UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

"COMPARACIÓN DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA Y MODIFICADA EN LA CONSERVACIÓN DE ARÁNDANO FRESCO PARA EXPORTACIÓN"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PAÚL JESÚS LEONARDO AVELLANEDA

LIMA – PERÚ

2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

Curiginal

Document Information

Analyzed document	TSP-"COMPARACIÓN DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA Y MODIFICADA EN LA CONSERVACIÓN DE ARÁNDANO FRESCO PARA EXPORTACIÓN" 8-11 v.2.docx (D130964890)
Submitted	2022-03-21T00:00:00.0000000
Submitted by	Diana Nolazco
Submitter email	dnolazco@lamolina.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	dnolazco.unalm@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**trabajo final (1).docx** Document trabajo final (1).docx (D54402169)	16
SA	**Anteproyecto arandanos.docx** Document Anteproyecto arandanos.docx (D68045965)	4
SA	**T2_TallerdeTesis1_AyalaDiazAdrianaNicole_BocanegraOjedaMayraKely.docx** Document T2_TallerdeTesis1_AyalaDiazAdrianaNicole_BocanegraOjedaMayraKely.docx (D114737933)	1
SA	**SANTA CRUZ MEGO.pdf** Document SANTA CRUZ MEGO.pdf (D48222629)	4
SA	**T3_TallerdeTesis1_AyalaDiazAdrianaNicole_BocanegraOjedaMayraKely.docx** Document T3_TallerdeTesis1_AyalaDiazAdrianaNicole_BocanegraOjedaMayraKely.docx (D118499611)	1
SA	**TESIS ARÁNDANO ING GALARZA URK.docx** Document TESIS ARÁNDANO ING GALARZA URK.docx (D50033608)	1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

"COMPARACIÓN DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA Y MODIFICADA EN LA CONSERVACIÓN DE ARÁNDANO FRESCO PARA EXPORTACIÓN"

Presentado por:

PAÚL JESÚS LEONARDO AVELLANEDA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dra. Indira M. Betalleluz Pallardel
PRESIDENTE

Luis F. Vargas Delgado, PhD.
MIEMBRO

Julio M. Vidaurre Ruiz, PhD.
MIEMBRO

Mg.Sc. Diana M. Nolazco Cama
ASESORA

2022

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme a alcanzar mis metas.

A Pablo y Armida, mis padres,
por inculcarme que los estudios son la mejor herencia.

A Pamela, mi compañera, y mis hijos Valentina y Emilio
por ser mi mayor fortaleza y motivación.

A Roger, Danitza y Deysi, mis hermanos,
por su apoyo incondicional.

A mis tíos Abelardo Avellaneda e Inés Leonardo
que guían mis pasos desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

- A los profesores de la Facultad de Industrias Alimentarias por los conocimientos impartidos durante mi etapa universitaria.

- A mi asesora Mg.Sc. Diana M. Nolazco Cama por su apoyo durante la elaboración del presente trabajo.

- A mis jurados por sus sugerencias y comentarios durante toda esta etapa.

- A Yorka Blaskovic por su apoyo constante en la redacción.

- A mis amigos y familiares que siempre me apoyaron para poder concluir esta hermosa etapa.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1. Arándanos 3

2.1.1. Definición 3

2.1.2. Exportaciones de Perú 3

2.1.3. Calidad de la baya 4

2.2. Flujo de proceso de empaque de arándanos frescos 7

2.2.1. Descripción del proceso 7

2.2.2. Recepción y pesado de la materia prima 7

2.2.3. Enfriamiento 7

2.2.4. Abastecimiento de materia prima 9

2.2.5. Clasificación y selección 9

2.2.6. Pesado y encajado 10

2.2.7. Etiquetado 10

2.2.8. Paletizado 11

2.2.9. Enfriamiento 11

2.2.10. Almacenamiento 13

2.2.11. Despacho 14

2.2.12. Transporte 15

2.3. Atmósfera modificada y controlada 16

2.3.1. Atmósfera modificada (AM) 16

a. Modificación pasiva 16

b. Modificación activa 17

2.3.2. Atmósfera controlada (AC) 17

2.3.3. Aplicación en arándanos 17

III. METODOLOGÍA 20

3.1. Lugar de ejecución 20

3.2. Materia prima 20

3.3. Materiales y equipos 20

3.3.1. Materiales 20
3.3.2. Equipos 20
3.4. Métodos de análisis 21
3.4.1. Medición de textura 21
3.4.2. Pérdida de peso en origen 21
3.4.3. Pérdida de peso en el destino final 21
3.4.4. Evaluación de defectos de condición 21
3.5. Metodología experimental 22
3.5.1. Empaque de arándanos frescos 22
3.5.2. Protocolo en origen 24
3.5.3. Protocolo en destino Europa 25
3.5.4. Protocolo destino USA 25
3.6. Diseño Experimental 26
3.7. Análisis estadístico 28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
4.1. Pérdida de peso en origen 29
4.2. Evaluación en destino Europa 31
4.3. Evaluación en destino USA 34
4.4. Aplicación de las competencias profesionales 41
V. CONCLUSIONES 43
VI. RECOMENDACIONES 44
VII. BIBLIOGRAFÍA 45
VIII. ANEXOS 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales destinos de exportación de arándanos frescos en el 2020 4
Tabla 2: Clasificación de calibres de las bayas de arándanos 10
Tabla 3: Tiempo de tratamiento de frío y temperatura 15
Tabla 4: Factores de almacenamiento de AC en algunas frutas y hortalizas 18
Tabla 5: Valores de pérdida de peso, textura, blando, deshidratación y podridos 31
Tabla 6: Valores de pérdida de peso, textura, deshidratación y frutos podridos 35
Tabla 7: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral 42
Tabla 8: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grados de deshidratación en bayas de arándanos 6
Figura 2: Flujo de proceso de empaque de arándanos de exportación 8
Figura 3: Túnel tipo californiano 12
Figura 4: Túnel de enfriamiento de fruta individual 13
Figura 5: Flujo de operaciones para el empacado de las muestras 23
Figura 6: Flujo de operación para la experimentación 27
Figura 7: Porcentaje de deshidratación a los 45 días en origen a una temperatura de 0°C 29
Figura 8: Pérdida de peso en bolsas perforada (BP) y AM para Europa 32
Figura 9: Porcentaje de frutos podridos en destino Europa 33
Figura 10: Medición de textura de la baya usando bolsa sin ventilación 34
Figura 11: Pérdida de peso para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA (letras iguales no presentan diferencias significativas) 36
Figura 12: Valores de textura en Shore para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA 37
Figura 13: Porcentaje de frutos blandos para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA 38
Figura 14: Porcentaje de deshidratación de las bayas en destino para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) 39
Figura 15: Baya con deshidratación provocada por el desgarro peduncular 40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TECNICA DE LAS BOLSAS 51
ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DE DURÓMETRO BAXLO® 54
ANEXO 3: DCA PARA LOS ENSAYOS EN ORIGEN CON 45 DÍAS EN ALMACENAMIENTO A 0 °C 55
ANEXO 4: DCA PARA LOS ENSAYOS DE EUROPA 56
ANEXO 5: DCA PARA LOS ENSAYOS DE USA 58

RESUMEN

El tiempo de tránsito de los arándanos frescos de exportación es entre 30 - 45 días y durante ese tiempo la baya disminuye su vida útil, por ello surge la necesidad de usar tecnologías postcosecha para una mayor conservación. Con el objetivo de evaluar el uso de bolsas y/o atmósferas controladas para el envío de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) a Europa y USA, se realizó un ensayo en origen (planta de empacado) evaluando la pérdida de peso después del enfriamiento a los 15, 30 y 45 días con tres tratamientos (sin bolsa, bolsa ventilada de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9%y bolsas de poliamida sin perforación). Se realizaron ensayos diferenciados por destino, tomando en cuenta el tiempo de tránsito y regulación de las autoridades sanitarias. Para el ensayo a Europa se realizaron dos tratamientos (con bolsa de polietileno perforadas al 0,9% y bolsas de poliamida sin perforación) y para USA tres tratamientos (atmósfera controlada, bolsas de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9% y la combinación de ambas), evaluando la pérdida de peso, textura y parámetros postcosecha (blandos, deshidratados y frutos podridos). En la evaluación en origen se obtuvo que la pérdida de peso disminuyó significativamente al usar bolsas sin perforación ($p \leq 0,05$). En el caso de Europa el uso de bolsas sin perforación tuvo mejores resultados en comparación al uso de bolsas perforadas al 0,9%, para evitar la deshidratación y pudrición; en cambio respecto a la textura y blandos no se evidenció diferencia significativa entre ambos tratamientos. Para los envíos a USA se encontró diferencias significativas entre el uso de bolsas perforadas al 0,9% y atmósfera controlada; pero no existe diferencia significativa entre el uso de bolsas perforadas al 0,9% y el uso combinado de bolsas perforadas más atmosfera controlada; la mejor opción fue solo el uso de bolsas perforadas al 0,9%.

Palabras clave: *Vaccinium corymbosum* L, deshidratación, firmeza, atmósfera controlada, atmósfera modificada.

ABSTRACT

The transit time of fresh blueberries for export is between 30 - 45 days and during that time the berry decreases its useful life, therefore the need arises to use post-harvest technologies for greater conservation. With the objective of evaluating the use of bags and/or controlled atmospheres for the shipment of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) to Europe and the USA, a test was carried out at origin (packing plant) evaluating the weight loss after cooling to at 15, 30 and 45 days with three treatments (bagless, 0.9% perforated high-density polyethylene ventilated bag and non-perforated polyamide bags). Differentiated tests were carried out by destination, taking into account the transit time and regulation of the health authorities. For the trial in Europe, two treatments were carried out (with 0.9% perforated polyethylene bag and bags without perforation) and for the USA three treatments (controlled atmosphere, 0.9% perforated high-density polyethylene bags and the combination of both), evaluating the loss of weight, texture and postharvest parameters (soft, dehydrated and rotten fruits). In the evaluation at origin, it was obtained that weight loss decreased significantly when using bags without perforation ($p \leq 0.05$). In the case of Europe, the use of bags without perforation had better results compared to the use of 0.9% perforated bags, to avoid dehydration and rotting; On the other hand, regarding the texture and softness, no significant difference was observed between both treatments. For shipments to the USA, significant differences were found between the use of 0.9% perforated bags and controlled atmosphere; but there is no significant difference between the use of 0.9% perforated bags and the combined use of perforated bags plus controlled atmosphere; the best option was only the use of 0.9% perforated bags.

Key words: *Vaccinium corymbosum* L, dehydration, firmness, controlled atmosphere, modified atmosphere.

I. INTRODUCCIÓN

La exportación de arándanos en nuestro país en los últimos cuatro años ha crecido muy rápidamente, hemos pasado del séptimo lugar al primero y se pronosticó una facturación de 1054 millones de dólares para la temporada 2021 (Corvera, 2020).

Los principales destinos de exportación son USA (53 por ciento), Países Bajos (25 por ciento), China (7 por ciento) y Reino Unido (7 por ciento); los tiempos de tránsito en promedio son 17, 25, 35 y 28 días respectivamente (SIICEX, s.f.).

Este cultivo tiene pocos años en Perú y la información con la que se cuenta es la recopilación de otros países en los que no se consideran los factores propios, tales como: condiciones climatológicas, suelos, plagas y tiempos logísticos de entrega al consumidor final. Muchas empresas hoy en día incorporan nuevos procesos y tecnologías debido a que estas bayas son perecederas; por lo que es importante asegurar la calidad durante las etapas de recolección, gasificado, pre-enfriamiento, empaque, enfriamiento, almacenamiento, transporte y distribución hasta el consumidor. Los tiempos de almacenamiento y de llegada al destino varían de 30 a 45 días por lo que se debe de prolongar la vida útil del producto para que pueda llegar firme, es decir fresco. Contrariamente, se conoce que el ablandamiento incrementa el daño mecánico y la susceptibilidad al ataque de microorganismos (Bello *et al.*, 2012).

La respiración del fruto es la principal causa del deterioro y pérdida de vida útil, por este motivo se busca disminuir la tasa de respiración con el enfriamiento del fruto de forma rápida y el uso de atmósferas modificadas y controladas. Además, disminuye la deshidratación del producto, disminuyendo el sobrepeso añadido. (Defilipi *et al.*, 2018).

El presente trabajo evaluó tres tratamientos: sin bolsas, el uso de bolsas de poliamida sin perforación (atmósfera modificada), el uso de bolsas de polietileno de alta densidad

perforadas al 0,9 por ciento y atmósfera controlada, para prolongar la vida útil de la baya para envíos a USA y Europa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ARÁNDANOS

2.1.1. Definición

Para De Domini & Escobar (2013) el arándano es una baya pequeña, comestible, de color azul, cuyo tamaño esta entre los 0,7 y 2,5 centímetros de diámetro. Es tambien utilizada para preparar jaleas, mermeladas, vinos, jugos, pasteles y diversos platos dulces gourmet. En el país se viene sembrando desde el 2009 de forma experimental.

Sandoval (2016) menciona que es un *Vaccinium*, su arbusto es del género *Ericaceae* y su nombre científico es el *Vaccunium corymbosum*, conocido como arándano azul. Existen cerca de 450 especies que principalmente se desarrollan en lugares fríos. Sin embargo, también se pueden encontrar en algunas regiones tropicales.

2.1.2. Exportaciones de Perú

En el 2010 iniciaron las exportaciones con un volumen de 6,4 toneladas, las mismas que se mantuvieron por los dos años siguientes hasta el año 2013, desde entonces existe un crecimiento sostenible (MINAGRI-DGPA-DEEIA & Romero, 2016). Según las estadísticas de SIICEX (s.f.) el año 2020 se logró exportar 163596 toneladas, con un crecimiento respecto al año anterior de 23 por ciento.

Según el Diario GESTIÓN (2021) el país se mantiene como el principal exportador de esta baya en el mundo siendo uno de los principales destinos USA con el 53 por ciento de las exportaciones. Continúa los Países Bajos (25 por ciento), China (7 por ciento), Reino Unido (7 por ciento), Hong Kong (4 por ciento), entre otros. En la Tabla 1 se muestran los valores de exportación.

Tabla 1: Principales destinos de exportación de arándanos frescos en el 2020

Mercado	%Var 20-19	%Part.-20	FOB-20 (miles US$)
Estados Unidos	16%	53%	535030,60
Países Bajos	41%	25%	253109,23
China	4%	7%	73620,81
Reino Unido	8%	7%	69274,93
Hong Kong	144%	4%	42716,88
Canadá	17%	1%	8879,67
España	-6%	1%	6876,98
Bélgica	306%	0%	3929,18
Singapur	144%	0%	2780,05
Otros Países (25)	--	1%	8374,27

FUENTE: SIICEX (s.f.)

Según cifras de SIICEX (s.f.) las cinco principales exportadoras en el 2020 fueron: Camposol (US$ 148 millones), Hortifut Perú (US$ 145 millones), Agrovisión (US$ 79 millones) y Complejo Beta (US$ 61 millones).

2.1.3. Calidad de la baya

La calidad de fruto se define en tres factores principalmente: visible, organoléptica y nutricional. La primera hace referencia al color de la baya, presencia de pruina en la superficie, ausencia de pudriciones (frutos podridos) y daños mecánicos, firmeza, tamaño y forma de la fruta y presencia de plagas u hongos. El segundo factor está determinado por un contenido adecuado de ácidos, azúcares y compuestos volátiles que definen el olor de la baya. El último factor hace referencia al valor nutricional que nos aporta la baya. En la industria, por lo general, se mide como parámetros de calidad la presencia de pruina, firmeza, pudriciones, presencia de plaga u hongos, ausencia de daños, tamaño y color (Zapata *et al.*, 2013).

Los principales defectos que se presentan son:

a. Pudrición: Consiste en áreas blandas o descompuestas que corresponden a un cambio de la baya ocasionado por microorganismos patógenos en cualquier forma de compromiso y dejan la pulpa expuesta.

b. Hongos: Cualquier vestigio o señal de micelio que se presente en la superficie de la baya o en la zona pedicelar, en cualquier grado de desarrollo (blanco, gris, verde y/o naranjo).

c. Insectos: Es algún indicio de cualquier fruto con presencia de insectos vivos o muertos, en cualquier estado evolutivo (huevos, larvas, ninfas, adultos) en materia prima o producto terminado.

d. Bajo peso: Corresponde a aquellos envases cuyo peso neto final no es acorde a lo señalado en la etiqueta del embalaje (peso neto de la fruta en etiqueta + porcentaje de sobrepeso por deshidratación).

e. Material extraño: Presencia notoria de polvo, tierra, arena, residuos de pesticidas y/o heces de pájaro en fruta, potes y/o embalajes que afecte la apariencia del producto.

f. Fruta sensitiva: Fruto que presenta falta de firmeza al tacto pero que no pierde su consistencia o forma al dejar de ejercer la presión. Se considera como semi-blando aquel fruto que al ser medido con durómetro (Baxlo) marque entre 60 y 70 unidades *shore*.

g. Fruta blanda: Fruto sin firmeza al tacto, con evidente pérdida de consistencia causada por sobremadurez. Estos frutos colapsan fácilmente al presionarse en forma moderada. Se considera como blando aquel fruto que marque menos de 60 unidades *shore* al ser medido con durómetro Baxlo.

h. Heridas abiertas: Heridas con compromiso de pulpa expuesta, que pueden deberse a la acción de insectos o aves, daño mecánico, roce de la baya contra estructuras de la planta, golpes o cualquier otro origen.

i. Desgarro pedicelar: Desprendimiento de la epidermis que rodea la zona de inserción del pedicelo (zona calicinal) con aspecto húmedo.

j. Exudación de jugo: Presencia de jugo en la zona pedicelar.

k. Deshidratación: Fruto con pérdida de volumen por bajo nivel de humedad en su interior. Se manifiesta por la presencia de rugosidad en distintos niveles en la epidermis del fruto. Existen tres niveles de deshidratación: (1) leve, (2) moderada y (3) severa. Niveles moderado y severo no son tolerables según Figura 1.

Figura 1: Grados de deshidratación en bayas de arándanos

FUENTE: Defilipi *et al.* (2018)

l. Fruta verde: Es un defecto inaceptable cuando la baya tenga más de un 10 por ciento de su superficie sin color (pálido) o de color verde.

m. Fruta roja: Es un defecto cuando la baya presente más de un 20 por ciento de color rojo y rojizo.

n. Pedicelo: Corresponde a la presencia total o parcial de la estructura vegetal que une la fruta y la ramilla.

o. Pruina (*Bloom*): Corresponde a la cera natural o pruina que le confiere un aspecto opaco/blanquecino. Se considera defecto cuando represente menos del 35 por ciento de su área cubierta con cera natural.

p. Restos florales: Hace referencia a los restos florales que permanecen aún en la baya cosechada.

q. Heridas cicatrizadas: Lesión superficial cicatrizada ocasionada por roce de la baya contra estructuras de la planta. Se considera defecto cuando la marca sea superior a dos mm o cuando abarque una superficie mayor al 10 por ciento del fruto.

2.2. FLUJO DE PROCESO DE EMPAQUE DE ARÁNDANOS FRESCOS

2.2.1. Descripción del proceso

La fruta es empacada cumpliendo las buenas prácticas de manufactura, siguiendo las normativas vigentes y especificaciones solicitadas por los clientes y en la Figura 2 se describe el flujo de proceso.

2.2.2. Recepción y pesado de la materia prima

La fruta llega en jabas plásticas con un peso aproximado de 1,7 a 2,5 kilogramos, se paletizan y se procede a pesar. El inspector de calidad en la recepción realiza un muestreo al azar del lote ingresado. La fruta se trata con cuidado para evitar que pueda sufrir algún daño o golpe alguno y sea rechazada. Según los porcentajes que arroje el muestreo, se toma la decisión de aceptar (fruta apta para exportación), o rechazar (fruta con porcentaje de rechazo elevado, no apta para exportación) el lote ingresado.

2.2.3. Enfriamiento

El *pallet* completo y rotulado correctamente es trasladado al túnel de preenfriamiento para recibir el golpe de frío por un tiempo que oscila entre una a dos horas, hasta obtener una temperatura de pulpa entre 3,5 y 4,5 °C; con ello se busca disminuir la tasa de respiración y el calor ocasionado por el producto evitando la condensación. Este enfriamiento ocurre por aire forzado que ingresa por el producto aún en jabas. Los *pallets* son ordenados en dos filas de 10 en cada lado, teniendo en cuenta que cada lado deber tener el mismo número de y la separación debe ser lo mínimo posible. La velocidad de enfriamiento depende de un correcto armado y hermetizado del túnel. El personal encargado debe priorizar los siguientes puntos:

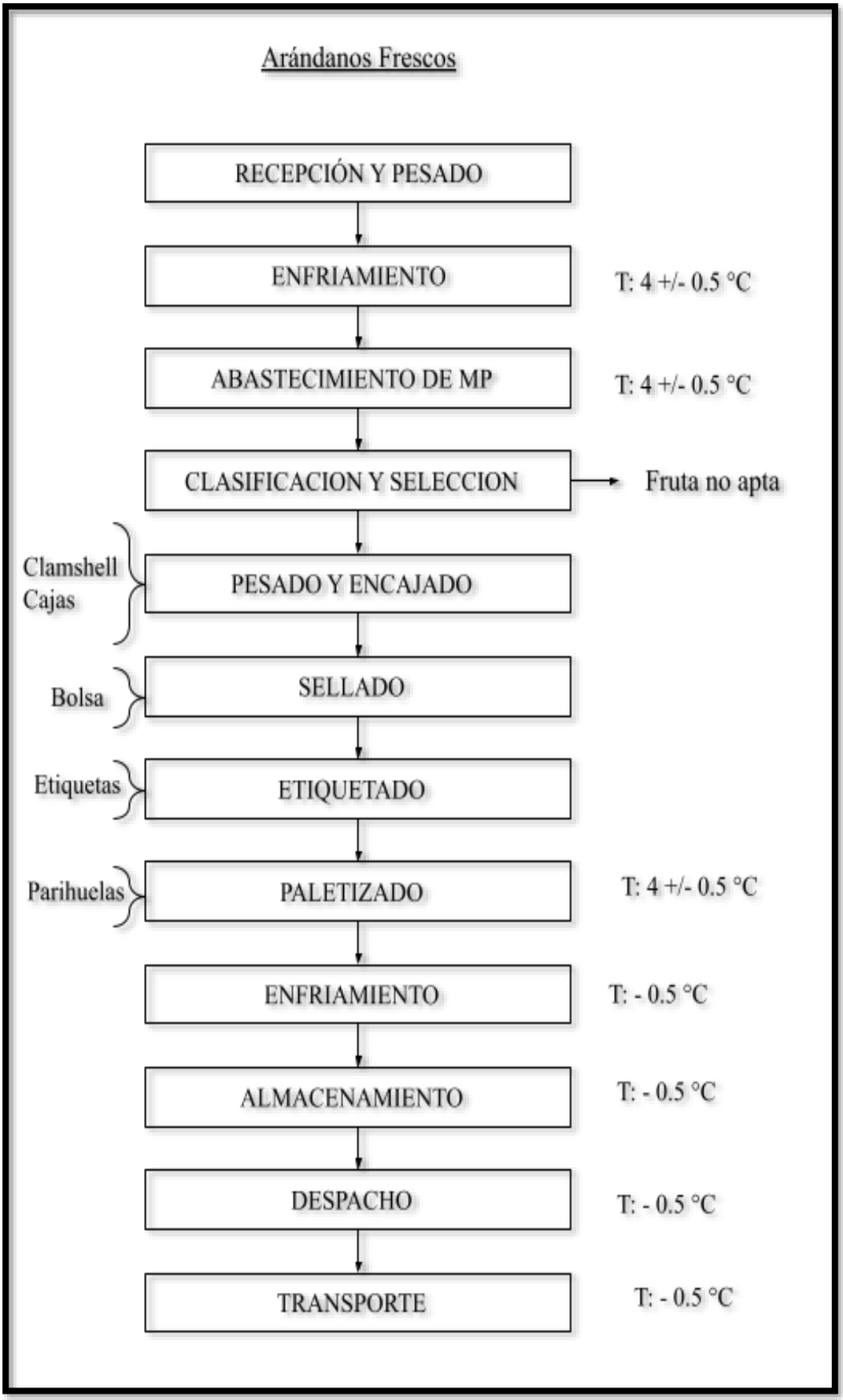

Figura 2: Flujo de proceso de empaque de arándanos de exportación

- Priorizar armar el túnel con tipo de jabas iguales, si están mezclados se coloca el cartón junto al extractor y el plástico atrás.

- Hermetizar cualquier espacio que no sean los orificios de ventilación de las jabas.

- Llevar a cabo un deshielo antes del inicio del proceso.

- Mantener la humedad relativa del ambiente entre 85 – 90 por ciento.

Luego de salir de los túneles se mantiene en la cámara por un periodo máximo de 48 horas, con la finalidad de mantener la temperatura de la fruta preenfriada antes de ser procesada.

2.2.4. Abastecimiento de materia prima

Es el ingreso de materia prima a la línea de producción, según el lote asignado, respetando las primeras entradas y primeras salidas en existencias.

2.2.5. Clasificación y selección

Primero, la fruta es seleccionada en función a su tamaño. Para cumplir con el tamaño mínimo de exportación el diámetro debe ser mayor a 12 mm (algunos mercados pueden recibir hasta 10 mm), por lo general en esta parte se usan mallas o ligas según el diámetro deseado.

Segundo, se separa según los defectos de calidad y condición. Este es un proceso de selección manual a cargo de personal capacitado que separa los siguientes defectos: fruta blanda, deshidratada, desgarro, ausencia de pruina, cicatriz y rojos. Los arándanos que no cumplan con los parámetros de calidad establecidos son destinados al mercado nacional. La finalidad de esta etapa es lograr cajas parejas y bayas uniformes y con un mínimo de manipulación. Debe existir una adecuada iluminación y los colaboradores poseer buena capacidad visual. Con el avance de la tecnología ahora existe maquinaria que con la ayuda de imágenes logra separar estos defectos de la línea siendo más eficientes y teniendo un mejor resultado. La desventaja de esto es que existe mayor manipulación ya que la baya recorre mayores distancias y también tiene más caídas (Zapata *et al*. 2013). La clasificación se realiza por diámetro de la baya según la Tabla 2.

La clasificación se puede dar de forma manual con personal entrenado, de forma mecánica con el uso de ligas y/o fajas con agujeros de los diámetros mencionados y de forma automática mediante el uso de fotografías separándolas según los calibres deseados.

Tabla 2: Clasificación de calibres de las bayas de arándanos

Calibre	Rango (mm)
Bajo calibre	<12
Medium (M)	12-14,9
Jumbo (J)	15-18,9
Super Jumbo (SJ)	19-21,9
Extra Jumbo (SXJ)	>22

FUENTE: Defilippi *et al.* (2013)

2.2.6. Pesado y encajado

La fruta apta para exportación es llenada en un envase plástico (c*lamshell*) para luego ser pesada. En la industria existen equipos automatizados que desapilan, llenan, pesan y cierran los envases según el peso objetivo. Para contrarrestar la pérdida de peso durante el almacenaje y transporte se les agrega un peso extra, para esto se hace un estudio de vida útil.

Los *clamshells* son embalados por 12 unidades por caja de cartón corrugado, esta presentación se cumple para la mayoría de los formatos. Para prolongar la vida útil del producto por lo general se utiliza bolsas de poliamida o polietileno de alta densidad, evitando la pérdida de peso, al reducir la tasa de respiración.

2.2.7. Etiquetado

Para la etiqueta se debe considerar lo exigido por el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria) es decir: especie, peso neto, código de lugar de producción, autorización sanitaria, código de lugar de empaque, exportador, empacadora, provincia, trazabilidad y categoría. Existen algunos destinos que exigen que se cumpla con algunos requisitos extras.

2.2.8. Paletizado

Esta etapa es indispensable para la presentación debido a que en el lugar de destino la unidad que se contempla es el *pallet*. Por lo que la ubicación de las cajas, la trazabilidad y los folios que evidencian la variedad y los calibres deben ser legibles, para que luego la fruta pueda ser ordenada en la cámara de almacenamiento. Para el paletizado considerar lo siguiente:

- Las cajas de producto terminado se colocan sobre parihuelas. Estas cajas se apilan formando columnas hasta cierta altura, respetando el destino y la presentación. Las cajas deben ser colocadas en un mismo sentido dejando a la vista las etiquetas.

- El armado de la conformación del *pallet* se debe realizar de tal forma que cada caja quede unida con la anterior y nunca deben colocarse unas sobre otras.

- Después del apilado se pasa a colocar los esquineros y flejes para dar estabilidad al *pallet* de producto terminado y no tener problemas al trasladarlas desde la nave de proceso hasta el consumidor final.

2.2.9. Enfriamiento

Los *pallets* son llevados a los túneles de enfriamiento para el golpe de frío, con la finalidad de bajar rápidamente la temperatura de la pulpa para disminuir la tasa de respiración y el calor generado por la fruta. Este proceso se da por aire forzado que pasa por el producto ya empacado.

Para los túneles tipo californianos los *pallets* se ordenan a ambos lados de un ventilador de extracción, constituyendo dos filas paralelas y dejando un canal abierto en el medio de las dos filas. En este canal se coloca una lona para cubrirla mientras que el ventilador ubicado en el extremo succiona el aire del canal generando así una presión negativa que obliga al aire frío del cuarto a pasar a través del producto. Mediante el uso de puertas se enfría primero la cara central y luego se enfrían las partes laterales. En la Figura 3 se observa un túnel de este tipo.

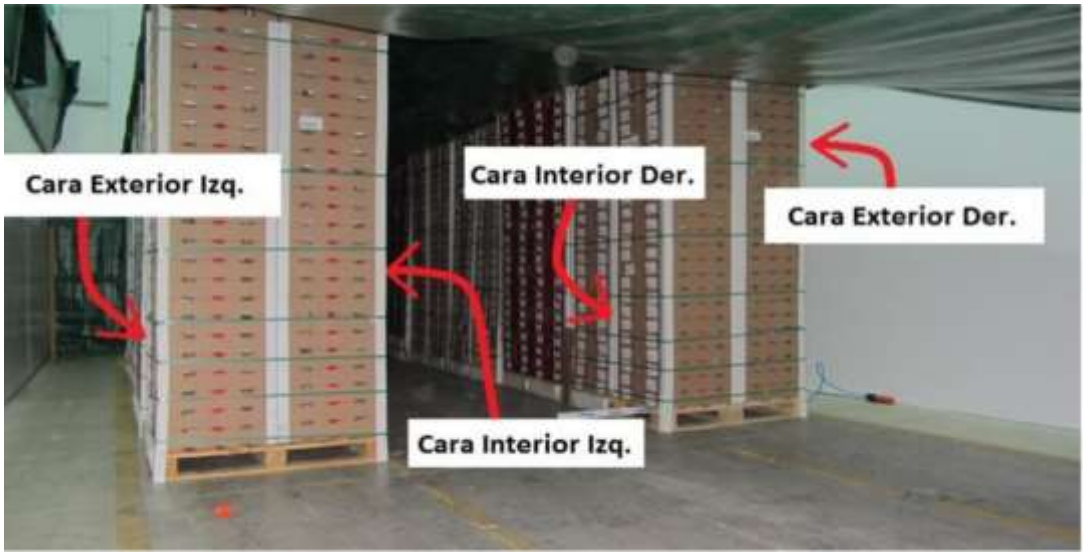

Figura 3: Túnel tipo californiano

FUENTE: Mateo (2014)

En los túneles tipo unitarios se coloca *pallet* por *pallet* según cada posición guía. El aire es forzado a ingresar por el lado vertical siendo succionado por presión negativa hacia los ventiladores centrales. Tiene el mismo principio que los túneles californianos con la diferencia que se puede usar de forma individual sin la necesidad de tener el *batch* completo. La desventaja es la diferencia de temperatura entre la cara interna y la externa del *pallet*, mientras se tenga mayor resistencia el diferencial será mayor y por ende se tiene que voltear *pallet* por *pallet*. Operativamente es más tedioso y se debe tener especial cuidado al momento de sellar. En la Figura 4 se puede observar un túnel individual.

La velocidad de enfriamiento depende de un correcto armado y hermetizado del túnel. El personal encargado debe priorizar los siguientes puntos:

- Hermetizar cualquier espacio que no sean los orificios de ventilación de las cajas.
- Llevar a cabo un deshielo antes del inicio del proceso.
- Mantener la humedad relativa del ambiente entre 85-90 por ciento.

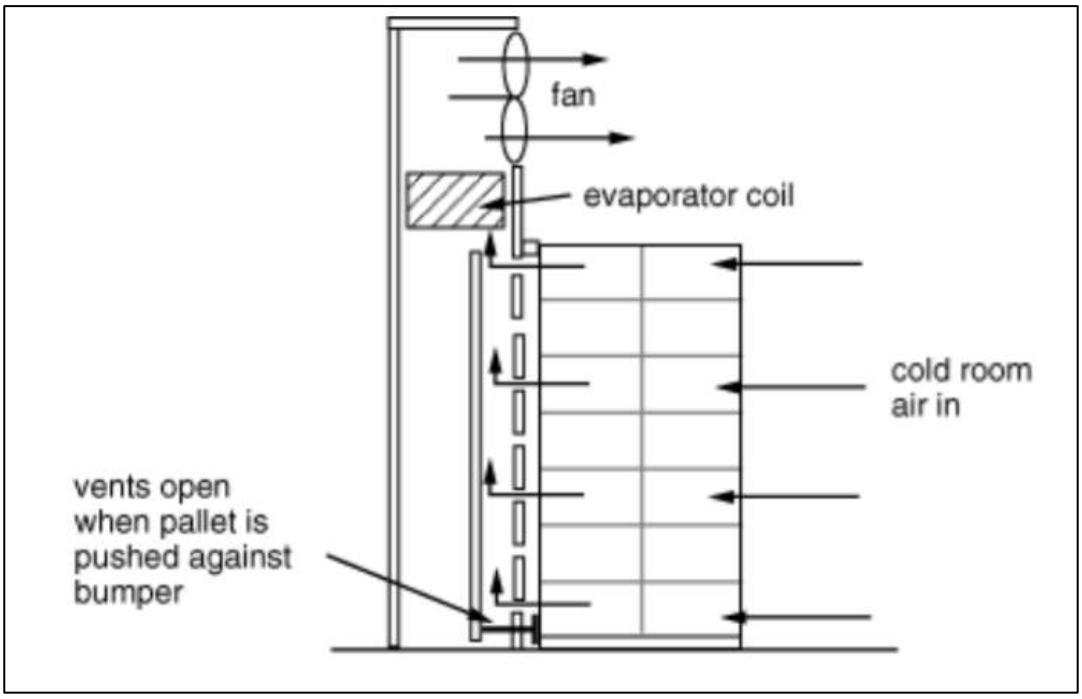

Figura 4: Túnel de enfriamiento de fruta individual

FUENTE: Thompson (2004)

Existe pérdida de agua en el enfriamiento que depende del tiempo que demore la fruta en llegar a la temperatura objetivo, que es alrededor de 0,1 a 2 por ciento (Thompson, 2004).

2.2.10. Almacenamiento

Una vez que los *pallets* alcanzan la temperatura requerida estos son colocados en cámara de frío para su respectivo almacenamiento hasta el momento del despacho. Los requisitos de almacenamiento deben ser las siguientes:

- Temperatura de pulpa: -0.5 a +0.5 °C.
- Temperatura de cámara: -1 °C.
- Humedad relativa: 85-90 por ciento.

Para almacenar se debe tener en cuenta siempre juntar los *pallets* por categoría/calibre, con distanciamiento entre ellos y entre las paredes, en filas y columnas. Así mismo, priorizar entregar la fruta de mayor tiempo de almacenamiento, cumpliendo con el FIFO “lo primero

que entra es lo primero que sale”. Si la cámara no está llena, el orden de estiba es desde la pared de la puerta de ingreso hacia los ventiladores, lo importante es que el aire circule por igual a todos los *pallets*. Para poder llegar a una humedad relativa uniforme se humedece continuamente los pisos de las cámaras.

2.2.11. Despacho

Previo al despacho hacia cualquier destino SENASA inspecciona fitosanitariamente los *pallets*. Para ello saca aleatoriamente una muestra de los diferentes *pallets* y verifica que la carga cumpla con los requisitos necesarios de exportación. Una vez realizado el muestreo de fruta y verificadas las temperaturas se autoriza, posterga o rechaza el llenado del contenedor.

El contenedor es inspeccionado previo a su carga además de ser preenfriado para comprobar que la temperatura llegue a la programada. También se toma la temperatura de pulpa de todos los *pallets* a despachar y se registra en los formatos de calidad. Entonces se procede a cargar el contenedor situando los *pallets* en forma ordenada, se cargan 20 *pallets* por contenedor. Los *pallets* no deben sobresalirla línea roja (*NO CARGO ABOVE LINE*) del contenedor.

Durante la carga se activan los termo-registros que son colocados en los *pallets* respectivos (uno en el primer *pallet* y otro al final). Terminada la carga se cierran las puertas del contenedor y se colocan los precintos de seguridad de aduanas, línea naviera y SENASA (si fuera el caso) para garantizar la carga. Inmediatamente, se prende la unidad de refrigeración y se verifica que se llegue a la temperatura objetivo. Los contenedores deben cumplir con el parámetro de frío requerido: temperatura -0,5 °C, ventilación cerrada y humedad relativa de 85–90 por ciento. Los contenedores se colocan uno o dos termógrafos, que tienen un código de identificación que son registrados en el *packing list* y en el control de embarque, también se registra su ubicación dentro del contenedor en el *pallet* respectivo.

Para los envíos a países como China, Puerto Rico, Indonesia, México, Tailandia, Nueva Zelanda, India, Taiwán y USA se deben hacer todos los controles para el tratamiento de frío con el objetivo de inactivar la pupa de la mosca de la fruta. Para ello se tienen los F_0 indicados en la Tabla 3, donde a una temperatura menor a 1,11 °C se necesita 11 días para poder eliminar la pupa de la mosca de la fruta, y así sucesivamente.

Tabla 3: Tiempo de tratamiento de frío y temperatura

Rango de Temperatura	Tiempo de Exposición
Menor o igual a 1,11 °C	11 días
Menor o igual a 1,65 °C	17 días
Menor a 2,00 °C	22 días

FUENTE: SENASA (S.F.)

Con la presencia de SENASA y de acuerdo con su procedimiento se verifica la temperatura del contenedor al finalizar la carga. Se debe evitar las variaciones de temperatura y/o infestación de insectos, esto se logra siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Atenuar las luces del área de carga.
- Preparar la documentación de *pallets* en cámara o antecámara.
- Cargar directo de cámara al contenedor.
- En la operación de carga de contenedor, hacer funcionar solo el equipo de frío cuando las puertas estén cerradas, previa inspección de la temperatura.

2.2.12. Transporte

Debido a los costos de transporte se prioriza usar la vía marítima que cuenta con un tiempo estimado entre 20 y 45 días, según el destino. Por eso es importante controlar los parámetros de temperatura, ventilación y gases, para prolongar la vida útil.

También se considera la vía aérea, pero con un menor tránsito. Sin embargo, mediante esta vía no se asegura la cadena de frío.

2.3. ATMÓSFERA MODIFICADA Y CONTROLADA

Según Intagri (2017) ambas tecnologías se emplean para alargar la vida útil de los productos frescos, retardando así la maduración y el deterioro. Ayudan a controlar algunos desórdenes fisiológicos, además del control de plagas y enfermedades. Es importante remarcar que no se detienen los cambios enzimáticos y la respiración. La atmósfera modificada (AM) es aplicada al empaque y la atmósfera controlada (AC) al almacenamiento y transporte.

2.3.1. Atmósfera modificada (AM)

Según Rodríguez Beraud *et al.* (2015) esta tecnología tiene como finalidad empacar productos alimentarios con barreras de gases entre el interior y el exterior. Evitando así el deterioro del alimento al reducir la respiración, el crecimiento microbiano y retardando la actividad enzimática. Esta técnica se inició en la conservación de carnes y mariscos.

En función al alimento se requieren medios con alto nivel de CO_2 y bajo en O_2, de esta forma se conservan las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas; para ello es importante elegir un empaque adecuado que genere la permeabilidad necesaria. (Beraud *et al.*, 2015).

a. Modificación pasiva

Ospina y Cartagena (2008) mencionan que los productos hortofrutícolas continúan sus procesos metabólicos postcosecha. Al aplicarse esta tecnología de forma pasiva se lleva a cabo dos procesos simultáneos: la permeación de las películas plásticas sobre los gases y la respiración del producto.

Según los requerimientos del producto a envasar se necesita menor cantidad de O_2 y mayor de CO_2, existiendo un buen intercambio gaseoso en la película. Se demostró un buen resultado cuando el medio interno tiene una concentración de gases entre 2-5 por ciento y 3-8 por ciento de O_2 y CO_2 respectivamente, esto acompañado de la temperatura de conservación adecuada y humedad relativa. El autor menciona que: “son eficaces para aumentar la vida útil de una amplia gama de frutas y hortalizas demorando los procesos de maduración y de senescencia, tales como oscurecimiento enzimático, ablandamiento,

disminución de los síntomas de daño por frío y degradación de la clorofila" (Ospina y Cartagena, 2008).

b. Modificación activa

En la modificación activa se incluye un tercer elemento al incorporar algunos aditivos en la matriz del envase o dentro del mismo, para cambiar la atmósfera y alargar la vida útil del producto. Regularmente se usan absorbedores de O_2, liberadores de CO_2, liberadores de etanol y absorbedores de etileno.

2.3.2. Atmósfera controlada (AC)

Según De la Vega *et al.* (2017) surge la necesidad de la aplicación de esta tecnología por el uso de aditivos y productos químicos que pueden afectar a la salud, ésta se estudia desde 1925 por Quid y Est en Inglaterra, al tener un efecto benéfica en la conservación de manzanas al incrementar el CO_2 y disminuir el O_2.

A diferencia de la AM esta tecnología requiere de instalaciones herméticas, que permitan mantener las concentraciones de gases; adicional se tienen que instalar sistemas de control de gases y presión interna. El principal objetivo es controlar los gases de la respiración u otro gas que pueda ocasionar el deterioro del alimento como el etileno. Barreiro y Sandoval (2006) mencionan que cada alimento tiene su requerimiento de gases ideales para su conservación óptima, por lo general consiste en controlar el nivel de O_2 y esto se debe a la respiración del alimento remover el CO_2 de la respiración, adicional se requiere un sistema de refrigeración para incrementar la eficiencia de la tecnología. En la Tabla 4, se muestran las condiciones de almacenamiento de AC para algunos productos.

2.3.3. Aplicación en arándanos

Partiendo del uso de temperaturas mínimas para la conservación de arándanos, se evalúo estas tecnologías (AM y AC) para la conservación de la baya, ambas con la finalidad de modificar la composición de los gases durante el almacenamiento y transporte, teniendo efectos positivos sobre la fisiología de la fruta, disminuyendo la actividad metabólica y controlando la aparición de hongos.

Tabla 4: Factores de almacenamiento de AC en algunas frutas y hortalizas

Alimento	Temperatura (°C)	Oxígeno (%)	Dióxido de carbono (%)
Aceituna	8-12	2-5	5-10
Aguacate	5-13	2-5	5-10
Albaricoque	0-5	2-3	2-3
Banana	15	2	6-8
Cereza	0-5	0-5	10-12
Ciruela	0-5	1-2	0-5
Durazno	0-5	1-2	5
Fresa	0-5	10	15-20
Higo	0-5	5	15
Kaki	0-5	3-5	1-8
Kiwi	0-5	2	5
Lechuga	0,5-1	2-5	<2
Lima	10-15	5	0-10
Limón	10-15	5	0-5
Mango	8-15	5-10	5-6
Manzana	0-5	2-3	1-2
Melón	5-10	3-5	10-15
Naranja	1-10	10-15	0-7
Papaya	10-15	10-15	0-7
Pera	0-5	2-3	0-1
Paprika	8-12	3-5	0-10
Piña	10-15	5	10
Tomate Maduro	8-12	3-5	0
Tomate Verde	12-20	3-5	0
Toronja	10-15	3-10	5-10

FUENTE: Barreiro y Sandoval (2006)

La AM reduce la deshidratación y genera menor pudrición, siempre y cuando se apliquen los parámetros adecuados. Las concentraciones de los gases dependen de la cubierta del envase, de la tasa respiratoria de la fruta y de la temperatura. En cambio, la AC ayuda a evitar el crecimiento de hongos debido a que los gases son controlados durante todo el tiempo de almacenamiento, no existe dependencia de los factores mencionados para AM. Las concentraciones óptimas de CO_2 y O_2 para extender la vida postcosecha del arándano son 10-15 por ciento y 2-5 por ciento de O_2 a 0 °C; el exceso de CO_2 puede generar sabores y aromas extraños, pudriciones y decoloraciones (Defilippi *et al.*, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Planta de empaque de empresa agroindustrial de arándanos ubicada en Olmos – Lambayeque, Lambayeque; en los meses de septiembre y octubre del 2018.

3.2. MATERIA PRIMA

- Arándanos frescos.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- Bolsas de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9 por ciento – Suragra® - China.
- Bolsas de poliamida sin perforación - Xend®- Israel.
- Cajas y *clamshell*.
- Fichas técnicas de las bolsas (Anexo 1).

3.3.2. Equipos

- Durómetro - Marca Baxlo®, modelo 53505/F0- España.
- Balanza gramera de 6kg – Marca Precisión®, modelo Super S.- USA.

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Medición de textura

Para la medición de la textura se usó un método no destructivo con la ayuda de un durómetro de la marca Baxlo® (Anexo 2 se adjunta ficha técnica) con émbolo de 2,38 mm de diámetro, recorrido de 2,5 mm y una fuerza máxima de 113 gramos, la unidad de medición es *Shore*. Para ello se tomaron 10 bayas de arándanos por *pallet* y se midió la dureza en 2 puntos opuestos del diámetro del fruto. Santos *et al*. (2001) mencionan que la medición de la dureza en la escala *Shore* mide la elasticidad de un cuerpo cuando se deja caer sobre él un material más duro, la unidad de medida se expresa en proporciones, siendo 0 el punto más blando y 100 el de mayor dureza.

3.4.2. Pérdida de peso en origen

Inicialmente se pesaron 12 cajas escogidas aleatoriamente (con 12 bandejas de plásticos en cada una), estas 12 cajas fueron divididas en 4 grupos (tres cajas en cada uno): el primer grupo se pesó antes del enfriamiento, el segundo grupo a los 15 días, el tercer grupo a los 30 días y el cuarto a los 45 días.

3.4.3. Pérdida de peso en el destino final

Para identificar las diferencias de peso, se toma como referencia el peso inicial antes del enfriamiento (que según norma es el peso neto más cinco por ciento de sobrepeso). El peso final se obtiene del promedio del muestro del control de calidad en destino (para ello se toman 4 cajas escogidas al azar y se promedia el peso). La pérdida de peso es el diferencial del peso inicial en origen (antes del enfriamiento) menos el peso final en destino.

3.4.4. Evaluación de defectos de condición

Se evaluó tres defectos de condición: deshidratación, ablandamiento y pudrición (frutos podridos).

Para la deshidratación el inspector de control de calidad en destino evaluó de forma visual

el arrugamiento de la pulpa; el máximo aceptable es el nivel uno por lo que el nivel dos y tres se consideran como rechazados.

Para la evaluación de ablandamiento (se considera como blandos aquellos frutos con baja resistencia y presión elástica) se usó el durómetro de marca Baxlo® y se consideró como blandas a las bayas con menos de 55 *Shore*.

Para realizar la evaluación de defectos de condición se tomó de forma aleatoria seis bandejas plásticas de un *pallet* de producto terminado escogido al azar y se realizó el conteo de las bayas afectadas por cualquiera de los tres defectos (deshidratación, ablandamiento o pudrición).

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.5.1. Empaque de arándanos frescos

La fruta se empacó siguiendo las operaciones que se muestran en la Figura 5 para luego aplicar los tratamientos propuestos.

A continuación, se describe el flujo de la Figura 5:

- Recepción y pesado: La fruta fue recepcionada en jabas y posteriormente pesada.

- Enfriamiento: La fruta fue enfriada hasta los 4 °C para luego ser almacenada hasta su procesamiento.

- Abastecimiento de MP: La MP fue abastecida a una línea de selección y clasificación óptica.

- Clasificación y selección: La MP fue ingresada a las mallas calibradoras que descartaron todos los calibres menores a 12 milímetros, luego mediante un singulador se separaron las bayas para que ingresen a las cámaras ópticas donde se seleccionó la fruta apta (se descartó la fruta deshidratada, blanda, con pudrición,

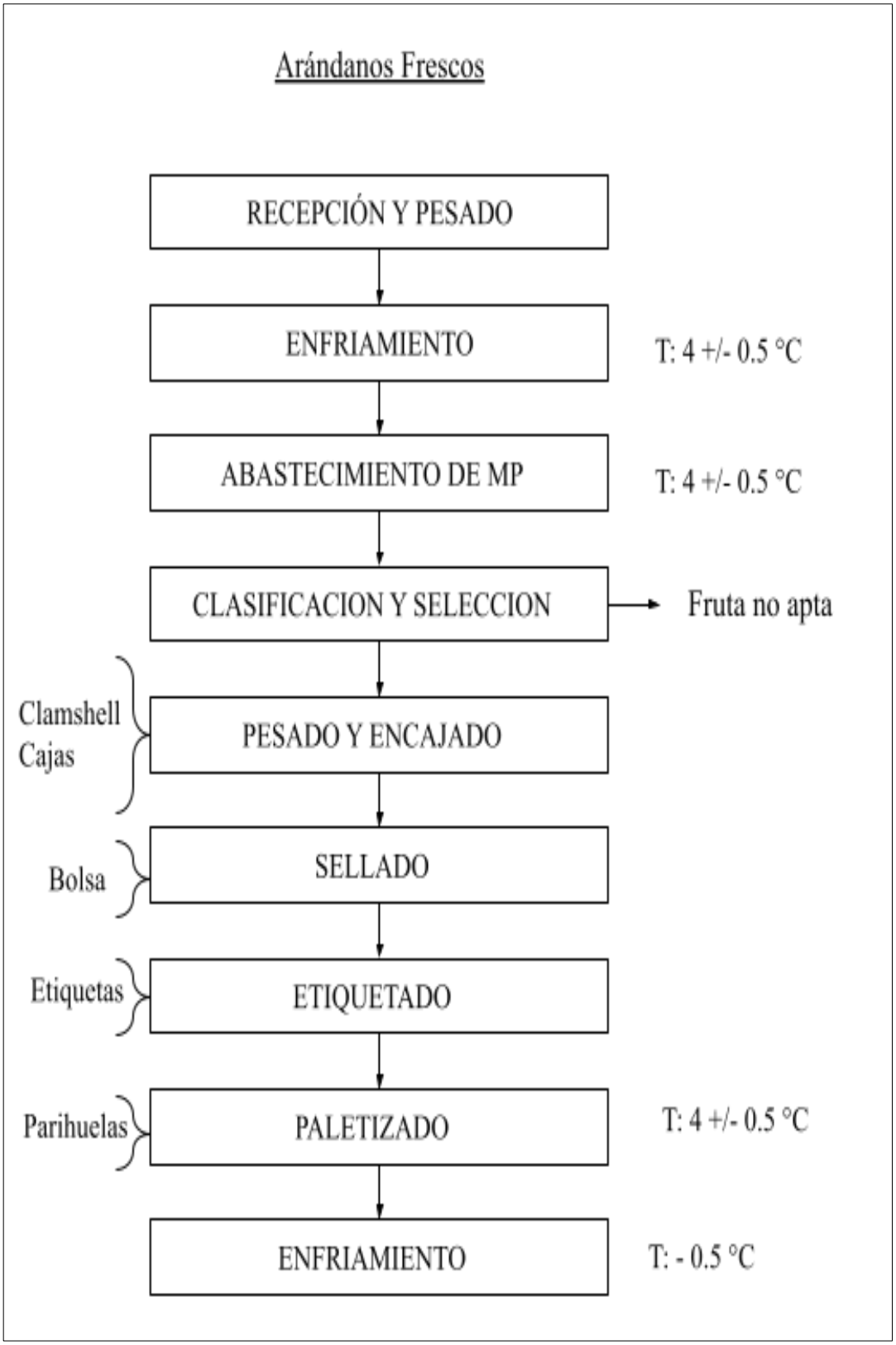

Figura 5: Flujo de operaciones para el empacado de las muestras

inmaduras, verdes y presencia de materiales extraños).

- Pesado y encajado: La MP fue empacada por las llenadoras que controlan el peso que lleva cada *clamshell* para luego ser encajadas. En este proceso se colocó las bolsas de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9 por ciento y las bolsas de poliamidas sin perforación (para las bolsas de poliamida se procedió a sellar).

- Sellado: Se procedió con el sellado para las bolsas sin perforación.

- Etiquetado: Las cajas fueron rotuladas con el peso e información del lote.

- Paletizado: Se apilaron las cajas en *pallets* para posteriormente ser enfriado.

- Enfriamiento: Los *pallets* fueron enfriadas hasta -0,5 °C para luego ser almacenados.

3.5.2. Protocolo en origen

Se planteó tres tratamientos a evaluar:

- T_1: Sin bolsas.

- T_2: Con bolsas de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9 por ciento.

- T_3: Con bolsa de poliamida sin perforaciones (AM).

Como muestra se tomaron 12 cajas para cada tratamiento numerándolas del 1 al 12. Estas 12 cajas fueron pesadas antes del enfriamiento para luego tomar tres cajas y pesarlas luego del enfriamiento. Las otras 9 cajas fueron almacenadas a una temperatura de -0,5 ± 1 °C y fueron pesadas 3 cajas a los 15 días, 3 cajas a los 30 días y 3 cajas a los 45 días. Se evaluó la pérdida de peso (el peso antes del enfriamiento menos el peso reportado después del enfriamiento, a los 15, 30 y 45 días).

3.5.3. Protocolo en destino Europa

Después de revisar los requisitos y planes de trabajo del SENASA con respecto a los países europeos no se encontró ninguna restricción para usar bolsas sin perforación por lo que se decidió incluirlas en la evaluación. La temperatura fue de -0,5 °C con ventilación de 10 m^3/hora y el tiempo de tránsito para este destino fue de 21 días. Se definió usar ambos tipos de bolsas en un mismo contenedor, no se evaluó atmósfera controlada debido al tiempo de tránsito y al uso de bolsas AM. Los parámetros de calidad a evaluar fueron:

- Textura.
- Pérdida de peso.
- Evaluación de defectos de condición tales como: blandos, deshidratados y podridos.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- T_1: Con bolsas de polietileno de alta densidad perforadas al 0,9 por ciento.
- T_2: Con bolsa AM.
- La evaluación en destino se realizó por *pallets* enteros.

3.5.4. Protocolo destino USA

Para el caso de Estados Unidos se optó por no enviar bolsas sin perforación ya que la legislación USDA requiere un mínimo de 0,9 por ciento o más de perforación. Los parámetros evaluados fueron los mismos que para Europa.

Para esto se definió el envío de tres contenedores con una temperatura de -0,5 °C y con un tiempo de tránsito de 17 días. Para los contendores con atmósfera controlada se emplearon los siguientes parámetros: ocho por ciento de oxígeno y doce por ciento de dióxido de carbono (con ventilación cerrada el contendor no tiene intercambio de aire). Se aplicaron los siguientes tratamientos:

- T_1: Solo con atmósfera controlada sin usar ningún tipo de bolsa (AC).

- T_2: Bolsas perforadas al 0.9 por ciento sin atmósfera controlada en el contenedor (BP 0.9%).

- T_3: Bolsas perforadas al 0.9 por ciento con atmósfera controlada en el contenedor (AC+BP 0.9%).

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se plantearon tres escenarios en origen dos en destino Europa y tres en destino USA. Para ello se realizaron tres protocolos, cada uno con sus respectivos tratamientos evaluando pérdida de peso, textura y calidad de producto terminado.

Se siguió el siguiente flujo de operación para el diseño experimental como se muestra en la Figura 6.

A continuación, se describe el flujo de la Figura 6.

- Empaque: En el punto 3.5.1. se describieron las operaciones que se realizaron para el empaque de las bayas evaluadas.

- Enfriamiento: La fruta se enfrió hasta conseguir una temperatura objetivo de 0 °C.

- Almacenamiento: Se almacenaron en origen las muestras por 45 días a una temperatura de -0,5 ± 1 °C, no se consideró la humedad como un parámetro en ese momento, en el punto 3.5.2. se describe el protocolo que se siguió.

- Almacenamiento y despacho: Se almacenaron a 0°C grados hasta el despacho, donde se procedió a cargar en los contenedores según el país de destino.

- Tránsito marítimo a USA: El tiempo de viaje es de 17 días, a una temperatura de -0.5°C y sin humidificación, para los envíos con atmósfera controlada las navieras

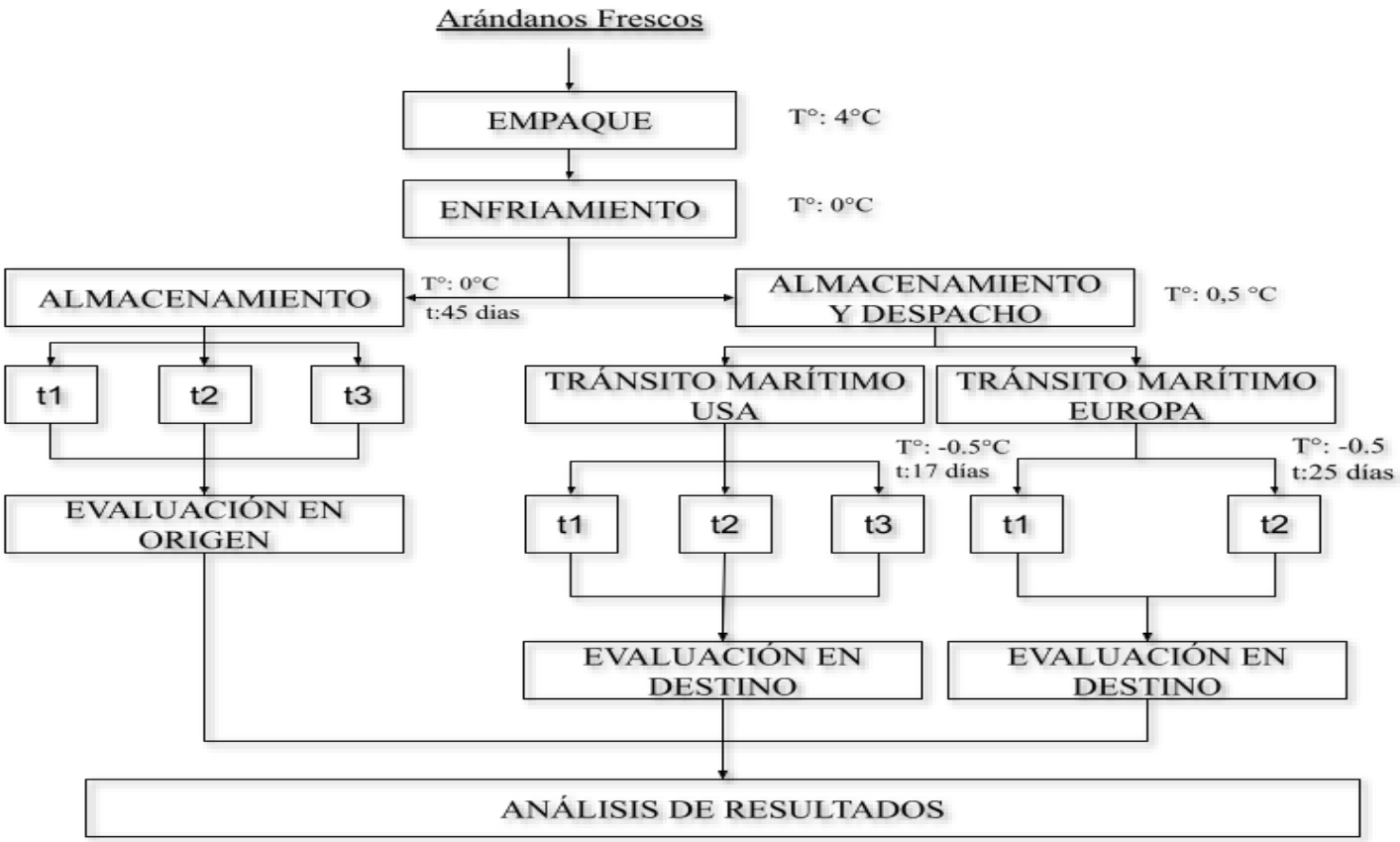

Figura 6: Flujo de operación para la experimentación

gasifican el producto al llegar al terminal portuario y durante el viaje mantienen las concentraciones de gases deseadas. Se describe el protocolo usado en el punto 3.5.4.

- Tránsito marítimo a Europa: El tiempo de viaje es de 25 días, a una temperatura de -0,5° C y sin humidificación. El protocolo se describe en el punto 3.5.3.

- Evaluación en origen: Se evaluó la pérdida de peso en el tiempo aplicando tres tratamientos.

- Evaluación en destino: El cliente final (mediante el control de calidad) realizó las evaluaciones respectivas.

- Análisis de resultados: Con la información obtenida en origen y destino se compararon tratamientos, para poder definir cuál de ellos fue el más adecuado.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de pérdida de peso, textura, deshidratación, blandos y podridos se analizaron mediante el DCA y se compararon los tratamientos por el LSD

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PÉRDIDA DE PESO EN ORIGEN

En origen no se evaluaron parámetros de calidad ya que el objetivo en un principio fue evaluar pérdida de peso en el tiempo. En la Figura 7 se muestra que los resultados son inferiores al 0,20 por ciento después del enfriamiento. Mateo (2014) menciona que la pérdida de peso después del enfriamiento debe ser inferior al dos por ciento, Valdés (2019) menciona que el enfriamiento rápido y temperaturas cercanas a 0°C ayudan a mantener la firmeza de la baya. Mateo (2014) observó que existe una mayor pérdida de peso en la fruta con bolsa después del enfriamiento; al tener una menor ventilación del producto el tiempo de frío es mayor, esto ocasiona una mayor deshidratación en el producto tal como refiere Inestroza-Lizardo *et al.* (2016).

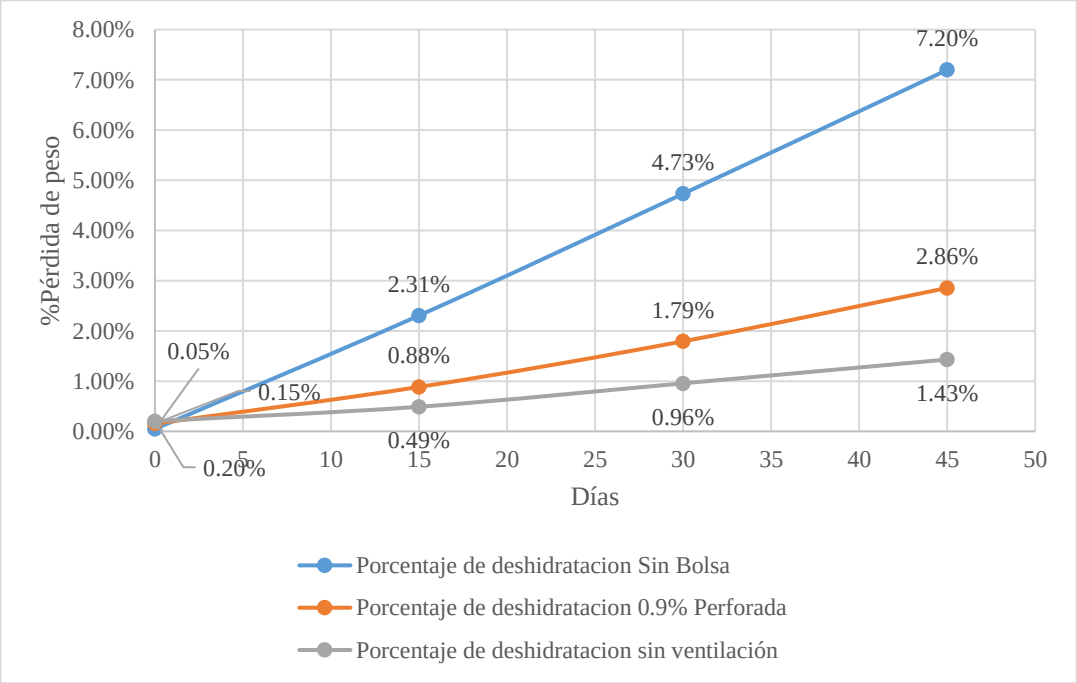

Figura 7: Porcentaje de deshidratación a los 45 días en origen a una temperatura de 0°C

Ballesteros (2016) explica que la pérdida de peso en el enfriamiento se debe a la temperatura inicial del producto, uso de ceras o envases resistentes a la humedad, la velocidad de enfriamiento, humedad del aire de refrigeración y el sobretiempo de enfriamiento; para el caso estudiado el uso de envases retuvieron más la humedad en el tiempo por lo que hubo una pérdida mayor inicial.

También se observó que había una mayor deshidratación cuando no se usó bolsas ya que modificar el ambiente disminuyó la pérdida de peso. Defilipi *et al*. (2018) menciona que la pérdida de peso de la baya de arándanos en almacenamiento de 30 a 40 días sin el uso de atmósfera modificada es entre seis a ocho por ciento, valores similares se obtuvieron en la investigación hecha.

Rodríguez *et al.* (2015) reportan deshidratación de 0,8 por ciento en 28 días usando bolsas sin ventilación, además mencionan que la Fundación para el desarrollo frutícola (2013) reportó una pérdida de peso de 5,3 por ciento, 2,6 por ciento y 0,1 por ciento para sin bolsa, bolsa macro perforada y bolsa sin ventilación, respectivamente. Kort *et al.* (2018) mencionan que la alta pérdida de agua se relaciona a la alta respiración del fruto, Zagory (1997) menciona que una de las características de las bolsas es que ayudan a disminuir la tasa de respiración, además buscan retener el vapor de agua.

Rodríguez *et al.* (2015) mencionan que la cutícula, el bloom y la cicatrización del pedúnculo ayudan a evitar la pérdida de humedad, además se puede mantener una humedad relativa alta (>95 por ciento).

En el Anexo 3 se muestra el análisis estadístico a un nivel de confianza del 95 por ciento, con ello se evidencia que existen diferencias significativas entre estos tratamientos a 45 días de almacenamiento. Así mismo después de hacer la prueba LSD se demostró que todos los tratamientos tienen diferencias significativas, teniendo una menor pérdida de peso el usar bolsas sin ventilación.
Se normalizó el sobrepeso por cada tipo de tratamiento para ser usado con fines de exportación:

- Sin bolsa: 5 por ciento para un tránsito de hasta 30 días.

- Perforada al 0,9 por ciento: 3 por ciento para un tránsito de hasta 45 días.

- Bolsa AM: 1,5 por ciento para un tránsito de hasta 45 días.

4.2. EVALUACIÓN EN DESTINO EUROPA

En la Tabla 5 se reporta la pérdida de peso, textura y variables de calidad para Europa. En el Anexo 3 se muestra el análisis estadístico a un nivel de confianza de 95 por ciento: existe diferencia estadística para la pérdida de peso y podridos. Sin embargo, no para la textura y el porcentaje de blandos.

Tabla 5: Valores de pérdida de peso, textura, blando, deshidratación y podridos

Tratamiento	Pérdida de peso	Textura	Blando	Deshidratación	Podridos
Bolsas Perforada al 0,9%	2,61±0,34%	67,3±2.5	4,53±0,19%	0%	0,11±0,01%
Bolsa AM	1,01±0,15%	70,7±1.1	4,48±0,57%	0%	0,07±0,01%

Como se explicó en el punto 4.1 existe mayor deshidratación al usar bolsas con ventilación, como se muestra en la Figura 8. Defilipi *et al.* (2018) indican que las ventajas de las bolsas sin ventilación son evitar la pérdida de peso, la proliferación de microorganismos y los frutos podridos.

Zagory (1997) menciona que las bolsas de atmósfera modificada buscan disminuir la tasa de respiración de las frutas al disminuir la entrada de O_2 e incrementar el CO_2 en el medio. En cambio, las bolsas perforadas tienen una mayor difusión gaseosa de CO_2 y según la tasa de respiración pueden generar un medio bajo en CO_2 por lo que la bolsa al no tener perforación logra retener mayor cantidad de agua. Escalona (2019) reportó una disminución en la pérdida de peso al usar bolsas con menor perforación.

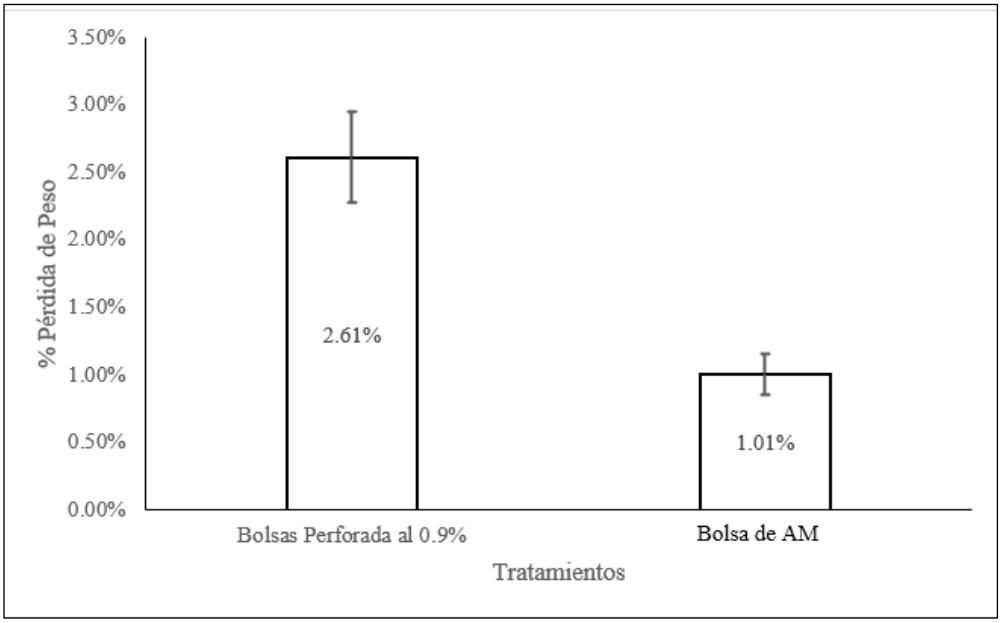

Figura 8: Pérdida de peso en bolsas perforada (BP) y AM para Europa

En la Figura 9 se muestran los resultados del porcentaje de frutos podridos en destino usando ambos métodos. Rodríguez *et al.* (2015) reportan mayores valores de frutos podridos, hasta un 4,3 por ciento sin bolsa y 2,43 por ciento con bolsa de AM. El autor en sus ensayos incluye el uso de metasulfitos obteniendo un 0,13 por ciento de frutos podridos a 28 días, valor similar al obtenido en la investigación. Cantín *et al.* (2012) mencionan que el arrugamiento de las bayas se relaciona con la cantidad de frutos podridos, así como la presencia de hongos; él demostró que usando anhídrido sulfuroso se obtiene una menor incidencia en diferentes concentraciones de O_2/CO_2 y no logró demostrar relación entre la pérdida de peso o textura con la cantidad de frutos podridos.

El tratamiento con bolsa perforada al no retener una suficiente concentración de dióxido de carbono obtiene mayor cantidad de frutos podridos a diferencia de la bolsa sellada.

Kort *et al.* (2018) reportan valores entre tres a cinco por ciento de fruta blanda con bolsas sin perforación y demostraron que existen diferencias significativas al almacenar sin bolsa; explican que esto se debe principalmente a la pérdida de agua que existe, otro motivo de esta pérdida de textura es por el apilamiento que puede existir entre las bayas de arándanos.

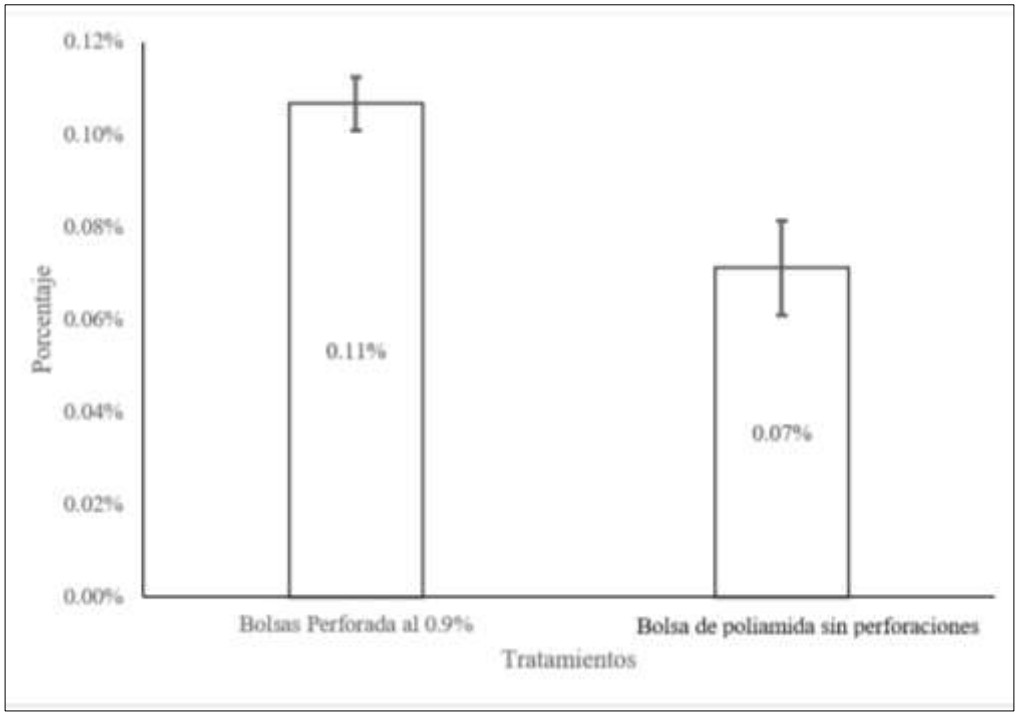

Figura 9: Porcentaje de frutos podridos en destino Europa

Figueroa *et al.* (2010) mencionan que con un tres a cinco por ciento de deshidratación se produce marchitamiento en la fruta, con más de cinco por ciento se presentan reclamos comerciales. Defilipi *et al.* (2018) mencionan que la textura se mantiene con el uso de ambas tecnologías (tratamientos) y el umbral de pérdida de peso relacionado al ablandamiento es del uno al dos por ciento, teniendo relación con los resultados presentados en la presente investigación.

Bello *et al.* (2012) indican que las condiciones de almacenamiento tienen efecto en el ablandamiento; al tener baja temperatura y alta humedad se puede detener la pérdida de firmeza disminuyendo la actividad enzimática y producción de etileno, evitando degradar la laminilla media y desintegración de la pared celular.

En la Figura 10 se muestra la medición de textura en destino con el uso de bolsas AM expresadas en *Shore*.

Figura 10: Medición de textura de la baya usando bolsa sin ventilación

De esta manera se demostró que es mejor el uso de bolsas sin ventilación al obtener menor pérdida de peso y cantidad de frutos podridos. Defilipi *et al.* (2018) recomiendan usarlo siempre que se tengan buenos equipos de prefrío y un buen sellado, ya que es probable que con un diferencial de temperatura mayor a 3 °C haya condensación en la bolsa y a un CO_2 menor a seis por ciento se puede generar el crecimiento de hongos.

Para las exportaciones a Europa la empresa usa bolsa AM, manteniendo la calidad de la fruta y logrando disminuir el peso extra de 5% a 1,5%.

4.3. EVALUACIÓN EN DESTINO USA

En la Tabla 6 se reporta la pérdida de peso, textura y variables de calidad para destino USA. En el Anexo 4 se reportan los análisis estadísticos con un nivel de confianza de 95 por ciento, demostrando que existen diferencias significativas en alguno de los tratamientos para todas las variables dependientes.

Después de hacer una comparación estadística con la prueba LSD se concluyó que en todas las variables dependientes no existen diferencias significativas entre el uso de bolsa perforada al 0,9 por ciento y el uso de bolsas más atmosfera controlada (AC). Además, el peor tratamiento fue el uso de solo AC reportando mayor pérdida de peso, textura y defectos de condición.

Tabla 6: Valores de pérdida de peso, textura, deshidratación y frutos podridos

Tratamiento	Pérdida de peso	Textura	Blando	Deshidratación	Frutos podridos
AC	4,07±0,32%	59,0±1,0	19,45±1.8%	9,44±1,36%	0%
BP 0,9%	1,90±0,10%	69,3±0,6	3,77±1,1%	3,59±0,42%	0%
AC+ BP 0,9%	1,45±0;42%	70,7±0,6	5,11±0,5%	3,41±0,22%	0%

En la Figura 11 se reportan los valores de pérdida de peso en los tres tratamientos. Escalona (2019), investigó la pérdida de peso, deshidratación, firmeza y cantidad de frutos podridos usando atmósfera controlada con concentraciones de gases de 10 a 12 por ciento de CO_2 y 4,5 a 6 por ciento de O_2 con diferentes porcentajes de ventilación; obteniendo una pérdida de peso de 3,1 por ciento sin gasificación y 2,3 por ciento gasificado sin bolsa, datos que distan de los obtenidos en la investigación.

Paniagua *et al.* (2014) indican que esta diferencia se puede dar por las variedades usadas y la variabilidad del contendor al llegar a destino, ellos reportan valores cercanos a dos por ciento, así mismo no se encontró diferencias significativas entre la deshidratación para un contenedor con AC y sin AC. Otros autores como Cantin *et al.* (2012) y Hancock *et al.* (2008) no reportan diferencias significativas en el uso de AC con respecto al peso.

Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos ya que no hay suficiente evidencia estadística para demostrar que el uso de AC influye en la pérdida de peso. Bugatti *et al.* (2020) demostraron que existe una reducción significativa de la tasa de respiración al usar atmosferas modificadas, lo que coincide con otros autores.

Existen muchos factores en la pérdida de peso, uno de ellos es la deficiencia de pruina. Chu *et al.* (2017) demostraron que existe mayor pérdida de peso con una fruta sin cera, lo que

debe ser considerado al momento de la medición. Por su parte Paniagua *et al.* (2014) concluyeron que el tener tiempo de espera al momento de enfriar puede generar mayor pérdida de peso, ellos demostraron que una demora en 10 °C durante 12 horas tuvo un efecto significativo en lugar de enfriar al mismo momento.

Cantín *et al.* (2012) reportaron diferencia de pérdida de peso entre los cultivos, esto se debe a la permeabilidad de la cutícula entre variedades y proporción de la superficie – volumen. Estos puntos se deben incluir en una próxima evaluación, tratando de homogenizar las bayas para poder controlar mejor las variables.

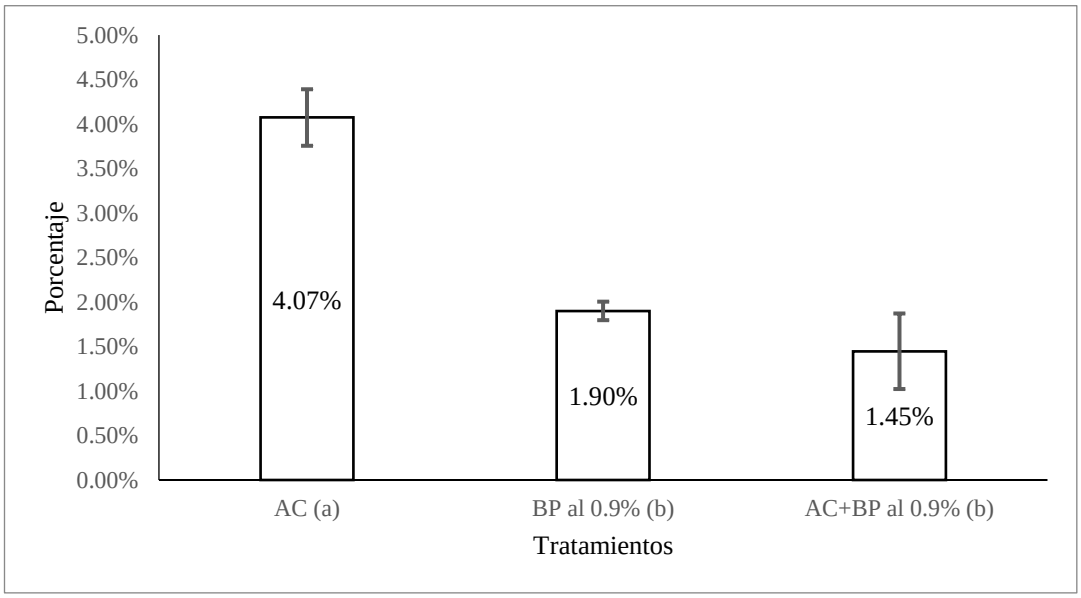

Figura 11: Pérdida de peso para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA (letras iguales no presentan diferencias significativas)

Se reporta menor textura para el uso de solo AC, como se muestra en la Figura 12. Rivera *et al.* (2014) reportan menor pérdida de textura para variedades *Legacy* y *Brigthwel* con AC, en cambio no ocurre lo mismo para *Brigitte*, la que reporta una mayor firmeza.

Por su parte Harb y Streif (2004) reportan un mejor comportamiento a las siete semanas usando AC con seis por ciento de CO_2 y 18 por ciento de O_2, aunque las primeras semanas

no hubo diferencia significativa con el control sin AC. Al incrementarse el porcentaje de CO_2 hubo una mayor pérdida de firmeza. Moggia *et al.* (2014) mencionan que existe relación entre la pérdida de textura y concentraciones por encima de 12 por ciento de CO_2; lo recomendable es trabajar con cada variedad y contar con sus límites de CO_2. Ambos autores mencionan que el O_2 no tiene mucha relevancia en la vida útil de la baya, aunque recomiendan que no sea menor de dos por ciento de O_2.

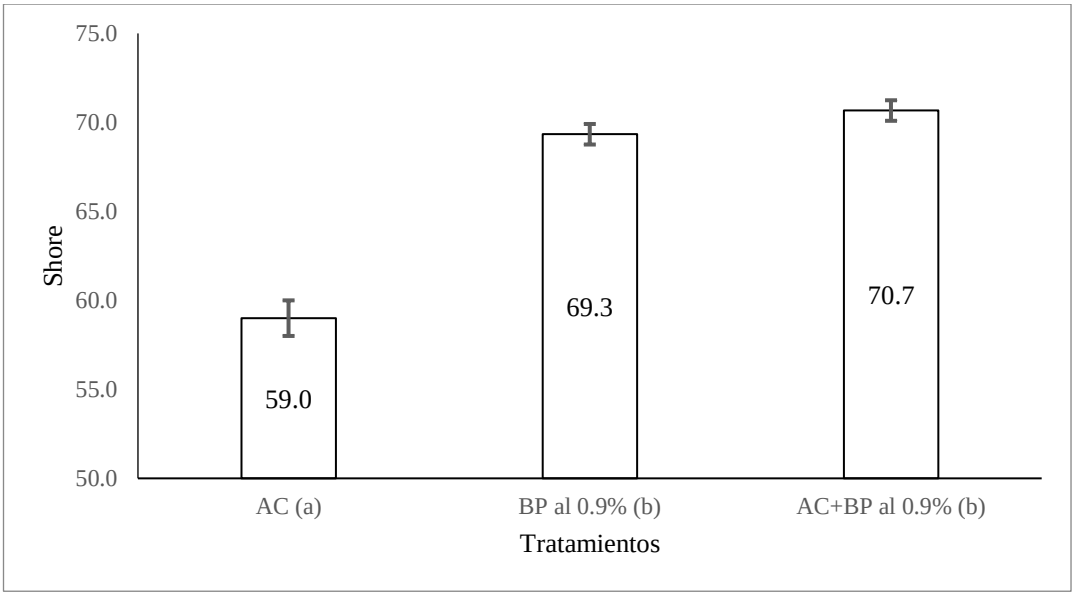

Figura 12: Valores de textura en Shore para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA

Chen *et al.* (2015) mencionan que la pérdida de textura está relacionada con el ablandamiento de la fruta, en la Figura 13 se pueden observar los resultados para el porcentaje de frutos blandos según cada tratamiento.

En la pared celular ocurre cambios metabólicos, existen modificaciones de compuestos estructurales, como el aumento en pectina soluble en agua, disminución de pectina soluble en carbonato de sodio, deterioro de la pared celular primaria y las estructuras de laminillas medias, a estos cambios se suman la despolimerización de la hemicelulosa y disminución de arabinosa.

Las cuatro enzimas que están relacionadas con la disminución de firmeza son: celulasa, manosidasa, galactosidasa y poligalacturonasa; además los autores demostraron que al reducir su actividad la fruta tiene menor pérdida de textura.

El Comité de Arándanos de Chile (2018) menciona que concentraciones elevadas de CO_2 pueden generar ablandamientos disminuyendo la firmeza; además existen variedades que tienen problemas con concentraciones mayores de 10 por ciento de CO_2.

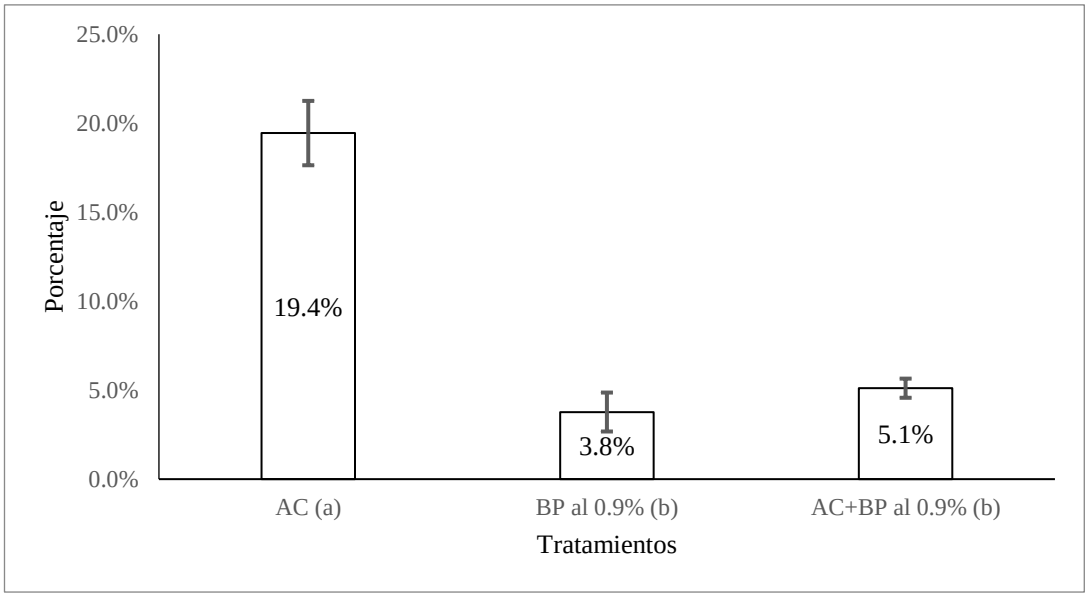

Figura 13: Porcentaje de frutos blandos para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b) para USA

Harb y Streif (2004) mencionan que al tener un medio elevado en CO_2 ocurre una mayor tasa de respiración, esto genera una mayor producción de ATP y aumento de la actividad enzimática; por lo general al tener un elevado nivel de ATP en las plantas ocurre una glicólisis que se puede dar por una vía adaptativa que depende de los pirofosfatos y es regulada por la canalización de la fosfofructoquinasa, dependiendo de la concentración de ATP es la misma vía que utiliza la planta cuando sufre de estrés ambiental. Esto puede ser un motivo de ablandamiento ya que al producir una mayor cantidad de piruvatos pueden descarboxilizarse en acetaldehídos y reducirse hasta etanol, provocando aceleración en el ablandamiento. La bolsa perforada por lo general no retiene CO_2 a valores elevados, por este

motivo se reporta menor incidencia de blandos. También se puede indicar que el uso de bolsas ayuda a inhibir la actividad enzimática.

En la Figura 14 se reportan valores de deshidratación obtenidos en destino, el umbral de pérdida de peso es entre cinco y ocho por ciento, como lo mencionan Cantin *et al.* (2011) a partir de ese punto el producto pierde validez comercial y empiezan a notarse problemas de deshidratación y pudrición, por este motivo se observa mayor incidencia en el uso de AC.

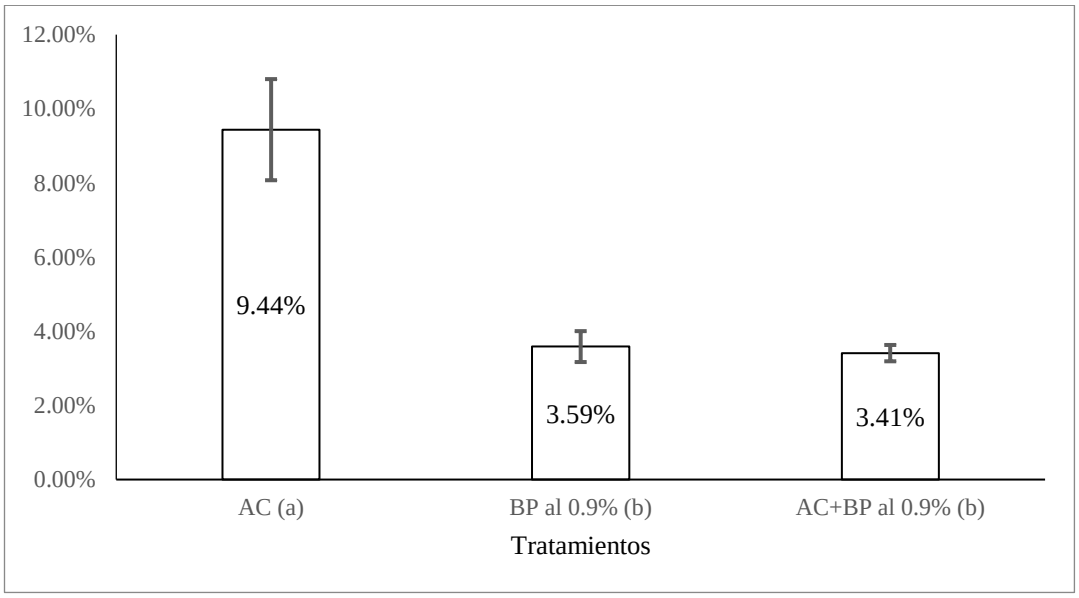

Figura 14: Porcentaje de deshidratación de las bayas en destino para los tratamientos: solo atmósfera controlada (a), bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b), atmósfera controlada más bolsas perforadas al 0,9 por ciento (b)

Defilipi *et al.* (2018) mencionan que existe relación entre la deshidratación visual con la pérdida de peso, al tener más de tres por ciento de pérdida de peso ya se puede observar síntomas muy leves de deshidratación, a un cinco por ciento de peso se observa deshidratación leve y a partir de siete por ciento ya se observa un marchitamiento moderado. Rodríguez *et al.* (2015) mencionan que la deshidratación de la baya se da mayormente cuando se tiene desgarro peduncular (en la Figura 15 se puede observar ese defecto), teniendo en cuenta que la gasificación ayuda a cerrar las cicatrices pequeñas de la baya. Escalona (2019) encontró menor pérdida de peso para bayas gasificadas.

Figura 15: Baya con deshidratación provocada por el desgarro peduncular

Paniagua *et al.* (2013) mencionan que existe relación entre la pérdida de peso, textura, deshidratación y pudrición; demostró que existe una pérdida de peso y de firmeza. El autor obtuvo una mejor firmeza cuando la fruta pierde menos del dos por ciento de peso, con una pérdida mayor al cuatro por ciento se puede observar deterioro en las bayas. Se evidenció esta relación en la presente investigación obteniendo mejores resultados para el uso de bolsas para todas las variables respuesta.

No se reportaron pudriciones en ninguno de los tratamientos debido a la concentración de CO_2. Kort *et al.* (2018) mencionan que el CO_2 es el principal inhibidor de microorganismos demostrando tener menor porcentaje de frutos podridos usando bolsas que logran tener una concentración cercana al 10 por ciento de CO_2. Por otro lado, Harb y Streif (2004) recomiendan trabajar con valores mayores a seis por ciento de CO_2 para poder inhibir la presencia de hongos.

Para los envíos a USA la mejor tecnología fue usar solo bolsas perforadas al 0,9 por ciento, ya que no se encontró diferencia significativa combinando bolsas con AC o solo aplicar AC. Escalona (2019) menciona que el uso de tecnologías combinadas ayuda a disminuir la pérdida de peso y reducir el aspecto visual de deshidratación. Por su parte Hancock *et al.* (2008) no encontraron diferencia significativa para el uso de AC en ocho variedades de fruta

al evaluar la prolongación de la vida útil, pero si encontraron diferencias con respecto a la relación sólidos solubles/acidez, aquellos con menor relación tienen una mayor vida útil.

En la actualidad, todos los envíos a USA son solo con bolsa perforada al 0,9%, con lo que se ha logrado disminuir el porcentaje de sobrepeso a tres por ciento, además de la deshidratación de las bayas.

4.4. APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se encuentra enmarcado dentro de las actividades realizadas por el Bachiller en Ciencias – Industrias Alimentarias en la empresa Agrovision Peru S.A.C., desempeñando el cargo de Jefe de Planificación y Gestión de la producción. La carrera de Industrias Alimentarias permite el correcto desenvolvimiento dentro de la empresa, tanto en conocimientos como en competencias adquiridas.

En el empaque de frutas y vegetales frescos se realizan actividades tales como: la planificación, selección y aprobación de materiales de embalajes, el cálculo y propuesta de mejora de capacidad de enfriamiento, almacenamiento y proceso de la planta, proyección de la necesidad de mano de obra, así como la elaboración y evaluación de indicadores de producción. Estas funciones se desempeñaron apropiadamente ya que se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, tal como se muestra en la Tabla 7.

Asimismo, en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se puso en práctica la evaluación de la vida útil del arándano fresco usando diferentes atmósferas, aplicando conocimientos específicos de técnicas de conservación de alimentos, estudio de vida útil, enfriamiento de frutas, así como fisiología vegetal, que guardan relación con las asignaturas mostradas en la Tabla 8.

Finalmente, el desarrollo de capacidades y competencias durante la carrera, tales como trabajo en equipo, comunicación, empatía y responsabilidad en el trabajo, entre otros, permitió un correcto desenvolvimiento del bachiller en el centro laboral, así como en la ejecución exitosa de las labores y actividades encomendadas.

Tabla 7: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral

Cursos	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Tecnología de Alimentos I	Conservación de Alimentos y manejo post cosecha de frutas y vegetales
Refrigeración y congelación de alimentos	Refrigeración de alimentos y sistemas de refrigeración.
Envases y embalajes	Envases y vida útil de frutas
Ingeniería de la producción	Elaboración de maestros de producción, planeamiento de la producción, gestión de inventarios, investigación operativa, control de la producción y Costeo de la producción.
Diseño de plantas	Cálculo de capacidades de producción, dimensionamiento de las instalaciones, Pronostico de producción y Calculo de mano de obra y equipos.
Gestión de la Calidad	Uso de las 7 herramientas de la calidad y Técnica Lean Manufacturing

Tabla 8: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados

Curso	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Tecnología de Alimentos 1	Conservación de alimentos y Fisiología Vegetal
Envases y embalajes	Estudio de vida útil de frutas
Refrigeración y congelación de alimentos	Enfriamiento de frutas

V. CONCLUSIONES

1. En origen el mejor tratamiento con relación a la pérdida de peso fue con bolsa sin perforaciones con una disminución de 1.43% a 45 días.

2. Para envíos a Europa, el uso de bolsa sin perforación tuvo mejores resultados que el uso de bolsas perforadas al 0,9 por ciento con respecto a pérdida de peso y porcentaje de fruta podrida; en los valores de textura y blandos no existieron diferencias significativas.

3. Para envíos a USA, se observó que el uso de bolsas perforadas al 0,9 por ciento tuvo mejor resultado que el uso de atmósfera controlada y el uso combinado de bolsas en AC, por lo que ésta fue elegida para su aplicación.

4. Para envíos a USA, no existe diferencia significativa entre el uso de bolsa perforada y el uso de bolsa perforada con atmósfera controlada.

VI. RECOMENDACIONES

- Se deben incluir más análisis fisicoquímicos, como medición de la relación sólidos solubles/acidez (índice de madurez), antioxidantes y tasa de respiración.

- Establecer una relación entre el porcentaje de perforación y la deshidratación de la baya.

- Evaluar la textura y deshidratación por calibres con el uso de bolsas.

- Evaluar el comportamiento de la fruta al inicio, intermedio y final de la cosecha, incluyendo en la evaluación el uso de testigo y tratamiento gasificado con anhidrido sulfuroso. Para evaluar el conteo de hongos usar cámaras húmedas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Ballesteros, L. (2016, 12 julio). Enfriamiento por aire forzado. GRUPO EDITORIAL PUNTUAL MEDIA. https://www.mundohvacr.com.mx/2013/06/enfriamiento-por-aire-forzado/.

Barreiro, J. & Sandoval, A. (2006). Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas. Equinoccio. Caracas, Venezuela. 343 p.

Bello, F., Almirón, N., Beltramini, N., Vázquez, D. (2012). Comportamiento postcosecha de variedades patentadas de arándanos cultivadas en Entre Ríos (Argentina). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 13: 31-36.

Bugatti, V., Cefola, M., Montemurro, N., Palumbo, M., Quintieri, L., Pace, B., & Gorrasi, G. (2020). Combined Effect of Active Packaging of Polyethylene Filled with a Nano-Carrier of Salicylate and Modified Atmosphere to Improve the Shelf Life of Fresh Blueberries. Nanomaterials, 10(12), 2513. https://doi.org/10.3390/nano10122513.

Cantín, C. M., Palou, L., Bremer, V., Michailides, T. J., & Crisosto, C. H. (2011). Evaluation of the use of sulfur dioxide to reduce postharvest losses on dark and green figs. Postharvest Biology and Technology, 59(2), 150–158.

Cantín, C., Minas, I., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G., Michailides, T. & Crisosto, C. (2012). Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO2-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. Postharvest Biology and Technology 67: 84-91.

Chen, H., Cao, S., Fang, X., Mu, H., Yang, H., Wang, X., Xu, Q., & Gao, H. (2015). Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest

blueberries during storage. Scientia Horticulturae, *188*, 44–48. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.018.

Chu, W., Gao, H., Chen, H., Fang, X., & Zheng, Y. (2018). Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit. *Food Chemistry*, *239*, 68–74. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.024.

Comité de Arándanos de Chile. (2018). Manuel de Gestión de Cosecha y Postcosecha en Arándanos: Técnicas de Manejo de cosecha y postcosecha que permiten un mejor resultado en la mantención de la calidad y condición de la fruta. Revisado el 26 de junio 2021. http://comitedearandanos.cl/wp-content/uploads/2019/12/Manual_Post_Cosecha_completo.pdf.

Corvera, L. (2020, 16 septiembre). Arándanos: pronostican exportaciones por US$1,054 millones en 2020/21. Redagrícola. https://www.redagricola.com/co/arandanos-pronostican-exportaciones-1054-millones-2020/.

De Domini, J., & Escobar, P. (2013). Optimización d proceso de empaque de Arándanos (Tesis de Pregrado). Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina.

De la Vega, J. C., Cañarejo, M. A., & Pinto, N. S. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión. Información tecnológica, 28(3), 75–86.

Defilippi, B. River, S. & Arriola, R. (2018). Aspectos claves para la obtención de un arándano de calidad. Biblioteca Horticultura. Serveis per la producció editorial SPE3. Valencia, España.

Defilippi, B., Robledo, P., & Becerra, C. (2013). Manejo de cosecha y postcosecha en arándano. En P. Undurraga & S. Vargas (Eds.), Manual del arándano (Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 263. ed., pp. 107–115). Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7627.

Escalona, V. (2019, 18 octubre). Compatibilidad de tecnologías de poscosecha en arándanos. *Redagrícola Perú*. https://www.redagricola.com/pe/compatibilidad-de-tecnologias-de-poscosecha-en-arandanos/.

Figueroa, D., Guerrero, J., & Bensch, T. (2010). Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en postcosecha de arándano alto (*Vaccinium corymbosum L.*), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliot durante la temporada 2005-2006. Idesia 28(2): 79-84.

GESTION. (2021, 27 marzo). Perú se mantuvo como primer exportador mundial de arándanos el 2020. Gestión. https://gestion.pe/economia/peru-se-mantuvo-como-primer-exportador-mundial-de-arandanos-en-2020-segun-adex-nndc-noticia/?ref=signwall.

Hancock, J., Callow, P., Serçe, S., Hanson, E., & Beaudry, R. (2008). Effect of Cultivar, Controlled Atmosphere Storage, and Fruit Ripeness on the Long-term Storage of Highbush Blueberries. HortTechnology, 18(2), 199–205. https://doi.org/10.21273/horttech.18.2.199.

Harb, J. & Streif, J. (2004). Controlled atmosphere storage of highbush blueberries cv. 'Duke'. European Journal of Horticultural Science 69: 66-72.

Inestroza-Lizardo, C., Voigt, V., Muniz, A. & Gomez-Gomez, H. (2016). Métodos de enfriamiento aplicables a frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 17 (2), 149-161.

INTAGRI. (2017). Atmósferas Controladas y Modificadas en Postcosecha. Serie Postcosecha y Comercialización. Núm. 13. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Koort, A., Moor, U., Põldma, P., Kaiser, C., & Starast, M. (2018). Comparison of Regular Atmospheric Storage versus Modified Atmospheric Packaging on Postharvest Quality of Organically Grown Lowbush and Half-Highbush Blueberries. Sustainability, 10(11), 3916. https://doi.org/10.3390/su10113916.

Mateo, S. (2014). Evaluación del tipo de caja en el tiempo de enfriado y presión de succión en un túnel de aire forzado en frutos de mandarina. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148119/Mateo-%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20tipo%20%282014%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAGRI-DGPA-DEEIA, & Romero, C. (2016, diciembre). El Arándano en el Perú y el Mundo – Producción, Comercio y Perspectivas 2016 (Primera Edición). MINAGRI - DEEIA. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf.

Moggia, C., Lobos, G., & Retamales, J. (2014). Modified atmosphere packaging in blueberries: effect of harvest time and moment of bag sealing. Acta Horticulturae, *1017*, 153–158. https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1017.16.

Ospina, S. M., & Cartagena, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Revista Lasallista de Investigación, 5(2), 112–123.

Paniagua, A., East, A., & Heyes, J. (2014). Interaction of temperature control deficiencies and atmosphere conditions during blueberry storage on quality outcomes. *Postharvest Biology and Technology*, *95*, 50–59.

Paniagua, A., East, A., Hindmarsh, J., & Heyes, J. (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. Postharvest Biology and Technology, 79, 13–19.

Rivera, S., Defilippi, B., & Robledo, P. (2014). Variabilidad en el metabolismo de distintas variedades de arándanos y su incidencia en los manejos de post cosecha. INIA – La Platina, Chile. http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2014/pdt_arandanos/postcosecha.htm. Recuperado 24 de junio del 2021.

http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2014/pdt_arandanos/postcosecha/Metabolismo_distintas_var_arandanos_Sebastian_Rivera_INIA_La_Platina.pdf.

Rodríguez Beraud, M., Wyss Valdés, A., & Hormazábal Vásquez, N. (2015). Evaluation of modified atmosphere bag and sulphur dioxide concentrations applied on highbush blueberries fruit (*Vaccinium corymbosum L.*) cv. Emerald. Scientia agropecuaria, 259–270.

Sandoval, K. (2016). Determinantes de la exportación de arándanos frescos en el Perú, periodo 2006 – 2015 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Santos, E., Yenque, J., Rojas, O. & Rosales, V. Acerca del ensayo de Dureza, Industrial DATA. 4(2): 73-80.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA, s.f.). Protocolo de Requisitos Fitosanitarios para la exportación de arándanos peruanos frescos a china, entre la administración general de supervisión de calidad, inspección y cuarentena de la República Popular China y el Ministerio de Agricultura y Riego de la República del Perú. MINAGRI.

Sistema Integrado de Comercio Exterior (SIICEX, s. f.). Ficha Comercial. Recuperado 24 de mayo de 2021, de https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfichaproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=0810400000.

Thompson, J.F. (2004). Pre-cooling and Storage Facilities. Department of Biological & Agricultural Engineering. University of California. USA. http://140.112.183.23/cea/reference/011precooling.pdf.

Valdés, Y. (2019). Medición de firmeza en arándanos: Validación de medidores de firmeza de bajo costo y de la percepción táctil. (Tesis Pregrado). Universidad de Talca. Chile

Zagory, D. (1997). Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce. Perishables Handling Newsletter Issue 90: 2-4.

Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., & Carlazara, G. (2013). Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14(2), 186–194. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81329290013.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DE LAS BOLSAS

StePac Xtend® Johnson Matthey

Technical Data Sheet for *Xtend*® 815-BL37/w/b for 1.5 Kg Blueberries

Xtend® 815-BL37/w/b for 1.5 Kg blueberries is a polyamide based transparent flexible packaging designed to provide optimum modified atmosphere for the produce item within, thereby prolonging storage and transportation life. The film is characterized by high clarity, excellent antifog properties and good printability and complies with food contact regulations (EEC/FDA) and standards 5113, 202/72/EC, 204/19/EC, 205/79/EC.

PROPERTY	Unit	VALUE	TOLERANCE	TEST METHODS
Layflat Width:	Millimeter (mm)	600	±2%	
Length:	Millimeter (mm)	400	±2%	
Thickness	Micrometer (µm)	20	±20%	
Seal strength	MPa	>14		ASTM-F88
Haze	%	<6		ASTM D 1003-95
Clarity	%	>97		ASTM D 2457-90
Product shelf life *	Months	24		

* Packaging should be stored between 15 to 25°C at all times before use. The relative humidity in the storage environment should be as low as practically possible.

StePac Approval	Customer Approval
Name: Gary Ward, Ph.D.	Company:
Position/title: CTO	Name:
Date: 25/06/2017	Position/title:
Signature:	Date:
	Signature:

Disclaimer: Since growing, harvesting, storing and shipping conditions vary widely among growers, regions and cultivators, StePac expressly disclaims any responsibility for the integrity and quality of produce and/or any other contents placed in the Xtend® packages or for damage thereto. Please follow StePac's recommendations for postharvest handling when using Xtend® packaging

www.suragra.com

FICHA TÉCNICA BOLSA CAMISA MACRO PERFORADA 0,9%

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Descripción:

Bolsa contenedora macro perforada 0,9%

Materia prima: Polietileno alta densidad y masterbach 100% virgen, aprobados por el FDA/USDA para envases en contacto con alimentos.

Impresión: Impresa con logos reciclable y porcentaje de ventilación, **Pull to tear away an display** en 950 x 650 y 1050 x 650 mm.

Código SAP 0,9%	BC10603	BC11003	BC12011	BC14011	BC15011
Medidas (mm)	600 x 400	750 x 550	850 x 550	950 x 650	1050 x 650
Uso recomendado caja	6 oz	30 x 40 cm	30 x 50 cm	40 x 50	40 x 60
Peso del Producto g	5,8	9,9	11,2	14,8	16,4
Tolerancia	+ / - 10%				
Impresión	Azul (0,9%)				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Espesor	12,0 μ +/- 1 μ				
Color	Transparente				
Diámetro Perforación	5 mm				
Cantidad Perforaciones	cada 4 cm(0,9%)				
EMBALAJE					
Bolsas por caja	1.000 unidades				
Peso Neto Kg. (Aprox.)	5,8 KN	9,9 KN	11,2 KN	14,8 KN	16,4 KN
Origen	China				

Avda. Las Acacias 681, San Bernardo, Chile - Tel. (52-2) 2854 3060
Chinchón 830, Of. 301, San Isidro, Lima 27, Perú - Tel. (51-1) 422 1699

ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DE DURÓMETRO BAXLO®

INSTRUMENTOS
DE MEDIDA Y PRECISION, S.L.

Baxlo

FABRICACION DE MICROMETROS, COMPARADORES, DUROMETROS PARA GOMAS, REPARACION Y RECONSTRUCCION DE TODA CLASE DE APARATOS DE MEDIDA Y PRECISION

- Los durómetros para frutas y hortalizas BAXLO permiten hacer mediciones no destructivas de frutas blandas que no deban ser atravesadas ni dañadas.

- **Principio de funcionamiento:**

Mediante el Durómetro para frutas y hortalizas BAXLO obtendremos una indicación válida del periodo más oportuno para la cosecha de la fruta así como del estado de maduración. Permite asimismo obtener una medida del estado de conservación frigorífica por medio del control de la evolución de la maduración.

La característica principal de nuestro instrumento es su carácter no destructivo, lo que permite realizar mediciones donde el penetrómetro clásico, instrumento destructivo, dañaría la fruta.

El identador no penetra en la piel de la fruta.

Para cada tipo de fruto u hortaliza existe un tipo diferente de durómetro.

Tipo de fruta	Medidas del identador
53505/FA: Melocotones, albaricoques, ciruelas	cilíndrico 0,1 cm^3
53505/FB: Cerezas, tomates	cilíndrico 0,25 cm^3
53505/FC: Fresas	cilíndrico 0,50 cm^3
53505/FD: Manzanas, aguacates, cebollas, papayas, peras, mangos, naranjas, nectarinas, pimientos, bananas, plátanos.	esférico Ø 5 mm
53505/FE: Zanahorias, pepinos, rábanos, nabos	esférico Ø 2,5 mm
53505/F0: Arándanos y uva.	esférico Ø 2,38 mm

- **Especificaciones técnicas:**

  - Rango de medición: de 0 a 100 unidades Shore.
  - Resolución: 1 unidad Shore.
  - Máximo error de medida: +/- 1 unidad Shore.
  - Fuerza máxima de medida: 820 gr.
  - Recorrido medición: 2,5 mm.
  - Dimensiones: 65 x 60 x 27 mm.
  - Peso: 210 gr.

- Se suministra con galga de comprobación para verificar la regulación del instrumento.

- Se presenta en estuche de madera junto con la galga de comprobación e instrucciones de uso.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y PRECISION, S.L.

ANEXO 3: DCA PARA LOS ENSAYOS EN ORIGEN CON 45 DÍAS EN ALMACENAMIENTO A 0 °C

ANOVA para la pérdida de peso

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Porcentaje de deshidratación Sin Bolsa	3	0.215919922	0.071973307	9.13635E-07
Porcentaje de deshidratación 0.9% Perforada	3	0.085653	0.028551	1.62873E-07
Porcentaje de deshidratación sin ventilación	3	0.042893	0.014297667	1.10166E-07

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Tratamiento	0.005415134	2	0.002707567	6844.9304	8.4079E-11	5.143253
Error	2.37335E-06	6	3.95558E-07			
Total	0.005417507	8				

Prueba de comparación LSD para pérdida de peso (α=0.05)

Muestras	Medias	Limite	
Porcentaje de deshidratación Sin Bolsa	7.20%	0.13%	a
Porcentaje de deshidratación 0.9% Perforada	2.86%	0.13%	b
Porcentaje de deshidratación sin ventilación	1.43%	0.13%	c

Medias con letra similar no son diferentes significativamente

ANEXO 4: DCA PARA LOS ENSAYOS DE EUROPA

ANOVA para la pérdida de peso

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.0783	0.0261	0.00001123
Sin ventilación	3	0.0302	0.01006667	2.29333E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	0.000386	1	0.0003856	57.02761	0.0016476	7.7086474
Dentro de los grupos	2.7E-05	4	6.7617E-06			
Total	0.000413	5				

ANOVA para los valores de textura

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Bolsas Perforada al 0.9%	3	202	67.3333333	6.33333333
Sin ventilación	3	212	70.6666667	1.33333333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	16.666667	1	16.66667	4.34782609	0.1054078	7.708647422
Dentro de los grupos	15.333333	4	3.833333			
Total	32	5				

ANOVA para los porcentajes de blando

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.1359	0.0453	0.00000343
Sin ventilación	3	0.1345	0.044833333	3.2903E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	3.26667E-07	1	3.26667E-07	0.017982	0.899803	7.7086474
Dentro de los grupos	7.26667E-05	4	1.81667E-05			
Total	7.29933E-05	5				

ANOVA para los porcentajes de pudrición

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.0032	0.00106667	3.3333E-09
Sin ventilación	3	0.002133	0.000711	1.0363E-08

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	1.8975E-07	1	1.8975E-07	27.7079	0.006238	7.708647
Dentro de los grupos	2.7393E-08	4	6.8482E-09			
Total	2.1714E-07	5				

ANEXO 5: DCA PARA LOS ENSAYOS DE USA

ANOVA para la pérdida de peso

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
AC	3	0.1222	0.04073333	1.0083E-05
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.057	0.019	0.00000108
AC+Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.0434	0.01446667	1.8013E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	0.001183	2	0.00059141	60.8102365	0.000103918	5.1432529
Dentro de los grupos	5.84E-05	6	9.7256E-06			
Total	0.001241	8				

ANOVA para los valores de textura

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
AC	3	177	59	1
Bolsas Perforada al 0.9%	3	208	69.33333333	0.33333333
AC+Bolsas Perforada al 0.9%	3	212	70.66666667	0.33333333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	244.66667	2	122.333333	220.2	2.4282E-06	5.14325285
Dentro de los grupos	3.3333333	6	0.55555556			
Total	248	8				

ANOVA para los porcentajes de blando

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
AC	3	0.58336	0.19445333	0.00032699
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.11316	0.03772	0.00011969
AC+Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.1533	0.0511	0.00002899

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	0.04529454	2	0.0226473	142.834	8.7055E-06	5.14325
Dentro de los grupos	0.00095134	6	0.0001586			
Total	0.04624588	8				

ANOVA para los porcentajes de deshidratación

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
AC	3	0.2831	0.09436667	0.00018594
Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.1076	0.03586667	1.7373E-05
AC+Bolsas Perforada al 0.9%	3	0.1023	0.0341	0.00000484

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	0.00705744	2	0.00352872	50.8567	0.00017284	5.1432529
Dentro de los grupos	0.00041631	6	6.9386E-05			
Total	0.00747376	8				

Prueba de comparación LSD para los envíos a USA (α=0,05)

	Pérdida de peso			Textura			Blando			Deshidratación		
Tratamiento	Media	Limite		Media	Limite		Media	Limite		Media	Limite	
AC	4.07%	0.62%	a	59.0	1.49	a	19.45%	2.5%	a	9.44%	1.7%	a
Bolsas Perforada al 0.9%	1.90%	0.62%	b	69.3	1.49	b	3.77%	2.5%	b	3.59%	1.7%	b
AC+Bolsas Perforada al 0.9%	1.45%	0.62%	c	70.7	1.49	c	5.11%	2.5%	c	3.41%	1.7%	c

Medias con letra b y c no son diferentes significativamente