necesitan 20.67 min para su completa rehidratación, de igual manera, en la tercera columna presento los tiempos de rehidratación obtenidos para la tunta liofilizada (T2), donde se llega a determinar un tiempo promedio de 6.00 min, por consiguiente, el tiempo en remojar tunta tradicional disminuye en 14.67 min con un proceso liofilizado.

En el siguiente cuadro muestro los datos de evaluación estadística para el tiempo de rehidratación para el par de tratamientos.

**CUADRO 32: ANVA para el tiempo de rehidratación de la tunta.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	322,67	322,667	62,45	7.71	21.20	**
ERROR	4	20,67	5,167				
TOTAL	5	343,33					
CV	17,05						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009)

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y

T2), lo que indica que el tiempo de rehidratación de la tunta tradicional es afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para el tiempo de rehidratación.

**CUADRO 33: Prueba de Duncan para el tiempo de rehidratación.**

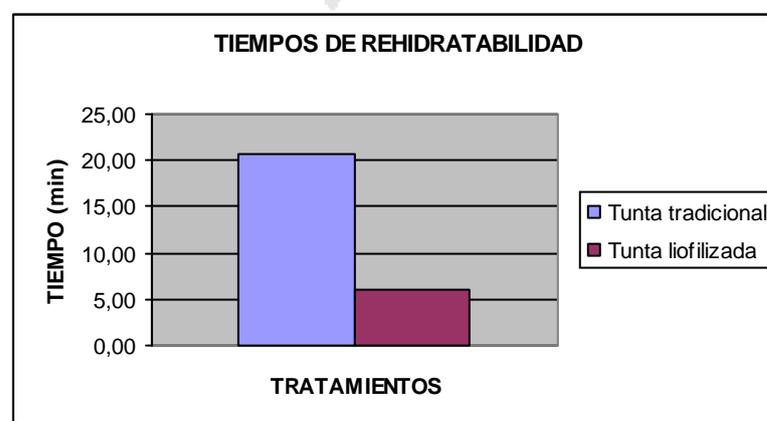
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T1	20,67	a	14,67	5,154	*
T2	6,00	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009)

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en tiempo de rehidratación de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con un tiempo alto de 20.67 min y T2 (tunta liofilizada) solo con 6.00 min respectivamente, por tanto, se deduce que por efecto de la liofilización el tiempo de rehidratación de la tunta tradicional disminuye en 14.67 min.

En la siguiente figura que presento, se puede apreciar con más detenimiento la diferencia que existe en tiempos de rehidratación para los tratamientos.

**FIGURA 14: Comparación en tiempos de rehidratación de la tunta.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico presentado, los valores en tiempo de rehidratación para la tunta tradicional (T1) es de 20.67 min y para la tunta liofilizada es de 6.00 min respectivamente, notándose una clara diferencia que existe entre tratamientos, entonces podemos deducir que, cuando la tunta tradicional pasa por un proceso de secado por liofilización el tiempo en remojar disminuye significativamente en 14.67min (14min, 40seg.) aproximadamente, esto se puede interpretar como una mejoría excepcional en su índice de calidad ya que según Fonseca et al. (2008). indica que una buena calidad de tunta desde el punto de vista comercial, el tiempo de rehidratación puede variar de 10 a 30 min. Entonces, al obtenerse menores tiempos en rehidratación para la tunta liofilizada mejor será el índice de calidad y por ende, aumenta su valor comercial y favorece notablemente al consumidor ya que requiere menos tiempo en remojarla para cocinarla o procesarla..

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en tiempo de rehidratación con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para darle una explicación científica a las diferencias encontradas en tiempos me baso a las mencionadas por Barbosa y Vega (2000), que indican que la estructura esponjosa de los productos liofilizados se debe que en la etapa de congelación provoca la separación de las soluciones acuosas presentes en los alimentos en una mezcla de dos fases, hielo y una solución concentrada de solutos. Como consecuencia de la formación de hielo, se reduce el encogimiento del producto y se consigue una estructura esponjosa que permite una fácil rehidratación. Además la movilidad de la fase concentrada es baja por lo que no se da ningún cambio estructural durante el secado, lo que contribuye a la estructura esponjosa mencionada previamente. Por tanto, el tiempo de rehidratación de la tunta liofilizada es mucho menor que la tunta tradicional por tener una estructura esponjosa y mínimas retracciones.

Muñoz (2000), en sus investigaciones llega a determinar un rango de tiempo de rehidratación para la tunta de 3.5 a 10.3 min. pero que extrañamente no detalla la metodología aplicada para encontrar dicho tiempo.

#### 4.7 RESULTADOS DE GANANCIA DE PESO.

Presento en el siguiente cuadro los resultados obtenidos en ganancia de peso para los dos tratamientos con tres replicas para cada caso y en el anexo 09 se detalla las operaciones para este ítem.

**CUADRO 34: Ganancia de peso en tuntas**

REPLICA	TRATAMIENTOS	
	T1 (g.)	T2 (g.)
R1	19,205	37,484
R2	17,676	36,759
R3	16,851	37,985
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,911</b>	<b>37,409</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009)

Explicando el cuadro, en la primera columna se muestra el numero de replicas u observaciones hechas para cada tipo de muestra según al tratamiento, en la segunda columna se presenta los resultados en ganancia de peso para la tunta tradicional (T1), llegándose a obtener que en promedio ganan 17.911 g. en su completa rehidratación, de igual manera, en la tercera columna presento ganancia de peso obtenidos para la tunta liofilizada (T2), donde se llega a determinar una ganancia de peso promedio de 37.409 gr, por consiguiente, la ganancia de peso se incrementa en 19.494 g. (108.87%) cuando la tunta tradicional es sometida a la técnica de liofilizado. Datos evaluados para pesos similares tal como se muestra en el anexo 8

En el siguiente cuadro expongo los datos de evaluación estadística para la prueba física de ganancia de peso.

**CUADRO 35: ANVA para la ganancia de peso en la tunta.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	570,30	570,297	631,36	7.71	21.20	**
ERROR	4	3,61	0,903				
TOTAL	5	573,91					
CV	3,44						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que la ganancia en peso de la tunta tradicional es afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para la ganancia de peso.

**CUADRO 36: Prueba de Duncan para la ganancia de peso.**

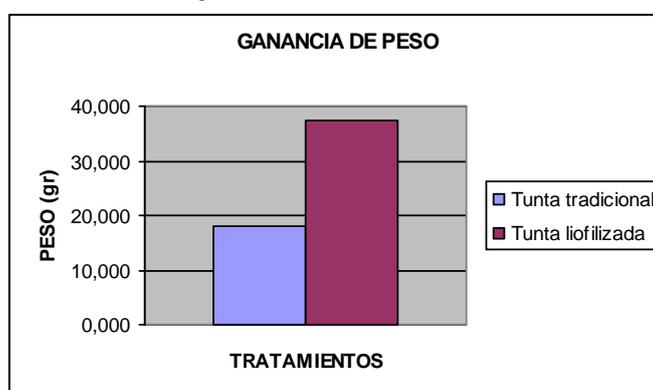
TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	37,409	a	19,498	2,155	*
T1	17,911	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en ganancia de peso de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con una ganancia de 17.911g. y T2 (tunta liofilizada) alcanza un peso de 37.49 g. respectivamente, por tanto, se deduce que por efecto de la liofilización la ganancia de peso en la tunta tradicional aumenta en 19.498 g.

En la siguiente figura que presento, se puede apreciar con más detenimiento la diferencia en ganancia de peso para los dos tratamientos en cuestión.

**FIGURA 15: Comparación en ganancia de peso en la tunta.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico presentado, los valores en ganancia de peso para la tunta tradicional (T1) es 17.911 g. y para la tunta liofilizada es de 37.409 g. respectivamente, notándose una clara diferencia que existe entre tratamientos, entonces podemos deducir que, cuando la tunta tradicional pasa por un proceso de secado por liofilización la ganancia de peso aumenta significativamente en 19.498 g. (108.87%) aproximadamente, esto quiere decir, que la tunta liofilizada al rehidratarse gana más peso (absorbe más agua) que las tuntas tradicionales.

Por otro lado, de las pruebas efectuadas se llega a determinar que la tunta tradicional logra alcanzar una ganancia de peso del 192.06% con respecto a su peso inicial cuando se rehidrata por completo, mientras la tunta liofilizada supera ese porcentaje alcanzando hasta un 292.30% con respecto a su peso inicial aproximadamente, por tanto, la tunta liofilizada tiene mayor capacidad de retención de agua en su estructura celular porosa. Los detalles de estos valores se ubican en el anexo 9.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en ganancia de peso con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para darle una explicación científica a las diferencias encontradas en ganancia de peso, atribuyo básicamente a la estructura porosa y retracciones que menciona en su investigación Barbosa y Vega (2000) para productos liofilizados, es decir, se sabe que con un proceso de liofilización la tunta presenta una alta porosidad y retracciones mínimas, razón por la cual tienen la propiedad de absorber más agua que las tuntas tradicionales y por ende, encontramos diferencias en ganancia de peso.

#### **4.8 RESULTADOS DE VELOCIDAD DE REHIDRATACION**

Presento en el siguiente cuadro los resultados de velocidad de rehidratación, en el anexo 8 se detalla el registro de datos en velocidad de rehidratación, de igual forma, en el anexo 10 está la operación en cálculo para su determinación de este indicador y finalmente en el anexo 11 se muestra las curvas de velocidad ajustadas a base logarítmica.

**CUADRO 37: Resultados en velocidad de rehidratación de la tunta.**

REPLICA	T1(gr.min <sup>-1</sup> )	T2 (gr.min <sup>-1</sup> )
R1	0.96	6.25
R2	0.74	7.35
R3	0.94	5.43
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.88</b>	<b>6.34</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Explicando el cuadro, en la primera columna se muestra el numero de replicas hechas para evaluar el indicador en mención, en la segunda columna se presenta los resultados en velocidad de rehidratación para la tunta tradicional (T1), llegándose a determinar que la capacidad de rehidratación es de 0.88 gr.min<sup>-1</sup> y en la tercera columna se muestra para la tunta liofilizada (T2), donde se llega a determinar que la capacidad de rehidratación es de 6.34 gr.min<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que la capacidad de rehidratabilidad de la tunta liofilizada es mucho más rápida que la tunta tradicional.

En el siguiente cuadro expongo los datos de evaluación estadística para la prueba física de velocidad de rehidratación.

**CUADRO 38: ANVA para la velocidad de rehidratación.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	44,79	44,7865	94,43	7.71	21.20	**
ERROR	4	1,90	0,474				
TOTAL	5	46,68					
CV	19,08						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un P 0.05 y P 0.01, existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que la velocidad de rehidratación de la tunta tradicional es afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento el resultado de la prueba de Duncan determinados para la ganancia de peso.

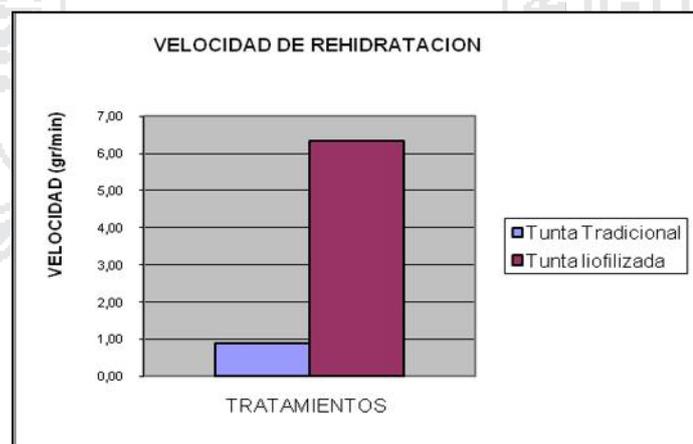
**CUADRO 39: Prueba de Duncan para la velocidad de rehidratación.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T1-T2	ALS(D)	SIGN
T2	6,342	a	5,462	1,561	*
T1	0,88	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en velocidad de rehidratación de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de aplicar la técnica de liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con una velocidad de  $0.88 \text{ gr} \cdot \text{min}^{-1}$  y T2 (tunta liofilizada) alcanza una velocidad de  $6.34 \text{ gr/min}$  respectivamente, por tanto, se deduce que por efecto de la liofilización la capacidad de rehidratabilidad tunta tradicional aumenta en  $5.462 \text{ gr} \cdot \text{min}^{-1}$  (7.2 veces más rápida).

En la siguiente figura que muestro, se puede apreciar con más detenimiento la diferencia abismal que existe en velocidad de rehidratación para los dos tratamientos.

**FIGURA 16: Comparación en Velocidad de rehidratación de la tunta.**

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Según el gráfico se observa claramente la superioridad del tratamiento T2 (tunta liofilizada) que alcanza un valor de  $6.342 \text{ gr} \cdot \text{min}^{-1}$  frente a T1 (tunta tradicional) que solo obtiene  $0.88 \text{ gr} \cdot \text{min}^{-1}$ , por lo tanto, la capacidad de rehidratabilidad de la tunta con un proceso de liofilización es 7.2 veces más rápida, esto explica que en

tiempo de rehidratación se logro obtener menores tiempos y esto se atribuye fundamentalmente como en los demás casos anteriores a la estructura celular porosa, a la densidad global baja y a los cambios estructurales que sufre la tunta.

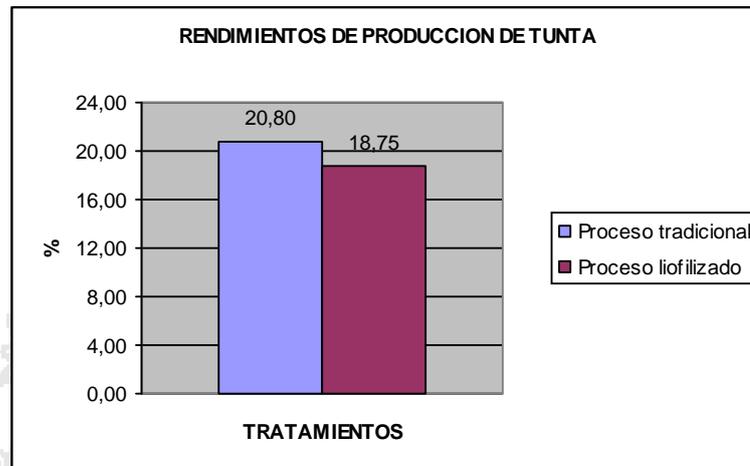
Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en velocidad de rehidratación con productos similares por el método liofilizado. Sin embargo, para darle una explicación científica a las diferencias encontradas en este indicador, atribuyo a las mencionadas por Fellows (1994), en donde indica que la liofilización casi no provoca en los alimentos retracción alguna y no endurece su capa superficial, obteniéndose alimentos con estructura porosa que hace que su rehidratación sea muy rápida. Por otro lado, Barbosa y Vega (2000), menciona también que otro efecto en los alimentos liofilizados es una estructura de densidad global baja que proviene de los espacios huecos en forma de aguja que previamente estaban ocupados por cristales de hielo. Y finalmente Rodríguez et al. (2002), en su investigación destaca que la rehidratabilidad es la capacidad de rehidratación y está relacionada con el grado y velocidad con que adquiere agua hasta alcanzar un contenido próximo al de su estado original, esta restitución acuosa del producto depende de los cambios estructurales y físico-químicos que le haya podido causar la deshidratación, los cuales están determinados, a su vez, por la composición y por las condiciones de operación del proceso de secado seguido.

#### **4.9 RESULTADOS DE RENDIMIENTO**

El rendimiento es uno de los indicadores de producción que se maneja en cualquier empresa y es aplicada para cualquier proceso de fabricación u procesamiento ya sea en el rubro textil, agropecuario, industrial, alimentario, etc.,

En la siguiente grafico de abajo presento los resultados de rendimiento para los dos procesos en estudio.

**FIGURA 17: Comparación en rendimientos de producción de la tunta.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico presentado se aprecia de que el rendimiento de producción de tunta para el proceso tradicional es de 20.80% y el rendimiento por el proceso liofilización es de 18.75%, confrontado es dos resultados de ambos procesos se verifica que existe una diferencia pequeña del 2.05 %, presentándose con menor rendimiento por la técnica de secado por liofilización, esto se atribuye al contenido mínimo de humedad (2.15% según análisis de humedad) y a la alta porosidad (densidad baja) que afecta directamente al rendimiento de producción de tuntas. Pero contrariamente, la técnica de liofilización nos compensa con la alta calidad única que se obtiene por este método de proceso tal como está demostrado en los anteriores objetivos de investigación que son favorables para la producción y/o comercialización del producto.

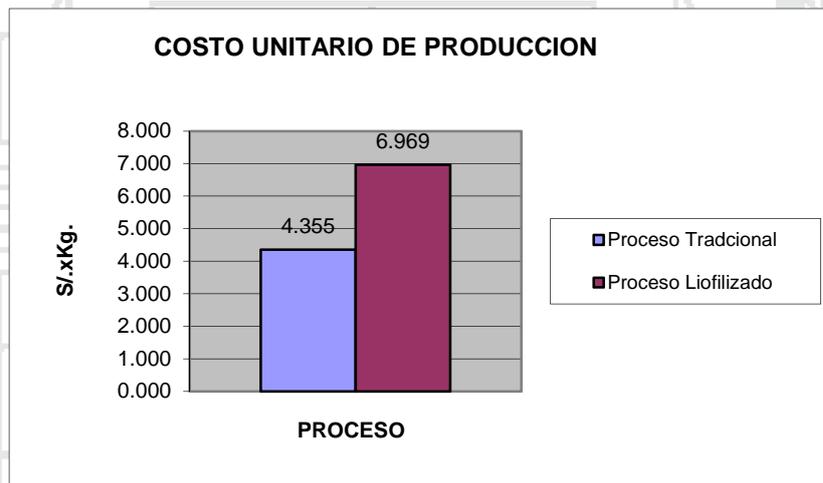
Según Mamani (2003), en sus investigaciones llega a determinar que el rendimiento de producción de tunta para una papa de variedad dulce es aproximadamente de 20.59% que es un dato muy cercano al obtenido para la metodología tradicional, esta mínima diferencia de 0.21% se puede atribuir básicamente variación en la metodología de procesamiento y variedad de papa empleada.

Por tratarse de un trabajo inédito carece de revisión bibliográfica para las comparaciones y discusiones en rendimiento con productos similares por el método liofilizado.

#### 4.10 RESULTADOS DE COSTOS DE PRODUCCION

Presento en el siguiente grafico la comparación en costos de producción por kg de producto obtenidos para las dos técnicas de proceso y en el anexo 13 se detalla costos y datos de operación tanto para el proceso tradicional como para el proceso liofilizado.

**FIGURA 18: Comparación en costos de producción para los dos procesos en estudio.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Cabe indicar que el costo unitario de producción es un indicador que nos revela cuánto cuesta elaborar un kilogramo de tunta y es determinada dividiendo el costo total de producción entre los kilogramos de tunta obtenida.

Del grafico presentado, se puede apreciar que el costo unitario de producción para el proceso tradicional alcanza un costo de S/, 4.355 x Kg y con el proceso liofilizado aumenta más hasta un costo de S/.6.969 x Kg.

Detallando los cálculos de operación para cada proceso se tiene:

En el proceso tradicional, los costos de producción está compuesto por: compra de materia prima, transporte, mano de obra, materiales de procesamiento y otros gastos. Para procesar 2 352 000 kg de papa en cuatro campañas se necesita hacer un desembolso de S/. 2 108 198 (nuevo soles) para una producción de 484050 kg de tunta, ahora calculando el costo unitario de producción que es simplemente dividir S/. 2 108 198 entre 484050 kg se obtiene S/. 4.355 x kg, esto significa que para producir 1 kg de tunta tradicional se requiere 4.355 nuevo soles. Datos tomados de Mamani (2003) y actualizados al 2009.

Para el proceso liofilizado, los costos de producción está compuesto por: compra de materia prima, transporte, mano de obra, materiales de procesamiento, otros gastos y costo de combustible. Para procesar 2 352 000 kg de papa en cuatro campañas se necesita hacer un desembolso de 3 041 078.561 (nuevo soles) para una producción de 436 362.29 kg de tunta liofilizada, ahora calculando el costo unitario de producción que es simplemente dividir S/. 3 041 078.561 entre 436 362.29 kg se obtiene S/.6.969 x Kg, esto significa que para producir 1 kg de tunta liofilizada se requiere un desembolso de 6.969 nuevo soles.

Finalmente el incremento en costo de producción se explica a la incorporación de una liofilizadora industrial tipo túnel de una capacidad de producción de 562kg/bacht para un tiempo de secado de 11 horas. Salas y Polanco (2004), donde se estima que el costo de producción se incrementa en 60.01 % aproximadamente.

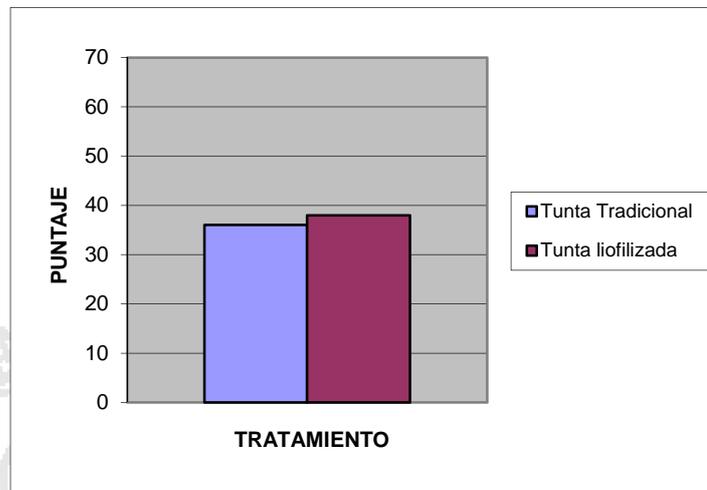
## **4.11 RESULTADOS DE ANALISIS SENSORIAL**

### **4.11.1 TUNTA COCIDA**

#### **4.11.1.1 COLOR**

Muestro en el siguiente grafico el resultado de análisis sensorial del atributo color para los dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 19: Atributo sensorial de color para la tunta cocida.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 36 puntos y para la tunta liofilizada 38 puntos, tomando ligera ventaja la tunta liofilizada por dos puntos, pero que estadísticamente se considera igual por no haber significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que el color de la tunta cocida es agradable.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del color de la tunta en su condición cocida.

**CUADRO 40: ANVA para el atributo color de la tunta cocida.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,20	0,2	0,90	4,41	8,29	n.s.
ERROR	18	4,00	0,22222				
TOTAL	19	4,20					
CV	12,74						

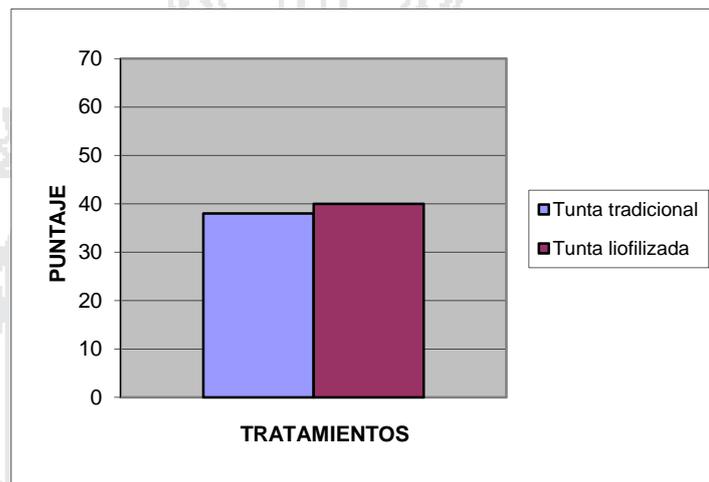
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el color para la tunta cocida no se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización, por lo tanto, se suprime la prueba de Duncan.

#### 4.11.1.2 OLOR

Muestro en el siguiente grafico el resultado de análisis sensorial del atributo olor para los dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 20: Atributo sensorial de olor para la tunta cocida.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del grafico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 38 puntos y para la tunta liofilizada 40 puntos, tomando ligera ventaja la tunta liofilizada por dos puntos, pero que estadísticamente se considera igual por no haber significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que el olor de la tunta cocida es agradable y es característico al producto.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del olor de la tunta en su condición cocida.

**CUADRO 41: ANVA para el atributo olor de la tunta cocida.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,20	0,2	1,00	4,41	8,29	n.s.
ERROR	18	3,60	0,20000				
TOTAL	19	3,80					
CV	11,47						

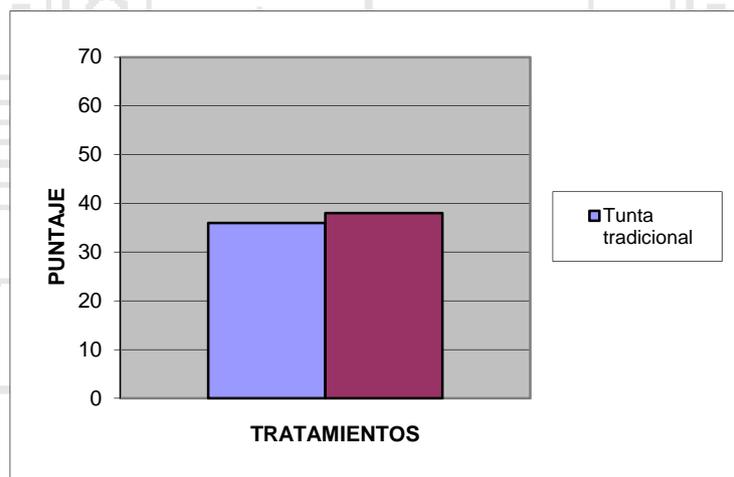
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el olor para la tunta cocida no se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización, por lo tanto, se obvia la prueba de Duncan.

#### 4.11.1.3 SABOR

Muestro en el siguiente grafico el resultado de análisis sensorial del atributo sabor para los dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 21: Atributo sensorial de sabor para la tunta cocida.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del grafico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 36 puntos y para la tunta liofilizada 38 puntos, tomando ligera ventaja la tunta liofilizada por dos puntos, pero que estadísticamente se considera igual por no haber significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que el sabor de la tunta cocida es agradable y es característico al producto.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del sabor de la tunta en su condición cocida.

**CUADRO 42: ANVA para el atributo sabor de la tunta cocida.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,20	0,2	0,90	4,41	8,29	n.s.
ERROR	18	4,00	0,22222				
TOTAL	19	4,20					
CV	12,74						

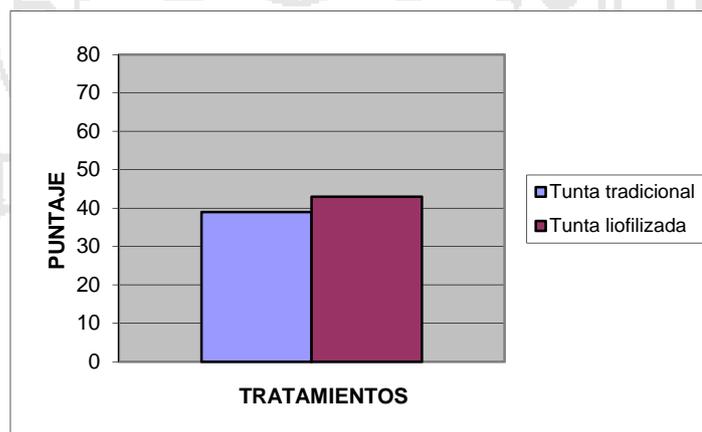
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el sabor para la tunta cocida no se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización, por lo tanto, se suprime la prueba de Duncan.

#### 4.11.1.4 TEXTURA

Muestro en el siguiente grafico el resultado de análisis sensorial del atributo textura para los dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 22: Atributo sensorial de textura para la tunta cocida.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del grafico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 39 puntos y para la tunta liofilizada 43 puntos, tomando ligera ventaja la tunta liofilizada por cuatro puntos, que estadísticamente a una  $P = 0.05$  se considera diferentes por haber significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación

sensorial, la textura de la tunta cocida es considerada suave y agradable al ser degustada por el grupo de panelistas, pero tomando un poco más de aceptación la tunta liofilizada tal como se muestra en el gráfico de arriba.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del sabor de la tunta en su condición cocida.

**CUADRO 43: ANVA para el atributo textura de la tunta cocida.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,80	0,8	4,80	4,41	8,29	*
ERROR	18	3,00	0,16667				
TOTAL	19	3,80					
CV	9,96						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que la textura para la tunta cocida se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

Al haber diferencia significativa en el análisis estadístico, presento a continuación las pruebas de Duncan para la textura en la tunta cocida.

**CUADRO 44: Prueba de Duncan para la textura de la tunta cocida.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	4,30	a	0,40	0,384	*
T1	3,90	b			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

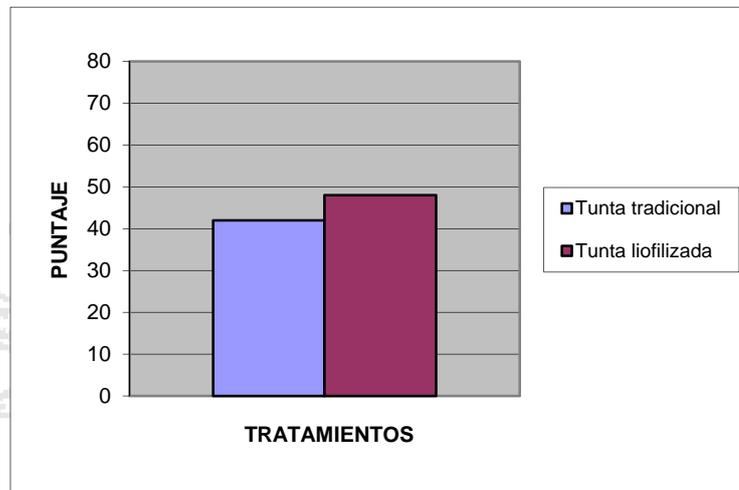
De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en evaluación sensorial de textura de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización.

#### 4.11.2 TUNTA CRUDA

##### 4.11.2.1 COLOR

Muestro en el siguiente gráfico el resultado de análisis sensorial del atributo color para la tunta cruda en sus dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 23: Atributo sensorial de color para la tunta cruda.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 42 puntos y para la tunta liofilizada 48 puntos, tomando moderadamente una ventaja la tunta liofilizada por 6 puntos, que estadísticamente se considera diferentes al haber una alta significancia en los resultados estadísticos. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que el color de la tunta tradicional es blanco cremoso y es considerado como agradable y para la tunta liofilizada un color blanco intenso considerado muy agradable según la escala hedónica, por lo que la liofilización contribuye a que el color se conserve mucho mejor.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del color de la tunta en su condición cruda.

**CUADRO 45: ANVA para el atributo color de la tunta cruda.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	1,80	1,8	10,13	4,41	8,29	**
ERROR	18	3,20	0,17778				
TOTAL	19	5,00					
CV	9,37						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

.Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$  existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que la textura para la tunta en su estado crudo se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

Al encontrarse diferencia significativa en el análisis estadístico, presento a continuación la prueba de Duncan para el color.

**CUADRO 46: Prueba de Duncan para el color de la tunta cruda.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	4,80	a	0,60	0,397	si
T1	4,20	b			

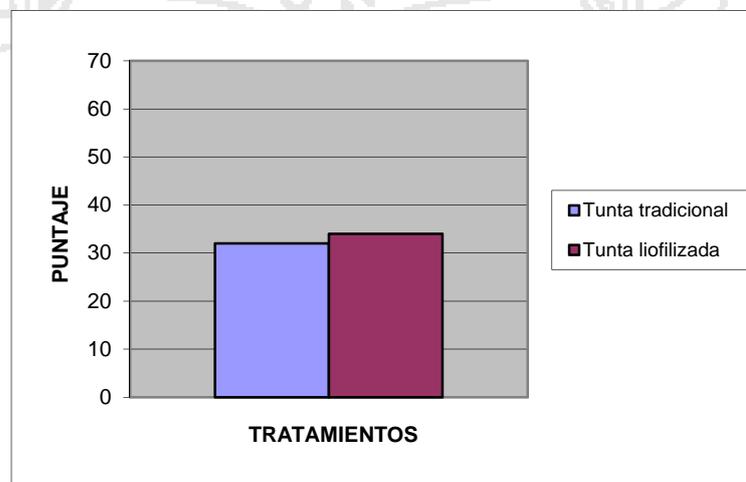
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en evaluación sensorial de color de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización. Por lo tanto, la tunta tradicional de acuerdo a la escala hedónica llega a ser agradable para el grupo de panelistas mientras que para la tunta liofilizada alcanzo a ser muy agradable.

**4.11.2.2 OLOR**

Exhibo en el siguiente grafico el resultado de análisis sensorial del atributo olor para la tunta cruda en sus dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 24: Atributo sensorial de olor para la tunta cruda.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 32 puntos y para la tunta liofilizada 34 puntos, tomando una mínima ventaja la tunta liofilizada por dos puntos, pero que estadísticamente se considera igual por no haber significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que el olor de la tunta en su condición cruda es: ni agradable ni desagradable juzgado por el grupo de panelistas.

A continuación presento el resultado estadístico para el atributo del olor de la tunta en su condición cruda.

**CUADRO 47: ANVA para el atributo olor de la tunta cruda.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	0,20	0,2	0,90	4,41	8,29	no
ERROR	18	4,00	0,22222				
TOTAL	19	4,20					
CV	14,28						

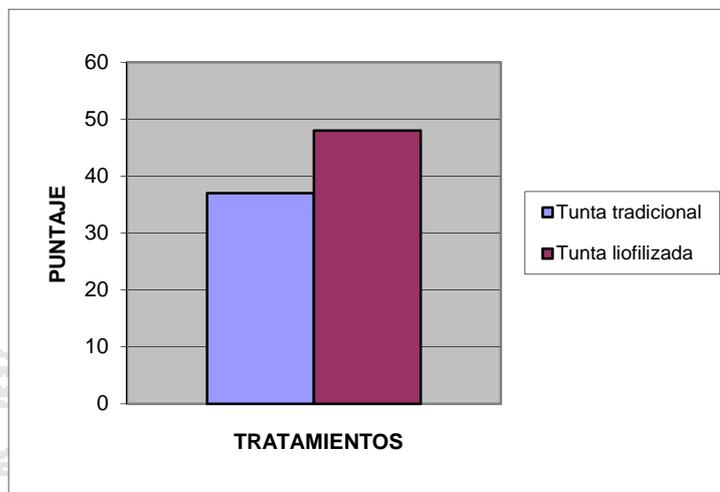
**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (T1 y T2), lo que indica que el olor para la tunta en su estado crudo no se ve afectada por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización, por lo tanto, obviamos la prueba de Duncan.

#### 4.11.2.3 TEXTURA

Muestro en el siguiente gráfico el resultado de análisis sensorial del atributo textura para los dos tratamientos en estudio.

**FIGURA 25: Atributo sensorial de textura para la tunta cruda.**



**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del gráfico mostrado, el puntaje alcanzado para la tunta tradicional llega a 37 puntos y para la tunta liofilizada 48 puntos, tomando ventaja considerada la tunta liofilizada por once puntos, que estadísticamente se considera diferentes por haber una alta significancia. De acuerdo a los resultados de evaluación sensorial se concluye que la textura de la tunta tradicional en su estado crudo es consistente o dura y es considerado como agradable. Para la tunta liofilizada la textura es suave y frágil considerado muy agradable según la escala hedónica, por lo concluimos que la liofilización contribuye a mejorar la textura de la tunta dándoles una característica excepcional frente la tunta tradicional.

**CUADRO 48: ANVA para el atributo textura de la tunta cruda.**

F DE V	GL	SC	CM	FC	F(0.05)	F(0.01)	SIGN
TRATAMIENTO	1	6,05	6,05	29,43	4,41	8,29	**
ERROR	18	3,70	0,20556				
TOTAL	19	9,75					
CV	10,67						

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Del ANVA presentado nos revela que estadísticamente para un  $P = 0.05$  y  $P = 0.01$ , existe diferencia altamente significativa entre las medias de los tratamientos

(T1 y T2), lo que indica que la textura de la tunta varía por efecto de aplicar la técnica de secado por liofilización.

A continuación presento en el siguiente cuadro el resultado de la prueba de Duncan determinado para el análisis de textura.

**CUADRO 49: Prueba de Duncan para el atributo textura de la tunta cruda.**

TRATAMIENTO	PROM	D.S	T2-T1	ALS(D)	SIGN
T2	4,80	a	1,10	0,427	*
T1	3,70	b			

De acuerdo a la prueba de Duncan, se concluye que para un  $P = 0.05$  los promedios en textura de ambos tratamientos son significativamente diferentes por efecto de la liofilización, resultando T1 (tunta tradicional) con mayor calificación 4.80 en promedio y T2 (tunta liofilizada) con solo 3.70 en promedio. Estos datos nos inducen a afirmar que la textura de la tunta tradicional sometida a un proceso de secado por liofilización es afectada positivamente, ya que se obtiene una textura mucho más suave y frágil, por lo que se recomienda que su manipuleo sea de mucho cuidado.

## V. CONCLUSIONES

- El tamaño de rehidratación para las tuntas tradicionales aumenta en 31.66% y para las tuntas liofilizadas en 27.48 %. En cuanto a la forma, la tunta tradicional es mejorada con el proceso de liofilización en 10% en índice de esfericidad y 16% en índice de redondez. En su forma descriptiva la tunta se asemeja a la forma redonda (aproximadamente un esferoide) y oblada (aplanada en el tallo o ápice). El peso de las tuntas tradicionales disminuye en 18.08% con un proceso liofilizado, resultando mejor las tuntas liofilizadas por ser más livianas y secas. El rendimiento de producción disminuye en 2.05% con un proceso liofilizado, pero contrariamente la calidad física y sensorial es mejorada.
- Con el proceso liofilizado el tiempo de rehidratación disminuye en 14.67 min, la ganancia de peso se incrementa en 108.87% y La velocidad de rehidratación de la tunta liofilizada es 7.2 veces más rápida que la tunta tradicional.
- Con respecto a las pruebas organolépticas, estadísticamente no existe una diferencia significativa en color, olor y sabor pero si en textura para la tunta en su estado cocido. Por otro lado, existe una diferencia significativa en color y textura pero no en olor para la tunta en su condición cruda, considerándose agradable y muy agradable por los panelistas que evaluaron.
- El costo unitario de producción para el proceso tradicional es S/4.355 x Kg. y para el proceso liofilizado es S/6.493 x Kg., este ultimo incrementa en 60.01% a los costos de producción, pero dicho aumento trae la ventaja de mejorar notablemente la calidad físico sensorial de la tunta con el proceso liofilizado.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la vida útil de la tunta liofilizada en diferentes envases utilizando diferentes variedades de muestra.
- Efectuar estudios del proceso bioquímico que ocurre durante el proceso unitario de inmersión.
- Evaluar el punto eutéctico de congelación de la tunta.
- Realizar pruebas de procesamiento y transformación de tuntas liofilizadas en otros productos para el aprovechamiento máximo de su aplicación y consumo en el mercado.



## VII. BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, J. M. (2001): "Métodos para Medir Propiedades Físicas en la Industria de los Alimentos", Editorial Acribia, S.A.
- ALCAZAR DEL CASTILLO, JORGE. (2002): "Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias".2da. Ed. Cusco-Perú.
- ANZALDUA, A. (2005): "La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Practica", Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España.
- BARBOSA, C. y VEGA, M. (2000): "Deshidratación de Alimentos", Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España.
- CHEFTEL, J.C., CHEFTEL, H. y BESACON, P. (1999): "Introducción a la Bioquímica y Tecnológica de los Alimentos", Vol. II. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
- DIRECCION REGIONAL AGRARIA. (2005). "Elaboración de Tunta". Boletín agroindustrial N° 4. Puno-Perú.
- EARLE, R. L. (1998): "Ingeniería de los Alimentos", editorial Acribia, Zaragoza-España.
- FELLOWS, P. (1994): "Tecnología del Procesado de los Alimentos", editorial Acribia, Zaragoza-España.
- FLORES SORIA, JAIME. (2000). "Costos y Presupuestos, Teoría y práctica. Lima-Perú.
- FONSECA, C., HUARACHI, E., CHURA, W. y COTRADO, G. (2008): "Guía de Buenas Prácticas de Procesamiento Para la Producción Artesanal de la Tunta" 1ra Ed. Puno-Perú.

- GOÑI GALARZA, JUAN. (2005): Geometría Analítica Plana y del Espacio. Curso completo de Teoría y Problemas. 6ta Ed. Lima-Perú.
- HUALLPA SOSA, GREGORIO. (1983): “Análisis Bromatológico Del Chuño Negro Y Blanco Bajo Tres Formas De Elaboración”. Puno-Perú.
- MAMANI QUISPE, EDGAR. (2003): “Análisis de Comercialización del Chuño Blanco del Centro Poblado de Chijichaya de la Provincia del Collao de Ilave Periodo 2000” Puno-Perú.
- MOHSENIN, N.E. (1980): “Thermal Properties of Foods and Agricultural”. Material-Gordon and Breach Science Publishers. New York-USA.
- MUÑOZ CACERES, ERNESTO. (2000): “Tiempos De Lixiviación En La Elaboración De Chuño Blanco En El Centro Poblado De Chijichaya Y La Estación Experimental Illpa”. Puno-Perú.
- NORMA TECNICA PERUANA 011. 400 (2007): Tubérculos Procesados. Papa Deshidratada. Requisitos y Definiciones. 1ra Ed. Lima-Perú.
- PAREDES HUAYTA, SEBASTIAN. (1990): “Procesamiento Del Chuño Blanco En Dos Comunidades Campesinas Del Departamento De Puno”. Puno-Perú.
- POLEMENI BACKER, PADILLA JACOBSEN. (1983): “Contabilidad de Costos”, Editorial Calypso S.A.
- RODRIGUEZ, F., AGUADO, J., CALLES, J.A., CAÑIZARES, P., LOPEZ, B., SANTOS, A. y SERRANO, D. (2002): “Ingeniería de la Industria Alimentaria”. Vol. III. Editorial Síntesis, S. A.
- SALAS, D. y POLANCO, C. (2004): “Determinación de los parámetros (Tiempo y Temperatura de Congelación y de Secado) para Liofilizar Maca (*Lepidium Peruvianum Chacon sp. Nov.*) e Implementación de una Línea de

producción en Omniagro.”, Arequipa-Perú.

- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (2008): “Fluctuación de Temperaturas mínimas en el mes de julio- CO. Ilave”, Puno-Perú.
- SING, P. y HELDMAN, R. (1998): “Introducción a la Ingeniería de los Alimentos”, 2da. Ed. Zaragoza –España.
- UREÑA, M. y D'ARRIGO, M. (1999): “Evaluación Sensorial de los Alimentos”, 1ra Ed. Universitaria. Lima-Perú.
- ZEA FLORES, WILFREDO. (1995): “Estadística y Diseños Experimentales”, Ed. Universitaria, Puno-Perú.
- ZEA, F. e IBAÑEZ, Q. (1999): “Tablas Estadísticas”, Ed. Universitaria, Puno-Perú.



## ANEXOS

**ANEXO 01:** Datos registrados durante el proceso de liofilización.

TECNICA DE SECADO: LIOFILIZACION						
REPLICA	FRASCO(ml)	UNID	Pº(g.)	Pf(g.)	VARIACION	% PER
R1	1200	6	257,80	105,1	152,70	40,77
	300	2	104,60	37,3	67,30	35,66
	300	2	85,70	39,4	46,30	45,97
	300	2	83,70	35,3	48,40	42,17
	150	1	64,80	25,1	39,70	38,73
	150	1	59,70	21,7	38,00	36,35
<b>TOTAL</b>			<b>656,30</b>	<b>263,9</b>	<b>392,40</b>	<b>40,21</b>
	300	2	77,70	31,6	46,10	40,67
	300	2	97,90	41,9	56,00	42,80
	300	2	82,60	32,6	50,00	39,47
	150	1	37,60	13,2	24,40	35,11
	150	1	39,00	16,0	23,00	41,03
<b>TOTAL</b>			<b>334,80</b>	<b>135,3</b>	<b>199,50</b>	<b>40,41</b>
R3	1200	4	198,40	82,7	115,70	41,68
	300	2	90,60	35,4	55,20	39,07
	300	2	100,00	39,5	60,50	39,50
	300	2	94,30	34,3	60,00	36,37
	150	1	63,90	22,8	41,10	35,68
	150	1	64,50	25,0	39,50	38,76
	150	1	65,10	24,6	40,50	37,79
<b>TOTAL</b>			<b>676,80</b>	<b>264,3</b>	<b>412,50</b>	<b>39,05</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Donde:

Pº: Peso inicial (tunta húmeda).

Pf: Peso final (tunta seca).

### FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE LIOFILIZACION



**ANEXO 02:** certificado de análisis de humedad de la tunta en sus diferentes condiciones.

**A). TUNTA TRADICIONAL HUMEDA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS**

**DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE**

**Muestra** : Chuño Blanco ( Tunta) **Nº: 01**  
**Recibida de** : Edgar Naupa Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Naupa Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

**RESULTADOS**

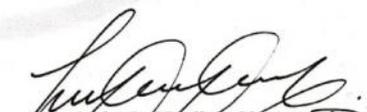
**1. ANÁLISIS FISICO QUIMICO**

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	61,03
Extracto seco (%)	38,97
Relación de Humedad y Extracto seco	156,58
Cantidad de muestra residual (g.)	2,26
Relación de g/Kg.	389,73

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Luque Fortún**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquin**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

Muestra : Chuño Blanco ( Tunta) N°: 02  
 Recibida de : Edgar Ñaupá Che.  
 Muestreado por : Solicitante  
 Muestra recibida en : Lab. EPIIA  
 Solicitante : Edgar Ñaupá Che.  
 Fecha de Recepción : 11 de agosto de 2008  
 Observaciones :

RESULTADOS

2. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	59,80
Extracto seco (%)	40,20
Relación de Humedad y Extracto seco	148,74
Cantidad de muestra residual (g.)	2,207
Relación de g/Kg.	402,02

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. Silvia Eugenia Fortun  
 Analista

  
 Ing. Antonio Durand Gámez  
 Director EPIIA

  
 Ing. Luis A. Medina Marroquín  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

## FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS

## DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

**Muestra** : Chuño Blanco ( Tunta) **Nº: 03**  
**Recibida de** : Edgar Ñaupá Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Ñaupá Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

## RESULTADOS

## 3. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	59,70
Extracto seco (%)	41,24
Relación de Humedad y Extracto seco	142,48
Cantidad de muestra residual (g.)	2,19
Relación de g/Kg.	412,40

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Luque Fortun**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquin**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

**B). TUNTA TRADICIONAL SECA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS**

**DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE**

Muestra : Chuño Blanco ( Tunta seca) Nº: 05  
 Recibida de : Edgar Ñaupá Che.  
 Muestreado por : Solicitante  
 Muestra recibida en : Lab. EPIIA  
 Solicitante : Edgar Ñaupá Che.  
 Fecha de Recepción : 11 de agosto de 2008  
 Observaciones :

**RESULTADOS**

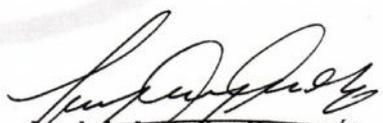
**5. ANÁLISIS FISICO QUIMICO**

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	12,75
Extracto seco (%)	87,25
Relación de Humedad y Extracto seco	14,61
Cantidad de muestra residual (g.)	4,422
Relación de g/Kg.	872,49

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Luque Fortun**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gámez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquín**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

## FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS

## DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

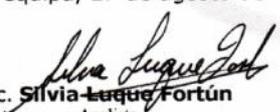
**Muestra** : Chuño Blanco ( Tunta seca) **Nº: 06**  
**Recibida de** : Edgar Ñaupá Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Ñaupá Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

## RESULTADOS

## 6. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	11,53
Extracto seco (%)	88,47
Relación de Humedad y Extracto seco	13,04
Cantidad de muestra residual (g.)	4,57
Relación de g/Kg.	884,66

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Luque Fortún**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquin**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

## FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS

## DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

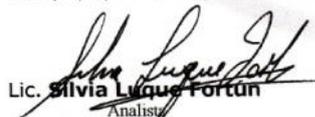
**Muestra** : Chuño Blanco ( Tunta) **Nº: 07**  
**Recibida de** : Edgar Naupa Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Naupa Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

## RESULTADOS

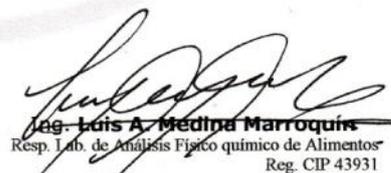
## 7. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	11,10
Extracto seco (%)	83,45
Relación de Humedad y Extracto seco	13,20
Cantidad de muestra residual (g.)	4,55
Relación de g/Kg.	883,52

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Luque Fortún**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquín**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

**C). TUNTA LIOFILIZADA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS**

**DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE**

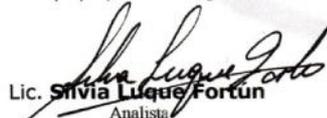
**Muestra** : Chuño Blanco Liofilizado (tunta) **Nº: 08**  
**Recibida de** : Edgar Ñaupá Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Ñaupá Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

**RESULTADOS**

**8. ANÁLISIS FISICO QUIMICO**

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	1,92
Extracto seco (%)	98,08
Relación de Humedad y Extracto seco	1,96
Cantidad de muestra residual (g.)	4,93
Relación de g/Kg.	980,81

Arequipa, 27 de agosto de 2008

Lic.   
**Silvia Luque Fortun**  
 Analista

  
**Ing. Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
**Ing. Luis A. Medina Marroquin**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

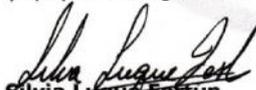
Muestra : Chuño Blanco Liofilizado ( Tunta) N°: 09  
 Recibida de : Edgar Ñaupá Che.  
 Muestreado por : Solicitante  
 Muestra recibida en : Lab. EPIIA  
 Solicitante : Edgar Ñaupá Che.  
 Fecha de Recepción : 11 de agosto de 2008  
 Observaciones :

RESULTADOS

9. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	2,04
Extracto seco (%)	97,96
Relación de Humedad y Extracto seco	2,08
Cantidad de muestra residual (g.)	4,97
Relación de g/Kg.	979,64

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Llanque Fortun**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquin**  
 Resp. Lab. de Analisis Fisico quimico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

## FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS

## DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE

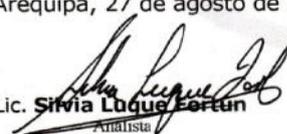
**Muestra** : Chuño Blanco Liofilizado ( Tunta) N°: 10  
**Recibida de** : Edgar Ñaupá Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Ñaupá Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

## RESULTADOS

## 10. ANÁLISIS FISICO QUIMICO

COMPONENTE	RESULTADO
Humedad (%)	2,49
Extracto seco (%)	97,51
Relación de Humedad y Extracto seco	2,55
Cantidad de muestra residual (g.)	5,13
Relación de g/Kg.	975,13

Arequipa, 27 de agosto de 2008



Lic. **Silvia Luque Fortun**  
Analista



Ing. **Antonio Durand Gamez**  
Director EPIIA



Ing. **Luis A. Medina Marroquin**  
Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
Reg. CIP 43931



**ANEXO 03:** Detalle de los cálculos para la determinación de peso.

REPLICA	PESO INICIAL		TRATAMIENTO			
	P <sup>o</sup> (g.)	%H	T2 (g.)	%H	T1 (g.)	%H
R1	64,80	59,80	25,10	2,04	29,86	12,75
R2	59,70	59,80	21,70	2,04	27,51	12,75
R3	63,90	59,70	22,80	2,49	29,11	11,53
R4	64,50	59,70	25,00	2,49	29,38	11,53
R5	65,10	59,70	24,60	2,49	29,65	11,53
<b>PROMEDIO</b>	63,60	59,74	<b>23,84</b>	2,31	<b>29,10</b>	12,02

FUENTE: Elaboración propia (2009).

**ANEXO 04:** Certificado de análisis de textura de la tunta.

**A). TUNTA TRADICIONAL**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS**

**DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE**

Muestra : Chuño Blanco Natural seca N<sup>o</sup>: 11  
 Recibida de : Edgar Ñaupá Che.  
 Muestreado por : Solicitante  
 Muestra recibida en : Lab. EPIIA  
 Solicitante : Edgar Ñaupá Che.  
 Fecha de Recepción : 11 de agosto de 2008  
 Observaciones :

**RESULTADOS**

**11. DETERMINACION DE TEXTURA**

DESCRIPCION	RESULTADO En Kg
Muestra 01	1,75
Muestra 02	1,75
Muestra 03	1,75
Muestra 04	1,75
Muestra 05	1,75
Muestra 06	1,75

Arequipa, 27 de agosto de 2008

Lic. *Silvia Luque Fortún*  
 Analista

Ing. *Antonio Durand Gamez*  
 Director EPIIA

Ing. *Luis A. Medina Marroquin*  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

**B). TUNTA LIOFILIZADA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

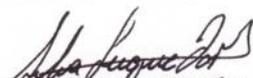
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**PROTOCOLO DE ANÁLISIS****DATOS DE LA MUESTRA Y SOLICITANTE**

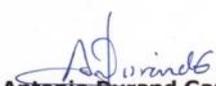
**Muestra** : Chuño Blanco Liofilizada seca **Nº: 12**  
**Recibida de** : Edgar Ñaupá Che.  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Muestra recibida en** : Lab. EPIIA  
**Solicitante** : Edgar Ñaupá Che.  
**Fecha de Recepción** : 11 de agosto de 2008  
**Observaciones** :

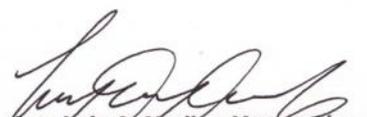
**RESULTADOS****12. DETERMINACION DE TEXTURA**

DESCRIPCIÓN	RESULTADO En Kg
Muestra 01	0,978
Muestra 02	0.927
Muestra 03	0.923
Muestra 04	0.923
Muestra 05	0.827
Muestra 06	0.980

Arequipa, 27 de agosto de 2008

  
 Lic. **Silvia Lyque Fortún**  
 Analista

  
 Ing. **Antonio Durand Gamez**  
 Director EPIIA

  
 Ing. **Luis A. Medina Marroquín**  
 Resp. Lab. de Análisis Físico químico de Alimentos  
 Reg. CIP 43931

**ANEXO 05:** Detalle de los cálculos para la determinación de tamaño de rehidratación.

TUNTA TRADICIONAL (T1)						
REPLICA	DIAMETRO(cm.)			VOLUMEN(cm3)		VAR %
	A	B	C	V <sup>o</sup>	VF	
R1	4,2	3,9	3,0	25,73	-	-
	4,6	4,1	3,5	-	34,56	34,33
R2	3,9	3,8	2,6	20,18		
	4,2	4,1	2,9	-	26,15	29,60
R3	4,2	3,8	3,1	25,91	-	-
	4,4	4,2	3,5	-	33,87	30,73
R4	4,1	3,8	2,9	23,66	-	
	4,5	4,0	3,3	-	31,10	31,47
R5	4,0	3,5	2,9	21,26	-	-
	4,3	3,9	3,2	-	28,10	32,18
<b>PROMEDIO</b>						<b>31,66</b>
TUNTA LIOFILIZADA (T2)						
R1	4,8	4,5	3,2	36,19	-	-
	5,0	4,7	3,7	-	45,53	25,80
R2	4,9	4,3	2,5	27,58	-	-
	5,2	4,5	2,9	-	35,53	28,83
R3	4,9	3,8	3,1	30,22	-	-
	5,1	4,2	3,5	-	39,25	29,88
R4	4,7	4,0	3,2	31,50	-	-
	4,9	4,3	3,6	-	39,72	26,08
R5	4,9	3,8	3,1	30,22	-	-
	5,1	4,1	3,5		38,32	26,79
<b>PROMEDIO</b>						<b>27,48</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

Donde: V<sup>o</sup> = Volumen inicial.

VF = Volumen final

**ANEXO N° 06:** Detalle de las operaciones en la determinación de índice de esfericidad.

TUNTA TRADICIONAL				TUNTA LIOFILIZADA			
REPLICA	Di(cm)	De(cm)	Esfericidad	REPLICA	Di(cm)	De(cm)	Esfericidad
R1 (TT1)	4,2	5,9	0,71	R1 (TL1)	5,2	5,8	0,90
R2 (TT2)	5,0	6,2	0,81	R2 (TL2)	5,0	6,1	0,82
R3 (TT3)	5,1	6,1	0,84	R3 (TL3)	5,1	5,8	0,88
R4 (TT4)	4,2	6,2	0,68	R4 (TL4)	5,8	6,4	0,91
R5 (TT5)	5,5	6,1	0,90	R5 (TL5)	5,2	6,3	0,83
R6 (TT6)	5,0	7,1	0,70	R6 (TL6)	5,2	5,8	0,90
<b>PROMEDIO</b>			<b>0,77</b>	<b>PROMEDIO</b>			<b>0,87</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

**ANEXO 07:** Detalle de las operaciones en la determinación de índice de redondez.

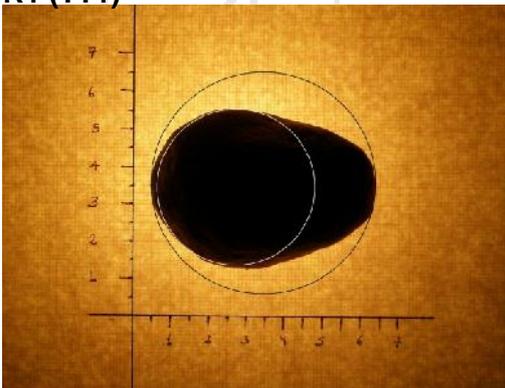
TUNTA TRADICIONAL				TUNTA LIOFILIZADA			
REPLICA	Ap	Ac	Redondez	REPLICA	Ap	Ac	Redondez
R1 (TT1)	13,854	27,340	0,51	R1 (TL1)	21,237	26,421	0,80
R2 (TT2)	19,635	30,191	0,65	R2 (TL2)	19,635	29,225	0,67
R3 (TT3)	20,428	29,225	0,70	R3 (TL3)	20,428	26,421	0,77
R4 (TT4)	13,854	30,191	0,46	R4 (TL4)	26,421	32,170	0,82
R5 (TT5)	23,758	29,225	0,81	R5 (TL5)	21,237	31,172	0,68
R6 (TT6)	19,635	39,592	0,50	R6 (TL6)	21,237	26,421	0,80
<b>PROMEDIO</b>			<b>0,60</b>	<b>PROMEDIO</b>			<b>0,76</b>

FUENTE: Elaboración propia (2009).

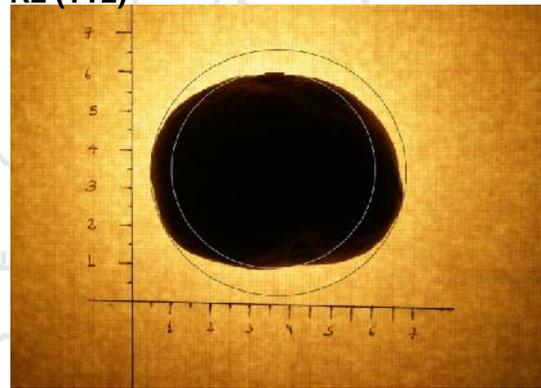
**FOTOGRAFIAS DIGITALES DE INDICE DE ESFERICIDAD Y REDONDEZ**

**A). TUNTA TRADICIONAL**

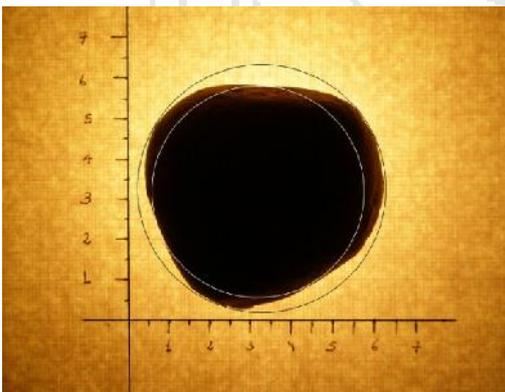
**R1 (TT1)**



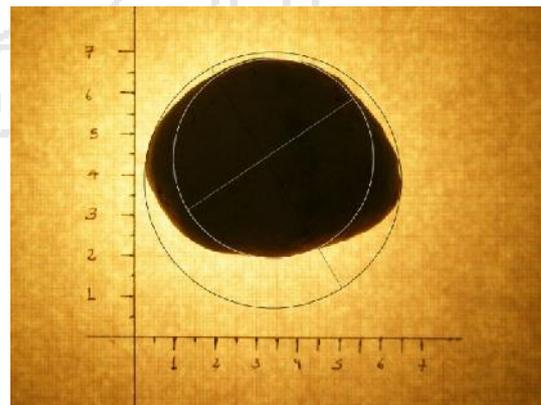
**R2 (TT2)**



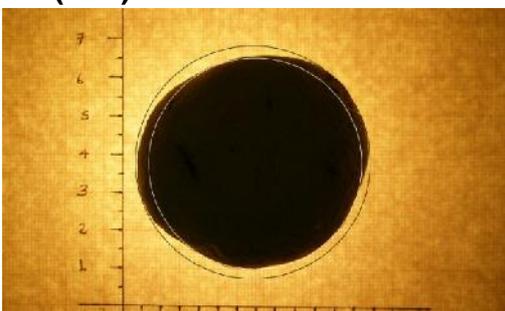
**R3 (TT3)**



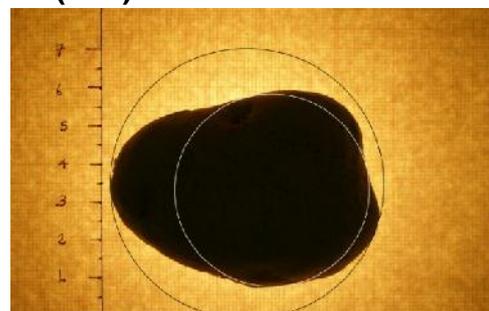
**R4 (TT4)**



**R5 (TT5)**

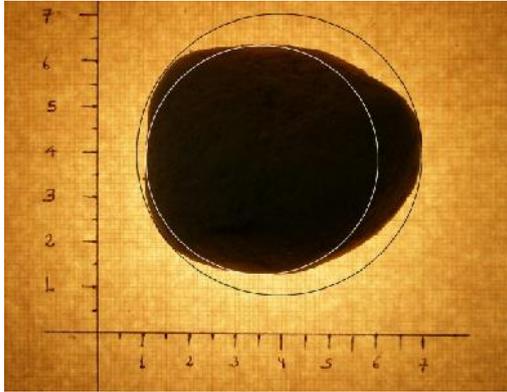


**R6 (TT6)**

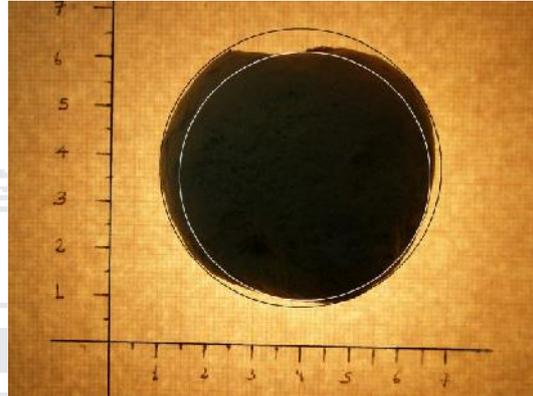


**B). TUNTA LIOFILIZADA**

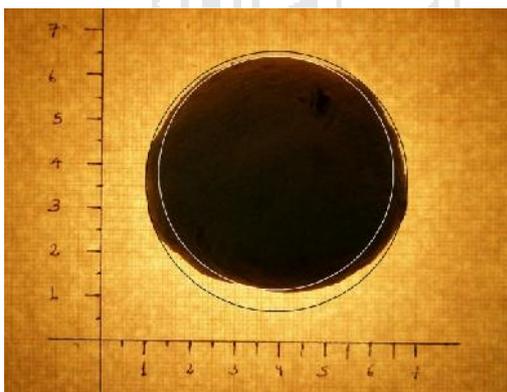
**R1 (TL1)**



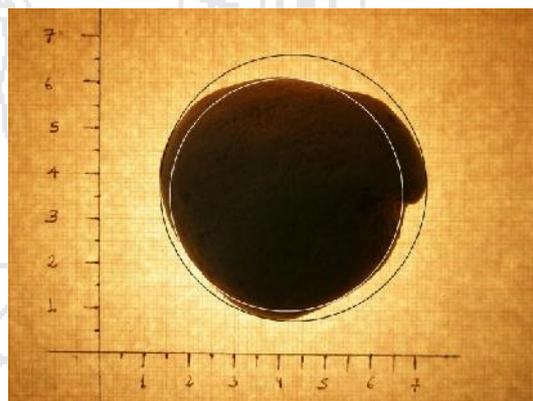
**R2 (TL2)**



**R3 (TL3)**



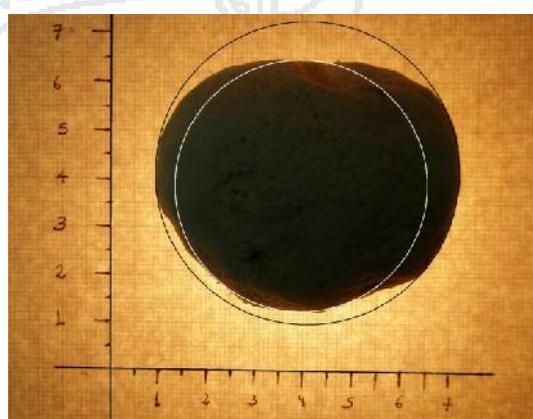
**R4 (TL4)**



**R5 (TL5)**



**R6 (TL6)**



**ANEXO 08:** Datos registrados en la operación de tiempo de rehidratación y ganancia de peso.

<b>TRATAMIENTO I : TUNTA TRADICIONAL</b>									
<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>REPLICA 1</b>			<b>REPLICA 2</b>			<b>REPLICA 3</b>		
	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>
0,1	19,458	0	0	19,495	0,00	0	19,412	0	0
1	27,000	7,542	38,76	24,683	5,19	26,61	25,845	6,433	33,14
2	30,784	3,784	14,01	28,012	3,33	13,49	29,000	3,155	12,21
3	33,294	2,510	8,15	30,372	2,36	8,42	30,827	1,827	6,30
4	34,528	1,234	3,71	31,074	0,70	2,31	32,344	1,517	4,92
5	35,321	0,793	2,30	31,872	0,80	2,57	32,592	0,248	0,77
6	35,860	0,539	1,53	32,582	0,71	2,23	33,02	0,426	1,31
7	36,174	0,314	0,88	32,875	0,29	0,90	33,43	0,411	1,24
8	36,508	0,334	0,92	33,300	0,42	1,29	33,86	0,435	1,30
9	36,814	0,306	0,84	33,555	0,26	0,77	34,28	0,412	1,22
10	37,083	0,269	0,73	34,156	0,60	1,79	34,53	0,256	0,75
11	37,284	0,201	0,54	34,620	0,46	1,36	34,89	0,359	1,04
12	37,512	0,228	0,61	34,843	0,22	0,64	35,2	0,313	0,90
13	37,803	0,291	0,78	35,066	0,22	0,64	35,51	0,308	0,87
14	37,962	0,159	0,42	35,438	0,37	1,06	35,79	0,282	0,79
15	38,119	0,157	0,41	35,701	0,26	0,74	35,94	0,142	0,40
16	38,328	0,209	0,55	35,800	0,10	0,28	36,18	0,248	0,69
17	38,502	0,174	0,45	36,055	0,26	0,71	36,26	0,074	0,20
18	38,604	0,102	0,26	36,214	0,16	0,44	36,26	0,005	0,01
19	38,653	0,049	0,13	36,456	0,24	0,67	-	-	-
20	38,663	0,010	0,03	36,674	0,22	0,60	-	-	-
21	-	-	-	36,901	0,23	0,62	-	-	-
22	-	-	-	37,000	0,10	0,27	-	-	-
23	-	-	-	37,160	0,16	0,43	-	-	-
24	-	-	-	37,171	0,01	0,03	-	-	-
<b>TRATAMIENTO II: TUNTA LIOFILIZADA</b>									
<b>TIEMPO</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>G. PESO</b>	<b>% GAN</b>
0,1	19,484	0	0	19,346	0	0	19,530	0	0
1	49,395	29,911	153,52	53,223	33,877	175,11	45,347	25,817	132,19
2	54,204	4,809	9,74	55,058	1,835	3,45	52,281	6,934	15,29
3	56,078	1,874	3,46	55,883	0,825	1,50	55,328	3,047	5,83
4	56,869	0,791	1,41	56,093	0,210	0,38	56,942	1,614	2,92
5	56,972	0,103	0,18	56,105	0,012	0,02	57,403	0,461	0,81
6	56,968	-0,004	-0,01	-	-	-	57,508	0,105	0,18
7	-	-	-	-	-	-	57,515	0,007	0,01

**FUENTE:** Elaboración propia (2008).

**ANEXO 09:** Detalle de las operaciones en ganancia de peso.

<b>TRATAMIENTO I</b>				
<b>REPLICA</b>	<b>P° (gr)</b>	<b>PF (gr)</b>	<b>G.P. (gr)</b>	<b>%</b>
R1	19,458	38,663	19,205	198,70
R2	19,495	37,171	17,676	190,67
R3	19,412	36,263	16,851	186,81
<b>PROMEDIO</b>	<b>19,455</b>	<b>37,366</b>	<b>17,911</b>	<b>192,06</b>
Donde: P°= Peso inicial				
PF = Peso final				
G.P = Ganancia de peso				
% = Porcentaje de ganancia (respecto a P°)				
<b>TRATAMIENTO II</b>				
<b>REPLICA</b>	<b>P° (gr)</b>	<b>PF (gr)</b>	<b>G.P. (gr)</b>	<b>%</b>
R1	19,484	56,968	37,484	292,38
R2	19,346	56,105	36,759	290,01
R3	19,530	57,515	37,985	294,50
<b>PROMEDIO</b>	<b>19,453</b>	<b>56,863</b>	<b>37,409</b>	<b>292,30</b>
Donde: P°= Peso inicial				
PF = Peso final				
G.P = Ganancia de peso				
% = Porcentaje de ganancia (respecto a P°)				

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

**ANEXO 10:** Detalle de las operaciones en velocidad de rehidratación.

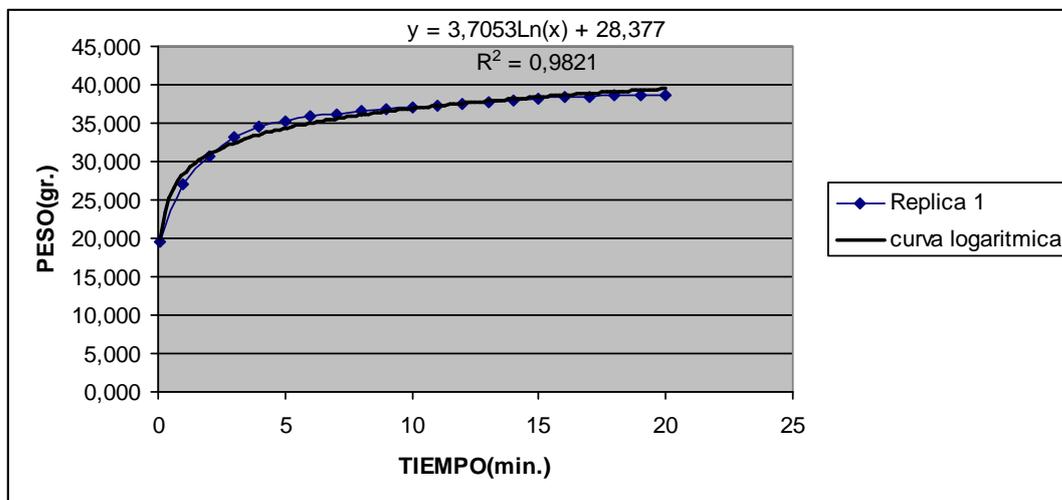
<b>TRATAMIENTO I</b>			
<b>REPLICA</b>	<b>G.P.</b>	<b>T (min)</b>	<b>V (gr/min)</b>
R1	19,205	20	0,96
R2	17,676	24	0,74
R3	16,851	18	0,94
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,911</b>	<b>20,667</b>	<b>0,878</b>
Donde: G.P = Ganancia de peso (gr.)			
T = Tiempo (min)			
V = Velocidad de rehidratación (gr/min)			
<b>TRATAMIENTO II</b>			
<b>REPLICA</b>	<b>G.P.</b>	<b>T (min)</b>	<b>V (gr/min)</b>
R1	37,484	6	6,25
R2	36,759	5	7,35
R3	37,985	7	5,43
<b>PROMEDIO</b>	<b>37,409</b>	<b>6,000</b>	<b>6,342</b>
Donde: G.P = Ganancia de peso (gr)			
T = Tiempo (min)			
V = Velocidad de rehidratación (gr/min).			

**FUENTE:** Elaboración propia (2009).

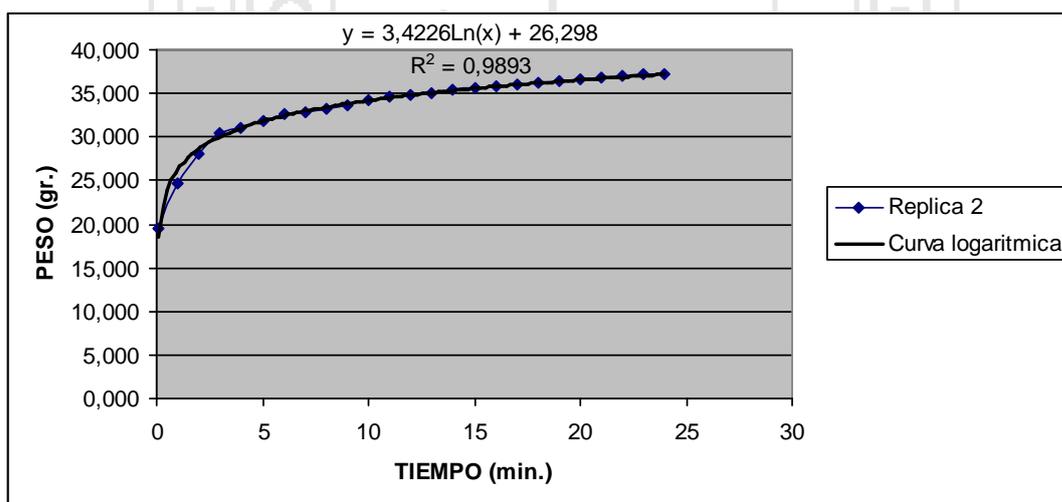
**ANEXO 11: Curva de velocidad de rehidratación y ajuste a base logarítmica.**

**A). TUNTA TRADICIONAL**

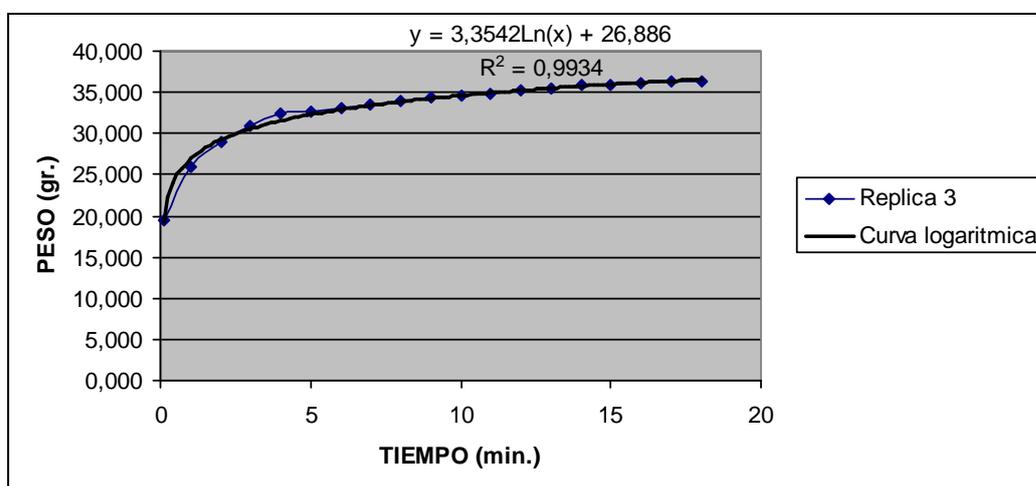
**REPLICA 1**



**REPLICA 2**

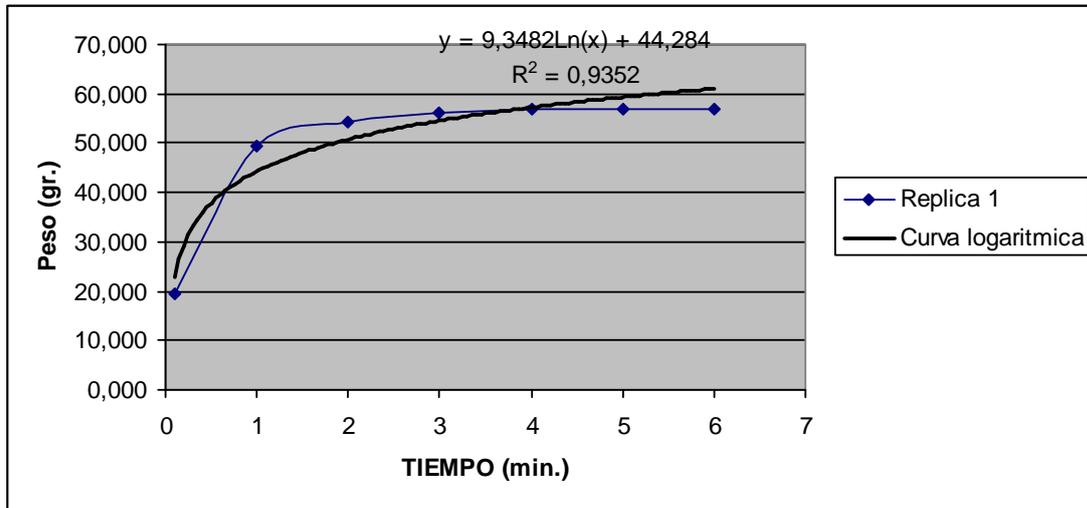


**REPLICA 3**

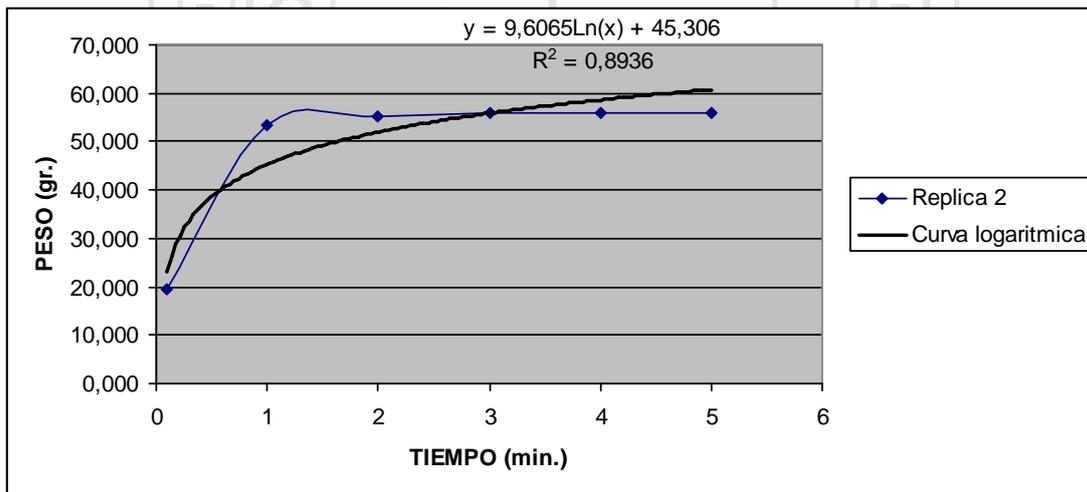


**B). TUNTA LIOFILIZADA**

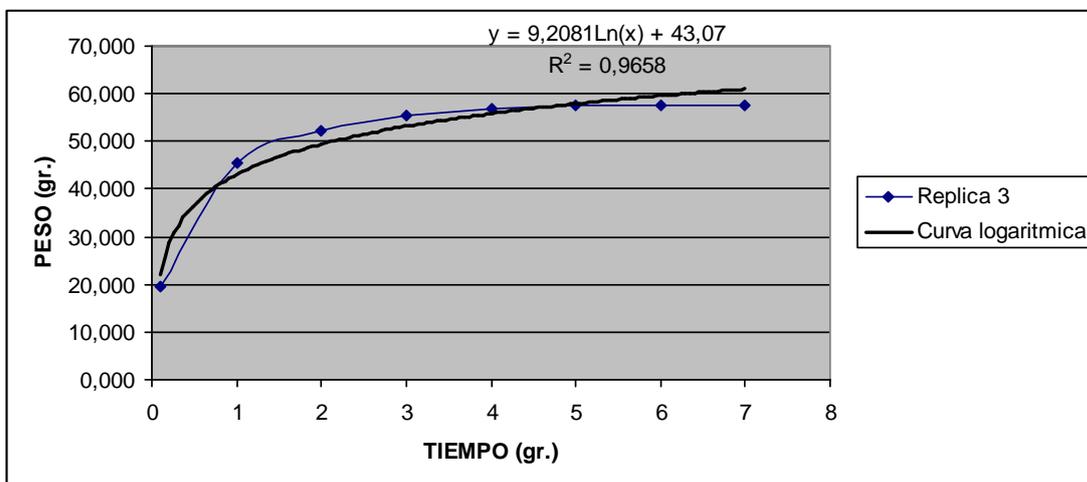
**REPLICA 1**



**REPLICA 2**



**REPLICA 3**



**ANEXO 12:** Resultados de evaluación sensorial de la tunta

<b>CONDICION I : TUNTA COCIDA</b>								
<b>PANELISTA</b>	<b>COLOR</b>		<b>OLOR</b>		<b>SABOR</b>		<b>TEXTURA</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>1</b>	4	4	4	4	4	4	4	5
<b>2</b>	3	3	4	4	3	4	4	4
<b>3</b>	3	4	4	4	3	4	4	4
<b>4</b>	4	4	3	3	4	4	4	5
<b>5</b>	4	4	4	5	3	3	4	4
<b>6</b>	3	3	4	4	4	4	3	4
<b>7</b>	4	4	4	4	4	4	4	5
<b>8</b>	4	4	4	4	3	3	4	4
<b>9</b>	3	4	3	4	4	4	4	4
<b>10</b>	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>43</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>4,3</b>
<b>CONDICION II : TUNTA CRUDA</b>								
<b>PANELISTA</b>	<b>COLOR</b>		<b>OLOR</b>		<b>SABOR</b>		<b>TEXTURA</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>1</b>	4	5	3	3	0	0	4	5
<b>2</b>	4	4	3	4	0	0	3	4
<b>3</b>	4	5	3	3	0	0	4	5
<b>4</b>	4	4	4	4	0	0	4	5
<b>5</b>	5	5	3	3	0	0	4	5
<b>6</b>	4	5	3	3	0	0	3	4
<b>7</b>	4	5	4	4	0	0	4	5
<b>8</b>	4	5	3	3	0	0	3	5
<b>9</b>	5	5	3	4	0	0	4	5
<b>10</b>	4	5	3	3	0	0	4	5
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>48</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,2</b>	<b>4,8</b>	<b>3,2</b>	<b>3,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,7</b>	<b>4,8</b>

**FUENTE:** Elaboración propia (2008).

**ANEXO 13:** Detalles de los cálculos para la determinación del costos unitario de producción.

**A). PROCESO TRADICIONAL**

COMPONENTES	kg de papa	S/. X 4 camp	S/. X kg de insumo	Costo de producción por kg	%
Compra de insumos	2352000	1413720	0,601	2,921	67,06
Costos de Transporte	2352000	185892	0,079	0,384	8,82
Mano de obra	2352000	475658	0,202	0,983	22,56
Materiales de producción	2352000	23520	0,010	0,049	1,12
Otros gastos	2352000	9408	0,004	0,019	0,45
<b>TOTAL</b>		<b>2108198</b>	<b>0,896</b>	<b>4,355</b>	<b>100,00</b>

**FUENTE:** Elaboración Propia (2009).

Costos de producción para la obtención de 484050 kg de tunta.

**B). PROCESO LIOFILIZADO**

COMPONENTES	kg de papa	S/. X 4 camp	S/. X kg de insumo	Costo de producción por kg	%
Compra de insumos	2352000	1413720	0,601	3,240	46,49
Costos de Transporte	2352000	185892	0,079	0,426	6,11
Mano de obra	2352000	475658	0,202	1,090	15,64
Materiales de producción	2352000	23520	0,010	0,054	0,77
Otros gastos	2352000	9408	0,004	0,022	0,31
Costo de combustible	1072276,507(*)	932880,5609	0,870	2,138(**)	30,68
<b>TOTAL</b>		<b>3041078,561</b>	<b>1,766</b>	<b>6,969</b>	<b>100,00</b>

**FUENTE:** Elaboración Propia (2009).

(\*) Kgs de tunta húmeda con 60.18% de humedad obtenido a partir de 484050 kg de tunta con 11.79% de humedad. Datos de humedad asumidos según análisis de laboratorio.

(\*\*): Costo unitario obtenido de la división de S/.932880.5609 (gasto por combustible) entre 436362,29kg (kg de tunta liofilizada como producto final).

**ANEXO 14:** Formato de análisis de sensorial para la tunta.

NOMBRE:.....EDAD:.....

PRODUCTO:.....FECHA:.....

INSTRUCCION: Ud. recibirá dos tipos de muestras debidamente codificadas, evalúe sensorialmente y marque con una “x” en la alternativa que desee.

ATRIBUTO	ALTERNATIVA	PUNT	MUESTRAS	
			T1	T2
<b>COLOR</b>	a). Muy agradable.	<b>5</b>		
	b). Agradable.	<b>4</b>		
	c). Ni agradable ni desagradable.	<b>3</b>		
	d). Desagradable.	<b>2</b>		
	e). Muy desagradable.	<b>1</b>		
<b>OLOR</b>	a). Muy agradable.	<b>5</b>		
	b). Agradable.	<b>4</b>		
	c). Ni agradable ni desagradable.	<b>3</b>		
	d). Desagradable.	<b>2</b>		
	e). Muy desagradable.	<b>1</b>		
<b>SABOR</b>	a). Muy agradable.	<b>5</b>		
	b). Agradable.	<b>4</b>		
	c). Ni agradable ni desagradable.	<b>3</b>		
	d). Desagradable.	<b>2</b>		
	e). Muy desagradable.	<b>1</b>		
<b>TEXTURA</b>	a). Muy agradable.	<b>5</b>		
	b). Agradable.	<b>4</b>		
	c). Ni agradable ni desagradable.	<b>3</b>		
	d). Desagradable.	<b>2</b>		
	e). Muy desagradable.	<b>1</b>		

**ANEXO 15:** Fotografías digitales del proceso de desarrollo del presente trabajo de investigación.





