

**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE EMPAQUE BAJO ATMOSFERAS  
MODIFICADAS (MAP) EN LA CONSERVACIÓN Y VIDA ÚTIL DE ARVEJA  
(*Pisum sativum* L.) VARIEDAD OBONUCO ANDINA**

**JUAN DAVID VALLEJO CHUGA**

**ALVARO ALVEIRO VELASCO MENA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**SAN JUAN DE PASTO-COLOMBIA**

**2015**

**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE EMPAQUE BAJO ATMOSFERAS  
MODIFICADAS (MAP) EN LA CONSERVACIÓN Y VIDA ÚTIL DE ARVEJA  
(*Pisum sativum* L.) VARIEDAD OBONUCO ANDINA**

**JUAN DAVID VALLEJO CHUGA**

**ALVARO ALVEIRO VELASCO MENA**

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:**

**Ingeniero Agroindustrial**

**Director:**

**Ph.D. William Albarracín Hernández**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**SAN JUAN DE PASTO-COLOMBIA**

**2015**

### **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

M.Sc, DIEGO FERNANDO MEJIA ESPAÑA

Jurado

---

Ing. LAURA INES LATORRE VASQUEZ

Jurado

San Juan de Pasto, 01 de Septiembre de 2015.

## **DEDICATORIA**

Al haber alcanzado este triunfo en mi vida, dedico este trabajo en primer lugar a Dios por ser mi fortaleza y mi guía, a mis padres Rosa Mena y Jairo Velasco, a mis hermanos Vanesa y Carlos por apoyarme en todo lo posible con su esfuerzo y amor en mis triunfos y fracasos, a mis hijos Nicoll y Samuel por ser mi fuerza y fortaleza que me impulsa cada día y al amor de mi vida Erika Rosero que siempre ha estado conmigo en todo momento.

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma lograron que alcanzara mi título profesional y me siento muy agradecido con mi tía Carmela Velasco que ha estado en cada paso de mi carrera.

Alvaro Velasco Mena.

## **DEDICATORIA**

A Dios por todas sus bendiciones que permitieron culminar mi carrera profesional.

A mi madre Irma Nelly Chuga Villota por su amor, consejos y su apoyo incondicional. A mi padre Jorge Enrique Vallejo por sus consejos, dedicación paciencia y tiempo dedicado para poder hacer este sueño posible.

A mis hermanos Iván Darío Vallejo y Yadira Viviana Vallejo por su apoyo y sus consejos.

A mi novia Diana Patricia Puerres por ser una persona incondicional, tiempo, paciencia y por regalarme el amor de mi vida mi hija Laura Sofía Vallejo a quien le agradezco por regalarme los mejores momentos a su lado, por quien luche día a día por hacer este sueño posible.

A mis amigos y a todas esas personas que de una u otra manera hicieron este sueño posible.

**JUAN DAVID VALLEJO CHUGA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a:

La Vicerrectoría de Investigaciones, Posgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) de la Universidad de Nariño por la financiación de este trabajo de investigación.

Grupo de Investigación GAIDA por facilitar la utilización de los equipos del laboratorio de investigación en conservación y calidad de alimentos y al grupo de investigación BIOTA por la colaboración brindada.

M.Sc. Diego Mejía España por su apoyo, colaboración y aportes desde el inicio del proyecto de investigación y en el desarrollo del trabajo de grado.

Ing. Laura Inés Latorre por su asesoría y colaboración brindada en el desarrollo de la investigación.

M.Sc. Andrés Felipe Cerón por sus recomendaciones, correcciones y asesoría brindada.

PH.D. William Albarracín Hernández por su apoyo, dirección y colaboración para hacer posible que esta investigación haya culminado con éxito.

Biol. Alexandra Jojoa por su ayuda en la caracterización microbiológica y asesoría brindada.

A las personas que de alguna manera colaboraron en la realización y culminación de este trabajo de grado.

**CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	24
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
2. JUSTIFICACIÓN.....	28
3. ESTADO DEL ARTE .....	30
3.1 Generalidades de la arveja ( <i>pisum sativum</i> l.).....	30
3.1.1 Variedad Obonuco Andina .....	30
3.1.2 Valor nutricional.....	32
3.1.3 Deterioro .....	33
3.2 Fundamentos Teóricos.....	34
3.2.1 Atmósferas protectoras .....	34
3.2.2 Gases utilizados en atmósfera modificada.....	36
3.2.3 Vida útil .....	43
3.3 Antecedentes del tema.....	45
3.3.1 Aspectos generales.....	45
3.3.2 Uso de MAP en arveja.....	47
3.3.3 Uso de MAP en algunas frutas y verduras.....	48

4. OBJETIVOS.....	50
4.1 Objetivo general .....	50
4.2 Objetivos específicos.....	50
5. METODOLÓGIA.....	51
5.1 Lugar de la investigación y operaciones preliminares 51	
5.1.1 Localización.....	51
5.1.2 Materia prima.....	51
5.1.3 Limpieza y selección de materia prima .....	52
5.1.4 Desinfección de materia prima .....	53
5.2 Envasado del material vegetal.....	54
5.2.1 Envasado sin modificación de la atmosfera (Blanco).....	55
5.2.2 Envasado en atmosfera modificada (MAP).....	55
5.3 Almacenamiento de las muestras .....	56
5.4 Diseño experimental.....	56
5.4.1 Evaluación fisicoquímica.....	57
5.4.2 Evaluación sensorial .....	58
5.4.3 Análisis de datos .....	59
5.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas .....	59
5.5.1 Índice de respiración.....	59
5.5.2 Índice de transpiración.....	60

5.5.3 Contenido de humedad .....	61
5.5.4 Determinación del contenido de clorofila.....	61
5.5.5 Parámetro de color a* .....	62
5.5.6 Textura.....	63
5.5.7 Acidez titulable .....	63
5.5.8 Actividad acuosa (Aw) .....	64
5.5.9 Ácido Ascórbico .....	64
5.6 Determinación de las características sensoriales.....	65
5.7 Determinación de las constantes cinéticas de velocidad de deterioro (k) en función de los atributos de calidad .....	68
5.8 Identificación de agentes microbiológicos en el periodo de análisis .....	68
5.8.1 Determinación de la presencia de Bacterias. ....	69
5.8.2 Determinación de la presencia de Hongos.....	70
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
6.1 Comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y cinéticas de deterioro de la arveja en su almacenamiento.....	71
6.1.1. Índice de respiración.....	71
6.1.2. Comportamiento en el tiempo del índice de transpiración .....	77
6.1.3. Comportamiento en el tiempo del contenido de humedad .....	80
6.1.4. Comportamiento en el tiempo del contenido de clorofila.....	82

6.1.5. Comportamiento en el tiempo del parámetro de color a* .....	85
6.1.6 Comportamiento en el tiempo de la firmeza.....	87
6.1.7 Comportamiento en el tiempo de acidez titulable .....	90
6.1.8 Comportamiento en el tiempo del ácido ascórbico.....	92
6.1.9 Comportamiento en el tiempo de actividad acuosa (aw).....	94
6.2 Análisis sensorial de la arveja durante el periodo de almacenamiento .....	97
6.3 Estimación de vida la vida útil de la arveja en almacenamiento.....	101
6.4 Evaluación del efecto del almacenamiento de arveja sobre su calidad microbiológica.....	103
7. CONCLUSIONES.....	108
8. RECOMENDACIONES .....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	110
ANEXOS .....	128

**LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características generales de arveja variedad Obonuco Andina.....	31
Tabla 2. Características del grano en cosecha variedad Obonuco Andina. ....	32
Tabla 3. Análisis proximal de la arveja variedad Obonuco Andina .....	33
Tabla 4. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar.....	37
Tabla 5. Características de los principales gases utilizados en MAP .....	38
Tabla 6. Efectos del empobrecimiento de CO <sub>2</sub> en MAP .....	40
Tabla 7. Efectos del empobrecimiento de O <sub>2</sub> en MAP.....	41
Tabla 8. Dimensiones representativas de arveja variedad Obonuco Andina.....	52
Tabla 9. Características del empaque utilizado .....	54
Tabla 10. Identificación de variables y sus niveles .....	57
Tabla 11. Matriz de diseño experimental.....	57
Tabla 12. Siglas Tratamientos .....	58
Tabla 13. Valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos.....	71
Tabla 14. Índice de respiración acumulada en mg CO <sub>2</sub> /kg*h de arveja a dos temperaturas de almacenamiento .....	72
Tabla 15. Parámetros cinéticos, para el índice de transpiración.....	79
Tabla 16. Parámetros cinéticos para el porcentaje de humedad. ....	82
Tabla 17. Parámetros cinéticos para el contenido de clorofila. ....	85
Tabla 18. Parámetros cinéticos para el parámetro de color a* .....	87
Tabla 19. Parámetros cinéticos para el cambio de firmeza.....	90
Tabla 20. Parámetros cinéticos para acidez titulable.....	92

Tabla 21.	Parámetros cinéticos de contenido de ácido ascórbico.....	94
Tabla 22.	Parámetros cinéticos para actividad acuosa.....	96
Tabla 23.	Valores iniciales del análisis sensorial .....	97
Tabla 24.	Parámetro cinéticos y bondad de ajuste del modelo exponencial en relación al comportamiento de color $a^*$ . .....	102
Tabla 25.	Estimación de vida útil en relación al parámetro de calidad $a^*$ .....	103
Tabla 26.	Presencia de microorganismo en los días .....	103
Tabla 27.	Análisis microbiológico de muestras empacadas día 21 .....	107

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Características fisiológicas de arveja variedad Obonuco Andina .....	32
Figura 2. Variación de un índice de calidad en función del tiempo, de acuerdo con la cinética de orden cero, primero y segundo.....	44
Figura 3. Modelo de encuesta para análisis sensorial.....	67
Figura 4. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro color según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. *Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15% .....	98
Figura 5. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro olor según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. *Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15% .....	99
Figura 6. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro sabor según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. *Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15% .....	100

**LISTA DE IMÁGENES**

	<b>Pág.</b>
Imagen 1. Material vegetal utilizado en la investigación .....	51
Imagen 2. Limpieza y Selección .....	53
Imagen 3. Desinfección por aspersion.....	53
Imagen 4. Pesaje de materia prima.....	54
Imagen 5. Características fisiológicas de arveja variedad Obonuco Andina .....	55
Imagen 6. Empacado en atmosfera modificada (AM).....	56
Imagen 7. Almacenamiento en nevera 4°C y temperatura ambiente 18°C .....	56
Imagen 8. Determinación de la tasa de respiración.....	60
Imagen 9. Determinación del Índice de Transpiración.....	61
Imagen 10. Determinación de Humedad. Equipo KERN y Sohn GmbH.....	61
Imagen 11. Determinación de clorofila .....	62
Imagen 12. Determinación de Color. Equipo CM5-Konica minolta.....	62
Imagen 13. Determinación de firmeza. Texturómetro TX1 LLOYD ls1 .....	63
Imagen 14. Determinación de acidez por titulación .....	64
Imagen 15. Determinación de Aw. Equipo HYGROLAB .....	64
Imagen 16. Determinación de Ácido ascórbico. Equipo WATER 1525 binary HPLC Pump con detector de arreglo de diodos.....	65
Imagen 17. Análisis sensorial.....	66
Imagen 18. Cocción de la muestra para análisis sensorial .....	67
Imagen 19. Siembra en estrías .....	69
Imagen 20. Tinción de Gram.....	69

Imagen 21. Muestra de hongo a analizar .....	70
Imagen 22. Arveja empacada sin modificación atmosférica (Gas 3) .....	74
Imagen 23. Presencia de Bacillus sp y cocos Gram positivos .....	105
Imagen 24. Presencia de Aspergillus .....	106
Imagen 25. Presencia de Colletotrichum .....	106

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Índice de respiración acumulado en el tiempo. a) Tratamientos almacenados a 18 ° C; b) Tratamientos almacenados a 4°C.....	73
Gráfico 2. Comportamiento cinético del índice de transpiración en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.....	78
Gráfico 3. Comportamiento cinético del porcentaje de humedad en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.....	80
Gráfico 4. Comportamiento cinético del contenido de clorofila en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.....	83
Gráfico 5. Comportamiento cinético del parámetro de color a* en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.....	86
Gráfico 6. Comportamiento cinético de firmeza en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.....	88

Gráfico 7. Comportamiento cinético de acidez titulable en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C..... 91

Gráfico 8. Comportamiento cinético del ácido ascórbico en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C..... 93

Gráfico 9. Comportamiento cinético de Aw en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C..... 95

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ficha técnica empaque empleado en la investigación.....	129
Anexo B. Análisis Bromatológico a una muestra de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.). Laboratorios Especializados Universidad de Nariño. ....	130
Anexo C. Análisis Microbiológicos a una muestra de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.). Laboratorios Especializados Universidad de Nariño. ....	131

## RESUMEN

En Colombia la arveja (*Pisum Sativum* L.) es una de las leguminosas de mayor importancia en especial en el Sur del país, siendo el departamento de Nariño el mayor productor. No obstante, el bajo nivel de transformación Agroindustrial genera pérdidas del total cosechado. Una alternativa para reducir esta problemática es la utilización del envasado en atmosferas modificadas (MAP) que conserva con éxito la calidad organoléptica de los alimentos, prolongando el período de almacenamiento y mejora su conservación a través de un mínimo procesamiento.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del envasado en atmosfera modificada sobre algunas propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la arveja variedad Obonuco Andina.

Cada unidad experimental se constituyó por  $200 \pm 2$  g de producto envasados por 19 y 21 días. El envase empleado fue polietileno de baja densidad (PLDE)/poliamida (Nylon). Se utilizó un diseño factorial multinivel categórico donde se evaluó el efecto de los factores mezcla de gas (3 niveles) y la temperatura en dos niveles 4 y 18°C sobre cada variable de respuesta. Las mezclas de gas empleadas fueron: 5,21% Oxígeno; 15,70% dióxido de carbono (G1) y 10,88% oxígeno; 10,68% dióxido de carbono (G2) en balance con Nitrógeno y una atmosfera normal – control (G3); tomando como parámetro de evaluación la constante cinética de velocidad de reacción (K) para cada una de las propiedades fisicoquímicas analizadas.

Los resultados obtenidos indican que el tiempo de vida útil utilizando el parámetro de calidad color como factor de aceptabilidad por parte del consumidor a una temperatura de almacenamiento de 4°C con la mezcla de gas G2, de acuerdo a la estimación de vida útil conserva por 30,5 días a diferencia del tratamiento a condiciones normales (G3) de 7,2

días. No obstante, los demás parámetros fisicoquímicos inciden en tal determinación. La baja permeabilidad del empaque promueve la formación de ácido carbónico que disminuye la firmeza en los tratamientos en MAP en un porcentaje de  $2,25 \pm 0,38$  (T4) y  $1,34 \pm 0,23$  (T6) en comparación al valor inicial de 51.4 N.

**Palabras Claves:** mezcla de gas, conservación, deterioro, efecto.

**ABSTRACT**

In Colombia the pea (*Pisum sativum* L.) is one of the most important legumes especially in the South of the country, the department of Nariño being the largest producer. However, the low level of agricultural processing generates losses of the total harvest. An alternative to reduce this problem is the use of modified atmosphere packaging (MAP) successfully retaining the organoleptic quality of food, prolonging the shelf life and improve its conservation through minimal processing.

The aim of this study was to evaluate the effect of modified atmosphere packaging on some physico-chemical, microbiological and sensory properties of the pea variety Obonuco Andina.

Each experimental unit is constituted by  $200 \pm 2$  g of packaged product 19 and 21 days. The container used was low density polyethylene (ASK) / polyamide (Nylon). A categorical multi factorial design where the effect of factors gas mixture (3 levels) and temperature was evaluated two levels 4 and 18 ° C was used on each response variable. The gas mixtures used were: 5.21% oxygen; 15.70% carbon dioxide (G1) and 10.88% oxygen; 10.68% carbon dioxide (G2) in balance with nitrogen and normal atmosphere - Control (G3); taking as evaluation parameter constant rate of reaction kinetics (K) for each of the physicochemical properties analyzed.

The results obtained show that the lifetime parameter using the color and quality factor of acceptability by the consumer to a storage temperature of 4 ° C with the gas mixture G2, according to the lifetime estimation conserved 30.5 days of treatment unlike normal (G3) 7.2 days. However, other physical and chemical parameters affecting the determination. The low permeability of the packaging promotes the formation of carbonic acid that decreases the firmness MAP treatments at a rate of  $2.25 \pm 0.38$  (T4) and  $1.34 \pm$

0.23 (T6) compared to baseline 51.4 N.

**Keywords:** gas mixture, conservation, damage, effect.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la arveja (*Pisum sativum* L.) es uno de los principales cultivos comestibles (Amarakoon *et al.*, 2012). Su producción ocupa el cuarto lugar en la familia de las leguminosas después de la soja, maní y frijol (Ratnayake *et al.*, 2001; Villalobos *et al.*, 2013). Esta leguminosa juega un papel importante en la nutrición humana como una fuente de proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y otros nutrientes, convirtiéndose en una fuente alternativa a la soja además de ser muy aceptada gracias a su sabor y consistencia (Maninder *et al.*, 2007; SIPSA, 2013; Laudadio & Tufarelli, 2010).

En Colombia, la producción se concentra en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá, que suman más del 80% de la producción total del país (DANE-SIPSA, 2013).

En Nariño, la producción de arveja se ha incrementado notoriamente especialmente en las regiones cerealistas del sur del departamento, con una tasa de crecimiento anual del 10,4 % desde el año 2011 y una participación del 51,63 % para el año 2014 ubicándose como el primer productor de arveja en el país hasta el momento (Agronet, 2015; Cerón *et al.*, 2015).

No obstante, a lo largo de la cadena de comercialización, se presentan diversos factores que generan pérdidas poscosecha que a su vez se traducen tanto en pérdida de calidad como en reducción drástica del tiempo de comercialización. Dichas pérdidas se generan por los altos volúmenes de manejo, falta de tecnologías de conservación y tiempo prolongados en la comercialización, causando por diferentes fenómenos de origen físico, biológico y microbiológico (Masseo *et al.*, 2006), disminuyendo el valor de la arveja a lo largo de su cadena comercial.

Debido al carácter perecedero de esta leguminosa, es necesario de un manejo

tecnológico que garantice el tiempo de comercialización después de la cosecha sin que su calidad se pierda. En este sentido, la utilización de atmósferas modificadas (MAP) esta alcanzado gran relevancia ya que permite reducir el deterioro de frutas y verduras, prolongando la conservación, mediante la inhibición o ralentización de procesos químicos y biológicos que determinan su deterioro (Nicolais *et al.* 2011). Considerando lo anterior, se plantea la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de la tecnología de envasado en atmósferas modificadas MAP en arveja (*Pisum sativum* L.) de la variedad Obonuco Andina sobre algunas propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de la arveja es de gran importancia económica y social, debido a que es catalogado como una de las actividades agrícolas que genera más entradas económicas a este sector y ha contribuido a la seguridad alimentaria (Castaño y Pabón, 2012). Se estima que de este cultivo dependen más de 26.000 productores, genera alrededor de 2,3 millones de jornales y unos 15.000 empleos directos (Fenalce, 2010).

En el departamento de Nariño, este cultivo adquiere día a día mayor importancia debido a su fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales, su influencia en el mejoramiento de los suelos y la incidencia en la calidad de la dieta alimenticia en los hogares (Fenalce, 2010). La producción agrícola se concentra en las zonas altas del departamento y de clima frío, a una altura entre los 1.800 y los 2.800 msnm, caracterizándose por su alto nivel de tolerancia a las bajas temperaturas (Casanova *et al.*, 2012). La producción de arveja en Nariño es significativa y su cultivo es uno de los más importantes considerando sus potencialidades y volúmenes de producción (Osorio & Castaño, 2011). Así lo sostiene el SGR y lo enmarca el Conpes Agropecuario 3811 para el departamento de Nariño.

Por otra parte, se tiene que el departamento presenta un incipiente manejo poscosecha y un nulo nivel de procesamiento industrial (Fenalce, 2010). Se calcula que el 90% de los productores no generan valor agregado a sus productos, estos se venden en condiciones básicas de aceptación en mercados locales y regionales, lo cual ha ocasionado pérdidas de hasta un 42.1% del total de la producción (Osorio *et al.*, 2015).

Es de destacar que las investigaciones desarrolladas hasta el momento en el país, se han enfocado a la obtención de nuevos materiales, uso de tutorado y al manejo del cultivo (Cerón *et al.*, 2015), sin tener en cuenta que en su poscosecha es susceptible de deterioro

(Ramírez, 2006). Es entonces que la búsqueda de un material con buenos rendimientos en el cultivo no garantiza que tenga el mismo valor en calidad al final de su comercialización si no se realiza algún tipo de tratamiento que genere valor agregado a la arveja luego de su cosecha. Es así como surge la necesidad de evaluar la aptitud agroindustrial de la variedad en estudio producida regionalmente por medio de la aplicación de atmosfera modificada, considerando las condiciones de almacenamiento y los cambios generados para finalmente consolidar resultados de relevancia en el campo científico.

El problema radica, en la falta de agroindustrialización e investigaciones relacionadas con tecnologías de conservación que no exigen aplicación de procesos térmicos ni químicos, así mismo de las condiciones más adecuadas para el procesamiento de las variedades de arveja producidas en Nariño y comercializadas en gran parte de Colombia.

Es así como el presente estudio se basa en el aprovechamiento de las tecnologías del sector agroindustrial para la conservación de la arveja en estado fresco. Diversos estudios sugieren que la aplicación de la tecnología de envasado en atmosfera modificada es importante para prolongar el período de almacenamiento y mejorar la calidad de productos hortofrutícolas durante su transporte y comercialización. Además, esta tecnología es una buena opción para almacenar por un período más largo de tiempo, genera una mejor presentación del producto sin cambiar su calidad (Mangaraj *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2004). Respecto a lo anterior y con el propósito de contribuir con el desarrollo de técnicas de conservación de alimentos, con este trabajo se respondió la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué efecto presentara el uso de atmosfera modificada en la arveja variedad Obonuco andina sobre algunas propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas durante el almacenamiento?

## 2. JUSTIFICACIÓN

La posición geográfica de Nariño y su disponibilidad de recursos le han otorgado al departamento un reconocimiento en el mercado nacional de productos frescos con gran potencial agroindustrial. En el caso de la arveja, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural destaca el nivel productivo de la región con una participación del 53,61 % de una producción total de 55.302 toneladas para el año 2014 y su papel como abastecedor de las centrales de abastos de importantes ciudades del país (Agronet, 2015; Sipsa, 2014).

Ahora bien, como ya se ha mencionado la arveja se comercializa en estado fresco en más de 30 mercados mayoristas a nivel nacional, lo que revela su amplio consumo (Padilla T. y Zurita V., 2015). Es un producto que tiene una amplia demanda y es distribuida en gran número de mercados y es uno de los productos agrícolas más importantes para la región (SIPSA, 2013).

Debido a los altos índices de producción y en respuesta a los nuevos hábitos de consumo la industria agroalimentaria ha implementado paulatinamente tecnologías de producción y conservación que garantizan la calidad higiénica de los alimentos y prolonguen su vida útil minimizando las alteraciones en los mismos, es así como se han desarrollado sistemas de envasado bajo atmósfera modificada que mantengan las características naturales del producto (AM Herrero, 2006), siendo de importante interés pues la arveja se comercializa en el departamento principalmente en estado fresco.

Diversas investigaciones respaldan el uso de atmosferas modificadas como método de conservación que retarda los procesos metabólicos de frutas y verduras, mejorando su calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial (Erkan & Eskİ, 2012). Es así como se puede obtener productos mínimamente procesados, sin recurrir a procesos térmicos bruscos que alteren componentes esenciales (Hernández *et al.*, 2014; Sandhya, 2010). De igual

forma es importante evaluar su efecto en relación a características fisicoquímicas y microbiológicas ajustadas a un análisis sensorial. Esta información será útil para determinar el tiempo de vida útil en las condiciones de almacenamiento predefinidas.

Es así como el proyecto pretende con sus resultados fortalecer el sector productivo e industrial a través del mejoramiento de procesos para la industrialización de productos frescos. De la misma forma se beneficiará la academia y el sector implicado puesto que se podría implementar para preservar las características deseables del producto durante un periodo más amplio de almacenamiento.

La innovación del presente proyecto radica en determinar las características que se ven favorecidas en el envasado en atmósfera modificada para arveja en grano verde de la variedad Obonuco Andina, siendo esta una de las más representativas a nivel departamental y de gran importancia para el desarrollo económico de los campesinos. Que una vez definido las condiciones de envasado se fortalecerán las bases de estudio de la agroindustria de arveja y en cierto modo se potencializaría aún más el sector productivo e industrial, generando empleo, incentivando el incremento en la productividad agrícola, desarrollo tecnológico y empresarial de la región.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Generalidades de la arveja (*pisum sativum* L.)

Pertenece a la familia de las leguminosas, es también conocida como alverja o guisante verde, guisante amarillo y guisante de jardín (Ratnayake *et al.*, 2001); tiene múltiples usos, incluyendo la alimentación humana y concentrados para animales (Timerman-Vaughan *et al.*, 2004). Está clasificada como una verdura no climatérica, con una alta tasa respiratoria después del brócoli en vegetales (Day, 1993). Es una leguminosa muy apreciada y valorada por su calidad nutricional y el aporte a la salud de los consumidores, se consume fresca o verde y también en estado seco.

Se perfiló como cultivo alternativo para la sustitución de cereales que han dejado de ser competitivos, como cebada, trigo y maíz, o en rotación de cultivos como papa, dados los beneficios económicos y edáficos propios de las leguminosas (Pacheco *et al.*, 2009). La arveja se constituye en una buena alternativa de diversificación en la zona triguera de Nariño, por su capacidad de adaptación, alto potencial de rendimiento y por la posibilidad de realizar la cosecha en vaina verde o en grano seco, dependiendo de las condiciones del mercado (Casanova *et al.*, 2012).

##### 3.1.1 Variedad Obonuco Andina

Se caracteriza por la resistencia a Antracnosis y Ascochyta, su alto rendimiento de grano verde y grano seco para la producción de semilla en el sistema de siembra de enmallado o tutorado y el tiempo prolongado de permanencia del grano verde en exposición, sin oxidarse ni germinarse. Se destaca su adaptación en los municipios ubicados en la cuenca media del Río Guaitara entre los 2.600 a 2.900 msnm y buena calidad física y fisiológica del grano en estado verde para comercialización (Campuzano *et al.*, 2002).

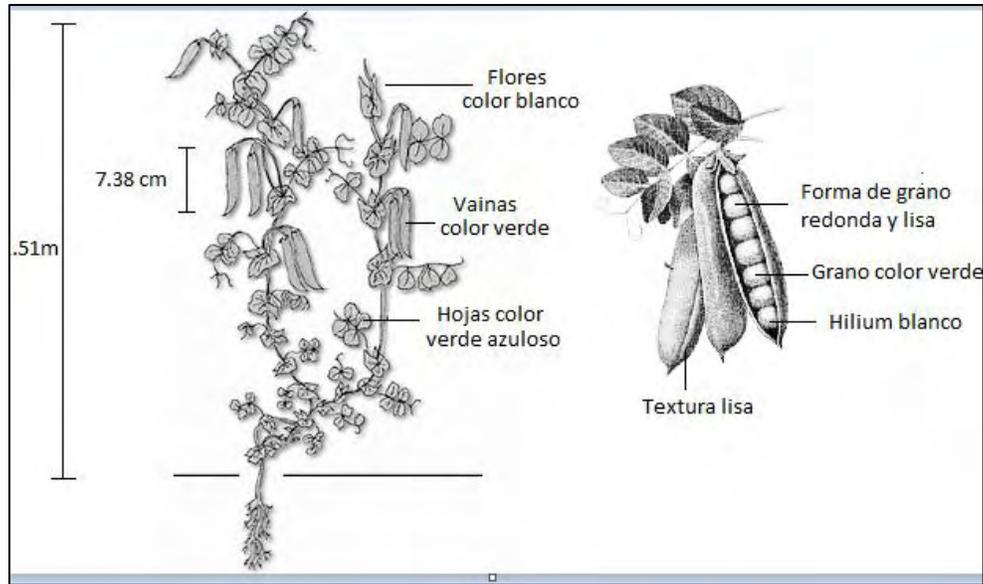
En la tabla y figura 1 se muestra la características generales de la arveja, variedad Obonuco Andina y en la tabla 2 las del grano a tiempo de cosecha.

**Tabla 1.**

**Características generales de arveja variedad Obonuco Andina**

<b>REFERENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Registro Número</b>	ARV – 06 – 05
<b>Nombre Botánico</b>	<i>Pisum sativum</i> L.
<b>Nombre Experimental</b>	OBO-AR-018
<b>Genealogía</b>	Línea 48 x Línea EE.UU.
<b>Metodología de obtención</b>	Método genealógico o de pedigrí.
<b>Creador</b>	CORPOICA. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
<b>Responsables del Registro</b>	CORPOICA y Universidad de Nariño
<b>Especialistas</b>	Oscar Checa Coral., I.A. Ph.D. Funcionarios CORPOICA Luis Fernando Campuzano D., I.A. Ph. D. Jaime Benavides P. I.A. M.Sc. y Bayardo Yepes Ch. I.A.
<b>Adaptación</b>	Región Andina, departamento de Nariño, municipios de la cuenca media del río Guátara, altitud 2.600 a 2.900 msnm.

Fuente: (Campuzano *et al.*, 2002)



**Figura 1. Características fisiológicas de arveja variedad Obonuco Andina**

Fuente: (Campuzano *et al.*, 2002).

**Tabla 2.**

**Características del grano en cosecha variedad Obonuco Andina.**

Característica	Descripción
Forma de grano	Redonda y Lisa
Color de grano	Verde
Textura	Lisa
Color Hilium	Blanco

Fuente: (Campuzano *et al.*, 2002)

### 3.1.2 Valor nutricional

Es un alimento importante gracias a su aporte proteico de 8,9 % y 22,5 % respecto de la porción comestible, en grano verde y seco respectivamente (Pacheco *et al.*, 2011; Shand *et al.*, 2007), además de ser una fuente de vitaminas como la B1, aminoácidos, carbohidratos (50-60 %), lípidos (1,5-3,7 %) y minerales como calcio, hierro, fósforo,

potasio y sodio (Ligarreto & Ospina, 2009; Ratnayake *et al.*, 2001). Cuando se consumen frescas o refrigeradas, suministran tiamina y hierro (Fenalce, 2010). Se estima que en 100 g de parte comestible, aporta un total de 82 calorías (Bariffi, 2007; Ligarreto & Ospina, 2009).

Es uno de los productos que mayor cantidad de carbohidratos entrega por unidad de peso destacándose como fuente importante de sacarosa y aminoácidos, incluyendo Lisina. Se pueden consumir frescas o secas presentando algunas diferencias significativas respecto a su contenido en nutrientes. Las frescas son mucho más dulces y sabrosas, y contienen mucha más agua que las secas, pero menos proteínas, grasas e hidratos de carbono, (Alasino *et al.*, 2008; Iregui & Cuesta, 2007; Willis, Evans, Lim, Scriven, & Greenfield, 1984).

En la tabla 3 se muestra el análisis proximal realizado al material vegetal utilizado en la investigación.

**Tabla 3.**

**Análisis proximal de la arveja variedad Obonuco Andina**

<b>Parámetro</b>	<b>Base húmeda (g/100g)</b>
Materia Seca	39,44
Ceniza	0,93
Extracto etéreo	0,5
Fibra cruda	3,15
Proteína	9,23
Extracto no Nitrogenado	25,63
Almidón	10,6

Fuente: Esta investigación

**3.1.3 Deterioro**

Como muchos otros productos hortícolas, tiene un período de poscosecha

relativamente corto, debido a que en estado fresco es un producto altamente perecedero a temperatura ambiente por lo que su vida útil en estas condiciones no supera los ocho (8) días de almacenamiento, sin embargo, pueden ser mantenidas frescas a baja temperatura por un par de semanas (Fenalce, 2006; Mera & Kehr, 2007). Al ser un alimento perecedero dentro del grupo de las verduras, la arveja se deteriora por la presencia de aire debido al efecto de la química atmosférica, así como la degradación microbiológica, por lo que se afecta la calidad del producto en su comercialización.

Por procesos metabólicos, presenta cambios de color, en la acidez, pérdida de clorofila, astringencia y dulzor, cambios en el contenido de ácido ascórbico, azúcares, compuestos volátiles y cambios en la textura (Terranova, 1995). Además es muy sensible a sufrir contaminación por hongos en el cultivo como en su almacenamiento (Checa *et al.*, 2012).

Entre los agentes de deterioro del producto, se encuentra la acción enzimática, las pérdida de peso y la descomposición por hongos, los cuales son factores dominantes que limitan la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas (Özdemir *et al.*, 2010; Ramirez, 2012).

## **3.2 Fundamentos Teóricos**

### **3.2.1 Atmósferas protectoras**

Es una atmósfera con una composición de gases diferente a la del aire, tienen como objetivo mantener la calidad sensorial de los alimentos y prolongar su vida comercial, que llega a duplicarse e incluso triplicarse con respecto al envasado tradicional. Implican la eliminación del aire contenido en el paquete seguida o no de la inyección de un gas o mezcla de gases seleccionado de acuerdo a las propiedades del alimento (Izquierdo & Naranjo, 2006). Estos sistemas de envasado generan un ambiente óptimo para la

conservación del producto donde el envase ejerce una función de barrera y aísla, en mayor o menor grado de dicho ambiente de la atmósfera externa (Sora, Fischer, & Flórez, 2006).

Se conocen tres tipos de atmósferas protectoras dependiendo de las modificaciones que se realicen en el entorno del producto envasado:

### **Atmósfera a Vacío (AV)**

Método en el que se evacua por completo el aire del interior del recipiente (Gómez & Vásquez, 2007). Si el proceso se realiza de forma adecuada la cantidad de oxígeno residual es inferior al 1%. En este caso, el material de envasado se pliega en torno al alimento como resultado del descenso de la presión interna frente a la atmosférica. Dicho material debe presentar una permeabilidad muy baja a los gases, incluido el vapor de agua (Parry, 1995).

### **Atmósfera controlada (AC)**

Consiste en la sustitución del aire por un gas o una mezcla de gases específicos cuya proporción se fija de acuerdo a las necesidades del producto y se somete a un control constante durante el periodo de almacenamiento utilizando cámaras y contenedores de gran volumen (Iglesias *et al.*, 2006). Las variaciones se detectan mediante dispositivos de control y se compensan con distintos mecanismos de producción y eliminación de gases (Ruiz Cardoza, 2009).

### **Atmósfera modificada (AM)**

El envasado en atmósfera modificada (EAM o MAP por sus siglas en inglés, modified atmosphere packaging) consiste en la evacuación del aire contenido en el envase y la inyección del gas o de la combinación de gases más adecuado a los requerimientos del producto (Nicolais *et al.* 2011a). Se crea una atmósfera artificial cuya composición inicial no puede controlarse a lo largo del tiempo debido a la difusión de los gases dentro y fuera

del producto, la permeabilidad dentro y fuera del paquete y los efectos de respiración del alimento y el metabolismo microbiano (Gómez & Vásquez, 2007).

El objetivo de MAP es lograr las concentraciones de equilibrio de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> dentro del paquete tan pronto como sea posible a causa de las interacciones de los productos con el paquete y la atmósfera exterior. Estas concentraciones deben estar dentro de los niveles deseados para extender la vida de almacenamiento del vegetal (Mangaraj *et al.*, 2013).

#### **Atmosfera modificada en equilibrio (EMA)**

Se alcanza cuando la respiración del producto y la permeabilidad del empaque al gas hacen posible que se alcance una atmosfera ideal de acuerdo a los requerimientos del producto.

Existen dos tipos de modificación de la atmosfera, **una pasiva**, en la cual se produce a través de la respiración de los tejidos vegetales y la atmósfera de equilibrio se desarrolla naturalmente como consecuencia del producto de la respiración y la difusión de gases a través de la película (Kandasamy *et al.*, 2012) y una **activa** o rápida generada por la composición gaseosa inyectada antes de cerrar el envase (Marrón & Malo, 2012).

#### **Vacío compensado**

Consiste en la extracción del exceso de aire en la cámara de vacío y la inyección de gas o su mezcla. Es uno de los métodos para crear atmosfera modificada. Esta operación se lleva a cabo a través de envasadoras de campana o “chamber” (Parry, 1995) ó a través de envasadoras al vacío la cual permita la inyección de gas.

### **3.2.2 Gases utilizados en atmósfera modificada**

La modificación de la atmosfera corresponde en cambiar la composición del aire a nivel del mar (Iglesias *et al.*, 2006), que se encuentra en un volumen aproximado de

acuerdo a los datos reportados en la tabla 4. El proceso de modificación a menudo trata de reducir el nivel de  $O_2$  y aumentar el nivel de  $CO_2$  inicialmente y cambia dinámicamente en función de los productos y la permeabilidad de los materiales de embalaje (Navarro, 2012).

**Tabla 4.**

**Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar**

Gas	Concentración (%)
$CO_2$	0,03
$O_2$	20,99
$N_2$	78,03
$Ar$	0,94
$H_2$	0,01

Fuente: (Iglesias *et al.*, 2006)

En la tabla 5 se muestra las características, ventajas e inconvenientes de los gases comúnmente empleados en AM.

**Tabla 5.****Características de los principales gases utilizados en MAP**

Gases	Propiedades	Ventajas	Inconvenientes
	Físicas		
<b>Oxígeno</b>	Incoloro	· Soporta el metabolismo de los	· Favorece la oxidación
	Inodoro	vegetales frescos	de las grasas
	Insípido	· Mantiene el color de la carne	· Favorece el crecimiento
	Comburente	fresca	de aerobios
		· Inhibe anaerobios	
<b>Dióxido de carbono</b>	Incoloro	· Bacteriostático	· Produce el colapso del
	Inodoro	· Fungistático	envase
	Ligero sabor	· Insecticida	
	ácido	· Mayor acción a baja	· Produce exudado
	Soluble en agua	temperatura	· Difunde rápidamente a
	y grasa		través del envase
<b>Nitrógeno</b>	Incoloro	· Inerte	Favorece el crecimiento
	Inodoro	· Desplaza al Oxígeno	de anaerobios (100%
	Insípido	· Inhibe aerobios	nitrógeno)
	Insoluble	· Evita la oxidación de las grasas	
		· Evita el colapso del empaque	

Fuente: (Iglesias *et al.*, 2006).

**Nitrógeno (N<sub>2</sub>)**

Este gas es muy utilizado dentro de la tecnología de AM. Presenta características como una solubilidad muy baja, además no reacciona con otros compuestos químicamente. Evita oxidaciones de vitaminas, color, aroma y grasas e inhibe las bacterias aeróbicas

(Calero, 2006). Otra función es prevenir el colapso del envase que contienen alimentos con alto índice de humedad y grasas causado por la tendencia de estos alimentos a absorber dióxido de carbono de la atmósfera, actuando como gas de relleno, cuando tiene lugar una disolución excesiva de CO<sub>2</sub> en los tejidos del alimento (Dogu y Gunes, 2014).

### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Gas no combustible, incoloro a temperatura ambiente y presión normal, con olor y sabor ácido, soluble en agua a temperatura ambiente en relación de un litro por un litro. Se encuentra en la atmósfera en una concentración entre 300-500 ppm, más denso que el aire y más soluble en diluciones acuosas que el N<sub>2</sub> o el O<sub>2</sub>. El efecto del CO<sub>2</sub> se fundamenta en que desplaza el O<sub>2</sub>, gas vital para muchos microorganismos y cambia las condiciones de pH en la superficie del alimento (Porrelli *et al.*, 2014). Actúa principalmente frente a los microorganismos oxigénicos, por otra parte los mohos son muy resistentes al CO<sub>2</sub> y su crecimiento no puede ser totalmente detenido mediante tratamiento de CO<sub>2</sub> a presión normal.

En la tabla 6 se muestran los efectos favorables y desfavorables de la utilización de CO<sub>2</sub> en envasado en atmosfera modificada.

**Tabla 6.****Efectos del empobrecimiento de CO<sub>2</sub> en MAP**

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite inferior tolerable)
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Frenado de la actividad respiratoria y del calor desprendido en la respiración.</li> <li>· Frenado de la transpiración.</li> <li>· Aumento en ciertos casos de la duración de la conservación.</li> <li>· Disminución e incluso inhibición de la síntesis de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> y retraso en la aparición del climaterio.</li> <li>· Frenado de los procesos de maduración: frenado del metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, vitaminas, de la degradación de la clorofila, entre otros.</li> <li>· En concentraciones superiores al 15% ligera disminución del desarrollo de algunos hongos y de bacterias e insectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Maduración anormal.</li> <li>· Producción de etanol, acetaldehídos y otros compuestos.</li> <li>· Calor anormal (degradación de antocianos).</li> <li>· Desarrollo de alteraciones específicas, como la mancha parda de la lechuga.</li> <li>· Sensibilización de los tejidos a los daños físicos: pardeamiento interno y superficial, corazón pardo, escaldadura, necrosis de los tejidos. Formación de cavernas. Decoloración de la pulpa. Desarrollo de textura harinosa. Pérdida de textura, ablandamiento y aspecto acuoso. Desarrollo de alteraciones fúngicas secundarias sobre tejidos dañados.</li> </ul>

Fuente: (Meneses & Valenzuela, 2008a).

**Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

Es un gas incoloro e inodoro que es altamente reactivo y es compatible con la combustión. Tiene una baja solubilidad en agua y promueve varios tipos de reacciones de deterioro de los alimentos, incluyendo la oxidación de grasas, las reacciones de pardeamiento y la oxidación del pigmento. La mayoría de las bacterias y hongos de putrefacción comunes requieren oxígeno para el crecimiento (Sandhya, 2010). Concentraciones de O<sub>2</sub> inferiores a la normal (21%) provocan una reducción de la intensidad respiratoria (IR), un retraso en la maduración y un aumento de la vida comercial

de los productos vegetales, siendo la respuesta más o menos pronunciada según el producto y variedad de que se trate (García López, 1989; López, 2005). Su efecto es menor a bajas temperaturas (Cruz *et al.*, 2008). En la tabla 7 se muestra los efectos favorables y desfavorables de la ausencia de O<sub>2</sub> en el envase.

**Tabla 7.**

**Efectos del empobrecimiento de O<sub>2</sub> en MAP**

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite inferior tolerable)
· Frenado de la actividad respiratoria y del calor desprendido en la respiración.	· Maduración anormal.
· Frenado de la maduración y de la degradación clorofílica.	· Fermentación propia con alteración del sabor y aroma.
· Frenado del metabolismo de azúcares, proteínas lípidos, ácidos, vitaminas, pectinas, etc.	· Sensibilización de los tejidos a los daños físicos y a elevadas concentraciones de CO <sub>2</sub> con desarrollo de pardeamientos y necrosis.
· Disminución de la síntesis de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> y de compuestos aromáticos.	· Desarrollo de alteraciones fúngicas en herida de tejidos dañados.
· Disminución de algunos daños físicos (escaldadura blanda) y de senescencia.	·
· Reducción de algunas alteraciones fúngicas.	
· A muy bajas concentraciones, menor desarrollo de algunos géneros fúngicos de alteración.	

Fuente: (Meneses & Valenzuela, 2008a).

**Algunos empaques utilizados en MAP**

Las características del empaque de las frutas y hortalizas definen la calidad del producto. Esta propiedad se debe a las propiedades de permeabilidad que debe presentar.

Los tipos de películas más utilizados para esta tecnología son:

### **Policloruro vinilo (PVC)**

En su forma no plastificada, esta película es la lámina base termoformable más ampliamente utilizada para envasado en atmósfera modificada. El PVC posee una buena capacidad barrera frente a los gases y moderada al vapor de agua. Posee una excelente resistencia a grasas y aceites (Cristan *et al.*, 2003).

### **Tereftalato de polietileno (PET)**

Este tipo de empaque es una estructura de alta barrera al vapor de agua, olores y gases como oxígeno, nitrógeno y gas carbónico. Este empaque posee una permeabilidad al oxígeno menor a  $0,1 \text{ cc/m}^2$  y una velocidad de transmisión al vapor de agua menor  $0,1 \text{ g/m}^2$  por 24 horas, en un espesor de 1,5 mm (Arévalo & Castrillón, 2004).

### **Polipropileno (PP).**

Es químicamente similar al polietileno y puede ser extruído con un elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno de tipo orientado, aunque tiene mayores rangos de barrera frente al vapor de agua que el polietileno, también proporciona una mayor barrera a los gases -siete a diez veces-, teniendo además una excelente resistencia a las grasas (Arévalo & Castrillón, 2004; Garcia & Campos, 2006).

### **Polietileno de baja densidad (LDPE)**

Presenta una inercia química relativa y su permeabilidad es moderadamente baja al vapor de agua, pero alta para el  $\text{O}_2$ . En general, la permeabilidad a los gases es alta, y también presenta un reducido efecto barrera frente a olores (Aular, *et al.*, 2001), además proporciona la propiedad de sellado hermético.

### **Poliamida (Nylon)**

Son film resistentes con elevada resistencia a la extensión y algo higroscópicos. Se

emplean como película junto al polietileno, es muy poco impermeable al vapor de agua y es una buena barrera al oxígeno (Iglesias *et al.*, 2006).

### **3.2.3 Vida útil**

Es la expresión utilizada con mayor frecuencia para describir la "durabilidad" de un producto (Baldizon *et al.*, 2011).

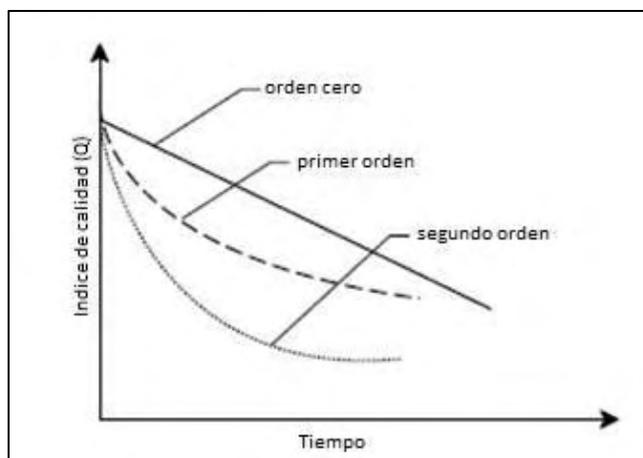
Se puede definir como el período de tiempo que corresponde en determinadas circunstancias (envasado, transporte, condiciones de almacenamiento, clima) una disminución tolerable en la calidad de un producto envasado. El adjetivo "tolerable", en particular, se debe enfatizar, desde la decadencia cualitativa en el tiempo de un producto alimenticio envasado. El entorno en el que cualquier producto es envasado durante su comercialización es un sistema tan complejo y diverso que inevitablemente termina la interacción con el producto, que influyen en la calidad inherente y original (Piergiovanni & Limbo, 2010).

De igual manera, Day (1993) lo define como el período de tiempo desde la cosecha o la producción hasta el consumo que un producto alimenticio sigue siendo seguro y saludable en condiciones de producción y almacenamiento recomendado.

La Vida útil sensorial se determina como el tiempo requerido en que las puntuaciones globales de agrado del producto estén por debajo de un valor predeterminado (Giménez y Ares, 2012).

#### **Ecuaciones de Vida Útil**

La vida útil de un producto se puede representar a través de ecuaciones que muestran la cinética de degradación de atributos de calidad. En la figura 2 se define el comportamiento para cada orden de reacción.



**Figura 2. Variación de un índice de calidad en función del tiempo, de acuerdo con la cinética de orden cero, primero y segundo.**

Fuente: (Piergiovanni & Limbo, 2010)

### **Cinética de orden cero**

En esta cinética se considera que la variación de la propiedad considerada es independiente de la concentración de los reactivos, por lo que en la expresión potencial se considera  $n = 0$  (Garza, 2002). La cinética de orden cero se describe en la ecuación 1.

**Ecuación 1.** Cinética de orden cero

$$Q = Q_0 \pm Kt$$

Donde  $Q$  es el valor de la propiedad considerada para un tiempo cualquiera,  $Q_0$  es el valor inicial de la propiedad,  $t$  es el tiempo,  $k$  la constante cinética de orden cero. Representa una línea recta

### **Cinética de primer orden**

Si el exponente  $n$  es igual a 1, la variación del índice depende tanto el tiempo y el valor de  $Q$ . La variación de  $Q$  con respecto a  $t$  (velocidad del fenómeno de descomposición) asume diferentes valores (Piergiovanni & Limbo, 2010). Esta cinética se muestra en la ecuación 2.

**Ecuación 2:** Cinética de primer orden

$$\ln \frac{Q}{Q_0} = k't \quad \text{También de la forma} \quad \ln Q = \ln Q_0 \pm K't$$

De este modo, la variación de la propiedad ( $\ln Q/Q_0$ ) con respecto al tiempo viene representada por una recta cuya pendiente viene dada por la constante cinética de primer orden,  $k_1$ . A medida que  $k_1$  aumenta las rectas son más pronunciadas (Garza, 2002).

### 3.3 Antecedentes del tema

#### 3.3.1 Aspectos generales

Mónaco *et al.*, (2005) y Català *et al.*, (2009) exponen que el uso de AM dentro de envases que contienen productos mínimamente procesados pueden ser beneficiosas para el mantenimiento de la calidad de los mismos, reduce la incidencia de los desórdenes fisiológicos, alteraciones microbianas y deterioros bioquímicos, los cuales originan cambios en las características organolépticas y en el valor comercial del producto, se minimiza el uso de aditivos y conservantes, mejora la presentación y existe una clara visión del producto. Además Meneses & Valenzuela, (2008a) indican que los beneficios o perjuicios de esta técnica dependen del producto, variedad, cultivo, estado fisiológico, composición de la atmósfera, temperatura, humedad relativa (HR) y duración del almacenamiento, lo que explica la diversidad de resultados para un mismo producto, su uso adecuado mejora normalmente los resultados de la refrigeración convencional en atmósfera de aire.

Además, la conservación en atmósfera modificada evita el marchitamiento y sus efectos asociados así como la sensibilización de los productos a los daños mecánicos y al  $C_2H_4$  cuando las concentraciones de  $O_2$  son inferiores al 8% y/o las de  $CO_2$  superiores al 1-2% y con ello se retrasa la senescencia (Andrade *et al.*, 2012). Concentraciones de  $O_2$

inferiores al 2,5 % aumentan la producción de anhídrido carbónico y generan sabores y olores anormales como consecuencia del establecimiento del proceso fermentativo por falta de O<sub>2</sub> y a niveles del 1 % de O<sub>2</sub> se detectan sabores alcohólicos. Debido a esto, no se recomienda el empleo prolongado de atmósferas con concentraciones de O<sub>2</sub> inferiores al 2 % (Cruz *et al.*, 2008).

Corbo *et al.*, (2010) considera que MAP es una de las técnicas más importantes que se utilizan para prolongar su vida útil en frutas recién cortadas, incluso sin la utilización de otros procesos alternativos (UV, escaldado, radiación infrarroja, radiación y altas presiones). Considera además que debido a la gran variabilidad de la fruta en términos de composición, los componentes, la microflora natural, pH, textura y color, es imposible definir una mezcla unívoca de los gases; por lo tanto, para cada tipo de fruta se debe estudiar el MAP adecuada.

Por otra parte, Kader *et al.*, (1989) mantiene que el envasado en atmósfera modificada (MAP) de frutas y verduras combinadas con almacenamiento en frío mínimamente procesados son considerados como la mejor manera para mantener la calidad sensorial y microbiológica. De igual forma González *et al.*, (2009) en su estudio sobre el envasado con microperforado de películas en frutas y verduras recién cortadas, muestras que bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> reducen la tasa de respiración del producto, mientras que la acumulación de CO<sub>2</sub> favorece la inhibición del crecimiento microbiano responsable del deterioro del producto.

Así mismo, Kader & Watkins, (2000) realizaron una revisión sobre la aplicación de esta tecnología hasta el año de su publicación. Muestran que existe una rápida expansión de envasado en atmósfera modificada (MAP) para los productos hortícolas, especialmente para productos frescos cortados (mínimamente procesados).

Li, (2010) en su estudio muestra que el envasado en atmósfera modificada (MAP) tiene el potencial de prolongar la vida útil de frutas o verduras almacenadas a temperaturas bajas, además con el uso de películas de baja permeabilidad limitan la deshidratación hortofrutícola.

Ante los beneficios que presenta la aplicación de esta técnica Salt, (2003) en su publicación: ¿Es posible encontrar una atmósfera óptima controlada?, muestra que la variabilidad natural en la materia prima y su respuesta dinámica a las condiciones de procesamiento y almacenamiento pueden hacer que sea imposible identificar un ambiente verdaderamente óptima de almacenamiento. Deducen entonces que los avances significativos en el uso de MAP pueden requerir el desarrollo de modelos matemáticos que incorporan una cierta medida de la respuesta dinámica de la materia prima hasta el entorno de almacenamiento.

### **3.3.2 Uso de MAP en arveja**

Rojano (2006) aplicó el uso de atmósferas modificadas en la conservación de arveja en las cuales tuvo en cuenta aspectos como el tipo de desinfectante, tipo de embalaje y la temperatura de almacenamiento; según esto analizó las características fisicoquímicas y organolépticas. Encontrando un aumento de vida útil y de calidad en su conservación.

Pariasca *et al.*, (2000) investigaron los efectos de pre-enfriamiento, en el envasado en atmósfera modificada (MAP) y la atmósfera controlada (AC) de almacenamiento en arveja en vaina a 5 °C. Quienes empacaron vainas en películas de polimetilpenteno (PMP). Como resultado obtuvieron un mejor mantenimiento de la calidad externa de vainas (aparición y color), así como la calidad interna (clorofila, ácido ascórbico y el contenido de azúcar).

Así mismo Elwan *et al.*, (2015) investigaron la aplicación de MAP en arveja en vaina envasada en varios tipos de empaque microperforados con diferentes permeabilidades. Obteniendo buenos resultados sensoriales y fisicoquímicos en las propiedades evaluadas. Con la técnica encontraron que se mantiene la calidad durante el almacenamiento y la vida útil simulada, en términos de más altas calificaciones de calidad visual, firmeza, frescura y sabor, así como mayores contenidos de clorofila, vitamina C y azúcares.

### 3.3.3 Uso de MAP en algunas frutas y verduras

Valenzuela *et al.*, (2011) evaluó la calidad poscosecha y nutricional del tomate con la aplicación de MAP. Encontraron que esta tecnología prolonga la vida de anaquel y el periodo de comercialización comparado con el sistema tradicional de refrigeración, además disminuyó la pérdida de firmeza, la degradación de ácido ascórbico, retrasó el desarrollo del color rojo y la maduración.

Resultados similares obtuvo Lancho *et al.*, (2007) quienes estudiaron el comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de AM activa. Encontraron que los frutos con cáliz conservaron mejor la firmeza, además que los frutos perdieron menor peso en relación al empaquetado en condiciones normales.

Por otra parte Sora *et al.*, (2006) evaluó frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en refrigeración, indicando que los empaques con atmósferas modificadas activas disminuyeron los procesos de maduración del fruto, con la disminución de la tasa respiratoria y la pérdida de peso.

Así mismo, Cruz *et al.*, (2007) trabajaron con frambuesas (*Rubus idaeus* L.) en alta concentración de oxígeno con atmósferas modificadas. En su estudio se emplearon una película de permeabilidad selectiva al oxígeno y al etileno. Se obtuvo que a partir del

séptimo día las concentraciones de oxígeno en el empaque no variaron, la concentración de dióxido de carbono aumentaron hasta el tercer día luego de esto permanecieron constantes.

Respecto a la aplicación en verduras, Barth *et al.*, (1993) y Simón, (2010) estudiaron la aplicación de MAP en la y calidad de distintos cultivares de coliflor mínimamente procesada, encontrando olor y color extraños en la coliflor fresca y cocida al final del almacenamiento.

De igual forma Nasar *et al.*, (2008) investigaron el comportamiento del nitrógeno y oxígeno frente al retardo o aceleración del oscurecimiento del color de haba (*Vicia faba* L.) durante el almacenamiento, encontraron que el nitrógeno es eficaz para reducir el oscurecimiento del color por un nivel apreciable, mientras que el almacenamiento en oxígeno acelera el proceso de oscurecimiento del color.

Por su parte, Riquelme, (2007) en su tesis doctoral presenta un estudio de lechuga en envasada bajo condición en MAP, encontrando buenos resultados de vida útil en dos veces que en los tratamientos en condición normal.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto del envasado bajo condiciones de atmosfera modificada en arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Obonuco Andina, estableciendo modelos de vida útil a partir de parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto del almacenamiento de la variedad en estudio bajo condiciones de atmosfera modificada sobre algunos parámetros fisicoquímicos, sensoriales.
- Realizar cinéticas de deterioro en función de los atributos fisicoquímicos de la variedad en estudio.
- Evaluar el efecto del almacenamiento de la variedad bajo condiciones de atmosfera modificada sobre su calidad microbiológica.

## 5. METODOLÓGIA

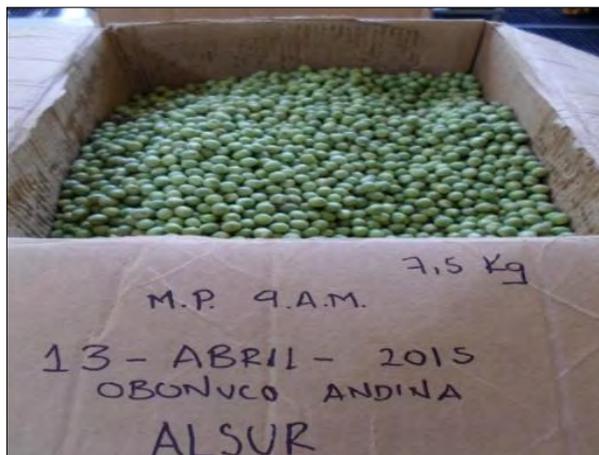
### 5.1 Lugar de la investigación y operaciones preliminares

#### 5.1.1 Localización

El proceso de envasado en AM se llevó a cabo a nivel experimental en la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial y en el Laboratorio de Investigación en Conservación y Calidad de Alimentos de la Universidad de Nariño sede Torobajo Pasto (Nariño). Altura 2527 msnm, con una temperatura media de 18°C y humedad relativa del 70 %.

#### 5.1.2 Materia prima

La materia prima utilizada en esta investigación fue arveja (*Pisum sativum* L), variedad Obonuco Andina obtenida a través de la Alianza Hortofrutícola del Sur S.A.S (ALSUR), ubicada en el municipio de Puerres- Nariño a una altitud de 2.775 msnm y temperatura promedio de 13° C. El material fue recibido en vaina en horas de la mañana, siendo esta cosechada en un periodo no superior a 3 horas. En la imagen 1 se muestra la materia prima utilizada para la investigación una vez desgranada.



**Imagen 1. Material vegetal utilizado en la investigación**

Fuente: Esta investigación

En la tabla 8, se muestra las dimensiones representativas de la materia prima empleada en esta investigación.

**Tabla 8.**

**Dimensiones representativas de arveja variedad Obonuco Andina.**

Dimensión	Alto (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)
<b>Valor resultante</b>	1,12±0,058	0,960±0,045	0,95±0,052

Fuente: Esta investigación.

**5.1.3 Limpieza y selección de materia prima**

En la adecuación de la arveja se realizó una limpieza eliminando materiales sólidos presentes. Para la selección se tomó como referencia la norma técnica colombiana NTC 1250 seleccionando los granos libres de daños, plagas y enfermedades, normalmente desarrollados, de diámetros similares y que presentaran el color verde característico. Esta operación se realizó en la planta piloto de la universidad de Nariño colocando la muestra sobre una mesa de aluminio previamente desinfectada con una solución de agua-hipoclorito de sodio (5,25%) a 200 ppm, como se muestra en la imagen 2.



**Imagen 2. Limpieza y Selección**

Fuente: Esta investigación

#### **5.1.4 Desinfección de materia prima**

Una vez realizado la limpieza y selección se realizó una desinfección en una solución de agua- hipoclorito de sodio (5,25%) a 50 ppm por el método de aspersión como se muestra en la imagen 3 para reducir el posible deterioro causado por hidratación.

**Imagen 3.**

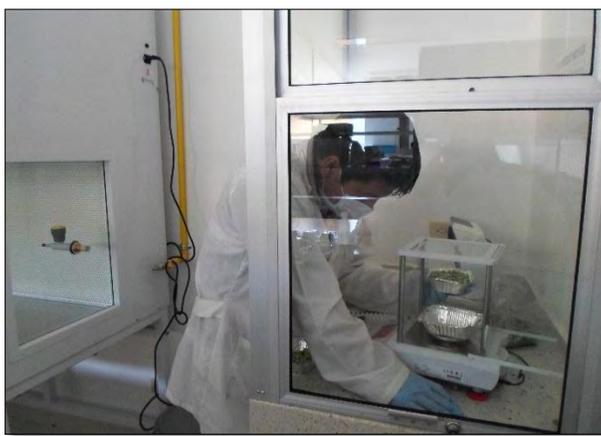
**Desinfección por aspersión.**



Fuente: Esta investigación

### 5.2 Envasado del material vegetal

Se realizó un envasado en bolsas de extrusión polietilenos (LDPE) más una capa de poliamida (Nylon) con una cristalinidad de 60 - 75 % con un tamaño de 18x20 cm. En ellas se envasaron  $200 \pm 2$  g de arveja previamente pesadas (imagen 4).



**Imagen 4. Pesaje de materia prima**

Fuente: Esta Investigación

Las características del empaque utilizado en esta investigación se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9.**

#### Características del empaque utilizado

Espesor	Material	*Permeabilidad $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2 \text{ día atm}}$ a 25 °C para una película de 25 $\mu$			*Transmisión de vapor de agua $\frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ día atm}}$ (38 °C y 90% HR)
		O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
65 $\mu \pm 7^{**}$	Interior: Polietileno de baja densidad LPDEg	7800	2800	420	18
	Exterior: Nylon 6	40	14	150–190	84–3100

\*Los datos reportados son tomados como referencia de otros estudios para esta investigación.

\*\*Ficha técnica Ref. PAPE 65 (Anexo 1)

Fuente: (Day, 1993; Kader *et al.*, 1989; Sandhya, 2010).

### 5.2.1 Envasado sin modificación de la atmosfera (Blanco)

Para la primera etapa de la investigación, se realizó un envasado con aire atmosférico de acuerdo a su composición normal descrito en la tabla 4. En este caso los envases se sellaron a una distancia respecto al borde de 2 cm a través del equipo de impulso electrónico en la planta piloto de procesos agroindustriales (Imagen 5).



**Imagen 5. Características fisiológicas de arveja variedad Obonuco Andina**

Fuente: Esta Investigación

### 5.2.2 Envasado en atmosfera modificada (MAP)

Para la segunda etapa de análisis, se envasó con los dos tipos de mezcla de gas (tabla 10) utilizados a través de la empacadora SAMMIC SV 520SD como muestra la imagen 6 a una presión de 1,5 bar con un porcentaje de inyección del equipo del 70 % que corresponde a  $350 \pm 10$  ml de mezcla de gas para garantizar el sellado a través de la operación de vacío compensado.



**Imagen 5. Empacado en atmosfera modificada (AM)**

Fuente: Esta Investigación

### 5.3 Almacenamiento de las muestras

Una vez sellado los envases se arreglaron en el sitio de almacenamiento para su posterior análisis en el tiempo. Las muestras se almacenaron en nevera a 4°C y temperatura ambiente  $\approx 18^{\circ}\text{C}$  como se muestra en la imagen 7.



**Imagen 6. Almacenamiento en nevera 4°C y temperatura ambiente 18°C**

Fuente: Esta investigación

### 5.4 Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un diseño experimental bajo la metodología de diseño factorial multinivel categórico con tres repeticiones. En el que se evaluó dos

factores, temperatura y mezcla de gas con 2 y 3 niveles respectivamente. Donde las variables respuesta fueron las características fisicoquímicas (firmeza,  $A_w$ , humedad, parámetro de color  $a^*$ , clorofila, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico e índice de transpiración) y sensoriales (color, olor y sabor). Los factores y sus niveles se indican en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

**Identificación de variables y sus niveles**

FACTOR	NIVELES		
<b>Temperatura</b>	4 °C		18 °C*
<b>Mezcla de Gases</b>	G1: 5.25 % O <sub>2</sub> 15.70 % CO <sub>2</sub> Balance N <sub>2</sub>	G2: 10.88 % O <sub>2</sub> 10.68 % CO <sub>2</sub> Balance N <sub>2</sub>	**G3: Atmosférico- Testigo

\*Temperatura ambiente promedio en la ciudad de Pasto

\*\*La composición de G3 (gas 3), se especifica en la tabla 4.

Fuente: Esta investigación

**5.4.1 Evaluación fisicoquímica**

La matriz de diseño arrojada por el paquete estadístico Statgraphics para los parámetros fisicoquímicos se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.**

**Matriz de diseño experimental.**

No. Experimentos	Temperatura	Gas	Variable de Respuesta
1	18	2	X
2	4	1	X
3	18	3	X
4	4	2	X
5	18	1	X
6	4	3	X

Tabla 11. (Continuación).

7	18	2	X
8	4	1	X
9	18	3	X
10	4	2	X
11	18	1	X
12	4	3	X
13	18	2	X
14	4	1	X
15	18	3	X
16	4	2	X
17	18	1	x
18	4	3	x

Donde X la variable de respuesta: Firmeza, Aw, Humedad, Índice de Color, Clorofila, Acidez titulable, Contenido de Ácido Ascórbico e Índice de transpiración.

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 12 se muestra la codificación de los tratamientos descritos en la matriz de diseño experimental que se manejaron en el desarrollo de la investigación.

**Tabla 12.****Siglas Tratamientos**

Código	Tratamientos
<b>T1</b>	G3 a 18 °C
<b>T2</b>	G3 a 4 °C
<b>T3</b>	G1 a 18 °C
<b>T4</b>	G1 a 4 °C
<b>T5</b>	G2 a 18 °C
<b>T6</b>	G2 a 4 °C

Fuente: Esta investigación

**5.4.2 Evaluación sensorial**

Se realizó una evaluación sensorial por 21 días realizando pruebas cada 3 días. Se utilizó un diseño unifactorial completamente al azar mediante el cual se comparó los días de evaluación para cada atributo de calidad: color, olor y sabor para cada tratamiento.

El diseño experimental se aplicó para cada uno de los tratamientos evaluados

descritos en la tabla 12.

### 5.4.3 Análisis de datos

Todos los resultados se expresaron como media más o menos la desviación estándar. Los gráficos y las regresiones fueron realizados con ayuda del programa SigmaPlot 10.0 (SPSS, USA). Así mismo se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias con la prueba LSD de Fisher a un 5 % de nivel de significancia con el programa STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.1.03. Tomando como parámetro de evaluación la constante cinética de velocidad de reacción (K) para cada una de las propiedades fisicoquímicas analizadas.

Por otra parte, la bondad de ajuste del modelo para cálculo de vida útil se evaluó con el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), error porcentual promedio (% E), Error de desvío medio (MBE) y raíz cuadrada del error medio cuadrático (RMSE).

## 5.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas

De acuerdo al diseño experimental, se analizaron las siguientes características fisicoquímicas.

### 5.5.1 Índice de respiración

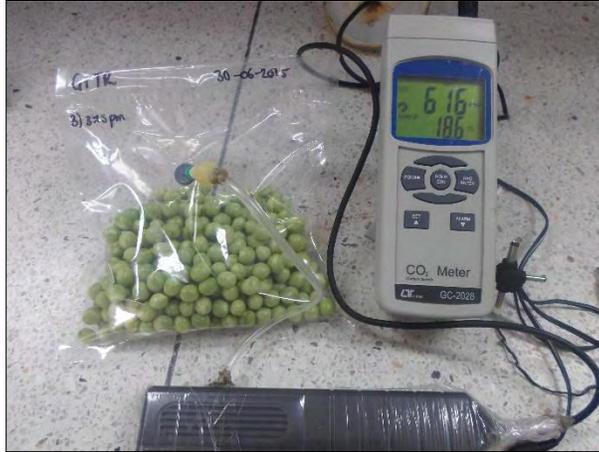
Se utilizó la metodología de Valenzuela *et al.*, (2011) a través del sensor automático Lutron (GC-2028 CO<sub>2</sub>), (Ecuación 3) donde Vg = volumen del gas; W=Peso; t=Tiempo (min).

**Ecuación 3.** Medición de tasa de respiración

$$\frac{mgCO_2}{Kg.h} = \frac{2(\%CO_2)(Vg)60}{(w)(t)100}$$

Se diseñó un dispositivo con la utilización de un septo que permitía que el envase sea atravesado sin que este colapse, permitiendo el paso de los gases a través de una

manguera ( $\varnothing$  3 mm) hacia el sensor. El valor obtenido se determinó en un tiempo de 50 segundos cada 2 horas. El mecanismo realizado se muestra en la imagen 8.



**Imagen 7. Determinación de la tasa de respiración.**

Fuente: Esta investigación

### 5.5.2 Índice de transpiración

Se determinó a partir de la pérdida de peso, utilizando una balanza analítica Ohaus con precisión de  $\pm 0,0001$  como se muestra en la imagen 9, de acuerdo a la metodología de (Gallego *et al.*, 2003) expresado en g/kg, (Ecuación 4), donde  $P_i$ =peso inicial;  $P_t$ = Peso en un tiempo  $t$  y 5 factor de corrección a un kilogramo.

**Ecuación 4.** Medición del Índice de transpiración

$$IT = (P_i - P_t) * 5$$



(Arnon, 1949). Se realizaron las mediciones de absorbancia en espectrofotómetro Genesys 10UV vis (imagen 11), a 663 y 645 nm de longitud.



**Imagen 10. Determinación de clorofila**

Fuente: Esta investigación

#### **5.5.5 Parámetro de color a\***

Se determinó a través de la metodología propuesta por Delmoro *et al.*, (2010) mediante un espectrofotómetro CM5- Konica Minolta, con un observador estándar de 10° y un iluminante D65; con una medición en lecho. En la imagen 12 se muestra el equipo empleado para este análisis.



**Imagen 11. Determinación de Color. Equipo CM5-Konica minolta**

Fuente: Esta Investigación

### 5.5.6 Textura

Para medir la textura de los granos se utilizó el texturómetro TX1 LLOYD IS1 con celda de carga de 250 Newton (N) como se muestra en la imagen 13, a través del método de punción del grano por penetración utilizando una punta cilíndrica de 4,6 mm de diámetro, una pre-carga de 5,6 Newton (N), con un límite de extensión de 5 mm y una velocidad de compresión de 21 mm/min (Zapata *et al.*, 2010). Los datos se capturaron gracias al software NEXYGEN Plus para cada ensayo (C. Valero, 1992). En este parámetro se encuentran todos los atributos mecánicos relacionados con la reacción al esfuerzo, en la que se encuentra la firmeza (NTC 3501).



**Imagen 12. Determinación de firmeza. Texturómetro TX1 LLOYD Is1**

Fuente: Esta investigación.

### 5.5.7 Acidez titulable

Se utilizó la metodología descrita por la A.O.A.C. (1984). Se calculó la acidez en referencia a la presencia al ácido ascórbico como uno de los ácidos predominantes en arveja, según Caracciolo *et al.*,(2013). Los resultados se expresan en porcentaje. La figura 14 muestra el procedimiento.



**Imagen 13. Determinación de acidez por titulación**

Fuente: Esta investigación

### 5.5.8 Actividad acuosa ( $A_w$ )

Fue medida a través del equipo Rotronic Hygrolab C1 utilizando  $3 \pm 1$  g de muestra. El equipo utilizado se muestra en la imagen 15.



**Imagen 14. Determinación de  $A_w$ . Equipo HYGROLAB**

Fuente: Esta investigación

### 5.5.9 Ácido Ascórbico

Se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con una extracción sólido-líquido en 5 g de muestra con solución ácida (ácido fosfórico 0,05N)

mediante agitación por 30 minutos en baño de hielo y posteriormente centrifugación a 6000 rpm a 4°C. El extracto acuoso se filtró en discos de 0,45µm para la inyección al cromatógrafo de líquidos HPLC Waters Breeze–Bomba Binaria 1525 (Imagen 16), equipado con una columna Phenomenex Luna C18 (5µm, 4,6 x 250 mm) a 30°C, con un detector PDA Waters 2998 a 254 y 210 nm y un inyector Rheodyne 77251 con Loop de 20µL. La identificación se realizó mediante comparación con los tiempos de retención de patrones de ácido ascórbico (254 nm) analizados bajo las mismas condiciones y su cuantificación se realizó empleando estándar externo (patrón de ácido ascórbico) (Nour *et al.*, 2010).



**Imagen 15. Determinación de Ácido ascórbico. Equipo WATER 1525 binary HPLC Pump con detector de arreglo de diodos.**

Fuente: Esta investigación

## **5.6 Determinación de las características sensoriales**

Para determinar el nivel de aceptación de la arveja empacada bajo las diferentes condiciones de estudio, se utilizó una prueba de aceptación de acuerdo a la metodología de Houhg & Fizman (2005) para evaluar el grado o desagrado de aceptación. Se la realizó por el método escala Hedónica de 5 puntos para evaluar la escala de gusto. Las muestras fueron

evaluadas por 50 evaluadores tipo consumidor tomados al azar quienes no se relacionan con la investigación de este alimento, pero son consumidores habituales o potenciales del producto (Gutiérrez, 2000a). En la imagen 17 se muestra una de las pruebas realizadas para este análisis.



**Imagen 16. Análisis sensorial**

Fuente: Esta investigación

Se calificó las siguientes características; color, olor y sabor, donde cada panelista eligió entre las siguientes opciones y se les asignó un puntaje así: me gusta mucho (5), me gusta moderadamente (4), no me gusta ni me disgusta (3), me disgusta moderadamente (2), me disgusta (1) de acuerdo a lo reportado por Houhg & Fizman (2005). La encuesta aplicada se muestra en la figura 3.

NOMBRE \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_  
 Muestra \_\_\_\_\_

Pruebe el producto que se muestra marcado con un código a continuación.

Por favor marque con una X, en el espacio mostrado que está junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar, en relación a la característica que se encuentra en la parte superior.

	COLOR	OLOR	SABOR
Me gusta mucho	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____
No me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____

Comentarios: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACION!**

**Figura 3. Modelo de encuesta para análisis sensorial**

Fuente: Tomado de (Houhg & Fiszman, 2005)

Para evaluar el parámetro sabor, las muestras se prepararon de acuerdo a la metodología de cocción de Xu & Chang (2008), en una relación 1:4 (agua-muestra) por 45 minutos. En la imagen 18 se muestra la cocción de las arvejas previas al análisis sensorial.



**Imagen 17. Cocción de la muestra para análisis sensorial**

Fuente: Esta investigación

### **5.7 Determinación de las constantes cinéticas de velocidad de deterioro (k) en función de los atributos de calidad**

Se utilizó el método integral para evaluar la cinética del efecto de la aplicación de atmosfera modificada frente a un tratamiento testigo (Páez *et al.*, 2008). Para el cálculo de las cinéticas, se tomaron los valores de cada atributo fisicoquímico medido en los días de análisis en el periodo definido. Para conocer el orden de la reacción se procedió a graficar los atributos de calidad respecto al tiempo según las ecuaciones 1 y 2 descritas anteriormente.

Una vez determinado las ecuaciones se escogió el orden respecto al mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ), obtenido de la linealización de las gráficas (Levenspiel, 2002).

Para definir el tiempo de vida útil del producto se aplicó la metodología de límite de aceptabilidad a través del test de escala hedónica una vez realizado los análisis sensoriales en el producto (Giménez *et al.*, 2012), ya que el cambio máximo tolerable en las características sensoriales de un producto alimenticio no se pudo determinar en base a una normativa.

### **5.8 Identificación de agentes microbiológicos en el periodo de analisis**

Los ensayos se realizaron en los laboratorios de microbiología de la Universidad de Nariño en una cabina de seguridad biológica previamente esterilizada (Rayos UV). Se realizó a través de la metodología propuesta por Sarmiento *et al.*, (2008) en la que se determina la presencia o ausencia de microorganismos.

La siembra se realizó por la técnica de estrías frotando un grano escogido al azar sobre los agares nutritivo y YGC correspondientes como muestra la imagen 19.



**Imagen 18. Siembra en estrías**

Fuente: Esta investigación

#### **5.8.1 Determinación de la presencia de Bacterias.**

Se realizó siembra en estrías en Agar Nutritivo. Una vez se presenta desarrollo de los microorganismos se analizó según la metodología de Tobía *et al.*, (2003), realizando tinción de Gram utilizando una laminilla de vidrio e identificación en microscopio con un campo visual de 100x utilizando aceite de inmersión para dicha visión. En la imagen 20 se aprecia el método utilizado.

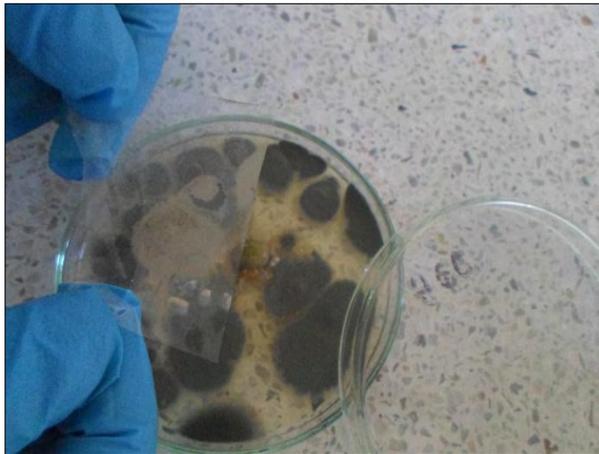


**Imagen 19. Tinción de Gram**

Fuente: Esta investigación

### 5.8.2 Determinación de la presencia de Hongos

Se realizó una siembra en estrías en agar YGC. Una vez presente el microorganismo se realizó una identificación de acuerdo a la metodología utilizada por Arias & Piñeros (2008); Cabañes (2001); Camacho *et al.*, (2009) y López *et al.*, (2014), utilizando azul de lacto fenol para su identificación al microscopio en un campo visual de 100X. En la imagen 21 se muestra la metodología para su caracterización.



**Imagen 20. Muestra de hongo a analizar**

Fuente: Esta investigación

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y cinéticas de deterioro de la arveja en su almacenamiento

En la tabla 13 se muestra los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos determinados en la investigación, excluyendo la tasa de respiración por la variabilidad inicial encontrado.

**Tabla 13.**

#### Valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro Fisicoquímico	Valor Inicial*	Unidades
<b>Índice de transpiración</b>	0	g/kg
<b>Contenido de humedad</b>	57,820 ± 0,2094	%
<b>Contenido de clorofila</b>	8,450 ± 0,4635	µg/ml
<b>Parámetro de color a*</b>	-4,610 ± 0,4304	Sin unidades
<b>Firmeza</b>	41,501 ± 0,2852	Newton (N)
<b>Acidez titulable</b>	0,378 ± 0,0150	%
<b>Contenido de ácido ascórbico</b>	0,0016 ± 0,0001	mg/g
<b>Aw</b>	0,978 ± 0,0020	Sin unidades

\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar

Fuente: Esta investigación

#### 6.1.1. Índice de respiración

Debido a que el sensor automático Lutron GC-2028 CO<sub>2</sub> utilizado para medir este parámetro tiene un rango de medida hasta la saturación de 7000 ppm, no permitió establecer una cinética de respiración en el periodo de análisis correspondiente y por ende se determinó la concentración de CO<sub>2</sub> hasta alcanzar dicho rango.

En la tabla 14 se muestra el índice de respiración acumulada de la arveja para cada tratamiento.

**Tabla 14.**

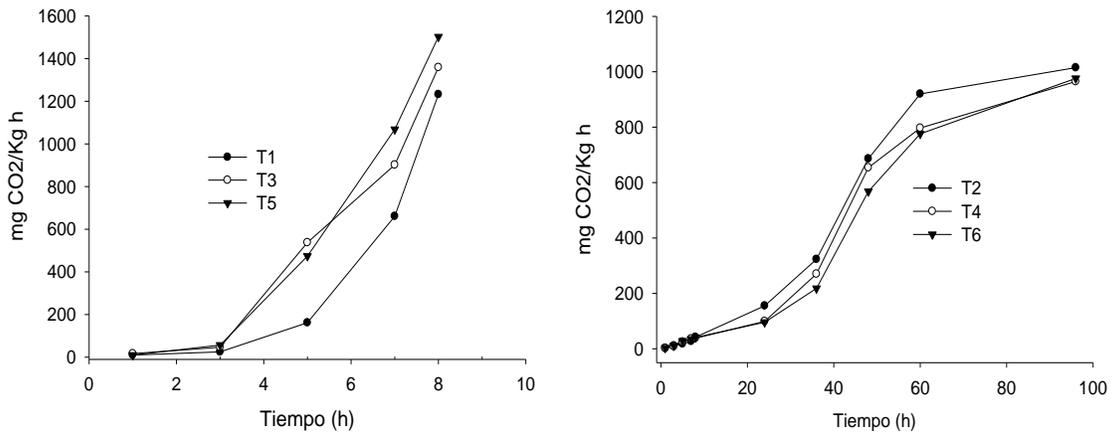
**Índice de respiración acumulada en mg CO<sub>2</sub>/kg\*h de arveja a dos temperaturas de almacenamiento**

Tiempo de Análisis (h)	TRATAMIENTOS - mg CO <sub>2</sub> /kg*h					
	*TA 18°C			TR 4°C		
	T1	T3	T5	T2	T4	T6
1	10	17	10	2	2	3
3	25	47	57	11	8	11
5	162	538	474	18	25	28
7	661	902	1068	27	36	35
8	1232	1359	1502	42	38	41
24				155	99	96
36				323	270	218
48				686	654	568
60				920	797	776
96				1015	965	976

\*TA= Temperatura ambiente, TR= temperatura refrigeración, Cantidad materia prima: 200 ± 2 g, Tiempo en la medición 40 s.

Fuente: Esta investigación

En el grafico 1 se muestra el comportamiento del índice de respiración de la arveja sometida a atmosfera modificada y sin modificación atmosférica a dos temperaturas de almacenamiento.



**Gráfico 1. Índice de respiración acumulado en el tiempo. a) Tratamientos almacenados a 18 ° C; b) Tratamientos almacenados a 4 ° C.**

Fuente: Esta investigación.

Para los tratamientos empacados a 18 ° C, la tasa de producción de CO<sub>2</sub> es más alta con un incremento de más del 35%, mientras que los tratamientos almacenados a 4 ° C es del 18%, con una diferencia de tiempo entre el factor temperatura de 88 horas hasta alcanzar el rango de medida máximo del sensor.

Los resultados concuerdan con lo reportado por (Sandhya, 2010) quien afirma que los niveles de O<sub>2</sub> disminuyen y de CO<sub>2</sub> crecen a medida que aumenta la temperatura. Por su parte Marrón & Malo, (2012) afirma que los procesos metabólicos y reacciones biológicas se incrementan de dos a tres veces por cada 10 ° C de aumento en la temperatura. De este modo autores como Day (1993) expresan que el proceso de respiración indica el potencial de vida útil, siendo un factor de importante interés para la conservación.

Estudios realizados por Latorre *et al.*, (2014) quien evaluó dos variedades de arveja envasadas en condiciones normales y almacenadas a temperatura de refrigeración (4 ° C) y ambiente (14 ° C), encontraron picos de producción de CO<sub>2</sub> elevados al segundo día de

almacenamiento. Así mismo, datos reportados por Day (1993) muestra que la tasa de respiración de la arveja en vaina en una atmosfera normal (aire) a 0, 10 y 20 °C es de 65, 129 y 254 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y empacadas en 3% O<sub>2</sub> a las mismas temperaturas es de 39, 94 y 194 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> respectivamente, demostrando que la tasa de respiración que presenta es muy alta.

Los tratamientos presentaron comportamientos diferentes durante el periodo de análisis. Para el caso de los tratamientos T1 y T2 (sin inyección de gas) donde su atmosfera se desarrolla con la modificación pasiva, el envase aumentó su volumen considerablemente a los 4 y 12 días de almacenamiento respectivamente como se muestra en la imagen 22.

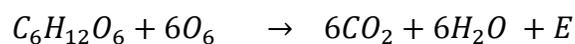


**Imagen 21. Arveja empacada sin modificación atmosférica (Gas 3)**

Fuente: Esta investigación.

Este fenómeno de aumento de volumen en los envases se entiende desde el proceso de respiración expuesto en la ecuación 3.

**Ecuación 3:** Respiración aerobia



En las investigaciones sobre MAP se habla de atmosfera modificada en equilibrio, asumiendo que este estado no se alcanza, el  $\text{CO}_2$  y vapor de agua producida dentro del envase aumentan a medida que transcurre el tiempo. Es por esto que la reacción muestra que por cada mol de  $\text{O}_2$  se producen una de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en forma de vapor.

Debido a que el proceso se desarrolla con más lentitud en los tratamientos T1 y T2, el envase aumentó su volumen considerablemente sin causarle daño hasta el final periodo de análisis; a diferencia de los tratamientos T3 y T5 (con inyección de gas) quienes presentaron este comportamiento pero ocasionaron la ruptura del envase a los 5 días de almacenamiento, descartándolos de la investigación.

En la Imagen 23 se muestra que el tratamiento T5 a los 5 días de ser almacenado presenta un aumento drástico de su volumen excediendo la capacidad del envase.



**Imagen 22. Arveja empacada en Gas 2 a los 5 días de almacenamiento**

Fuente: Esta investigación

Este comportamiento se debe a que la modificación Activa ó “rápida” suministrada a los tratamientos T3 y T5 y con la ayuda de la alta temperatura de almacenamiento aceleró el proceso metabólico (Ec. 3). Según lo expresan varios autores las condiciones dirigidas hacia el producto relentecerían este hecho, sin embargo se evidenció lo contrario.

Según Marrón y Malo, (2012) una vez cerrado el empaque, el O<sub>2</sub> remanente es consumido y el CO<sub>2</sub> producido cubre el material vegetal hasta alcanzar una atmósfera modificada en equilibrio, donde no debería existir cambios abruptos sobre el envase.

Entonces, según lo explica Meneses & Valenzuela, (2008) una vez envasado el producto se deben llevar a cabo dos procesos simultáneos: la respiración del producto y la permeación de los gases a través de la película plástica para alcanzar dicho equilibrio.

Como el empaque utilizado en la investigación según las características reportadas en la tabla 9 no permite la salida de los gases producidos por la baja permeabilidad que presenta y la tasa de respiración del producto es demasiado alta, existió de manera excesiva la acumulación de CO<sub>2</sub>, y que según Iglesias *et al.*, (2006) este gas se difunde dentro del envase entre 2 y 6 veces más rápido que otros gases y que junto al vapor de agua y la baja permeación del empaque generan que se estalle.

Otra explicación de este hecho, es que al existir una mayor concentración de CO<sub>2</sub>, este gas desplaza al N<sub>2</sub> que actúa como gas de relleno en función de prevenir el colapso del envase por las características de difusión que presenta. Según lo explica Kandasamy *et al.*, (2012) la difusión del gas describe la propagación de partículas a través de movimiento de las regiones de mayor a menor concentración reduciendo el volumen de espacio de cabeza.

Una posible alternativa para evitar este inconveniente según lo explica Kandasamy *et al.*, (2012), es la utilización de películas de permeabilidad selectiva donde el producto se almacene a baja temperatura, teniendo en cuenta la relación de permeabilidades del envase corresponde a CO<sub>2</sub> > O<sub>2</sub> > N<sub>2</sub> (Iglesias *et al.*, 2006).

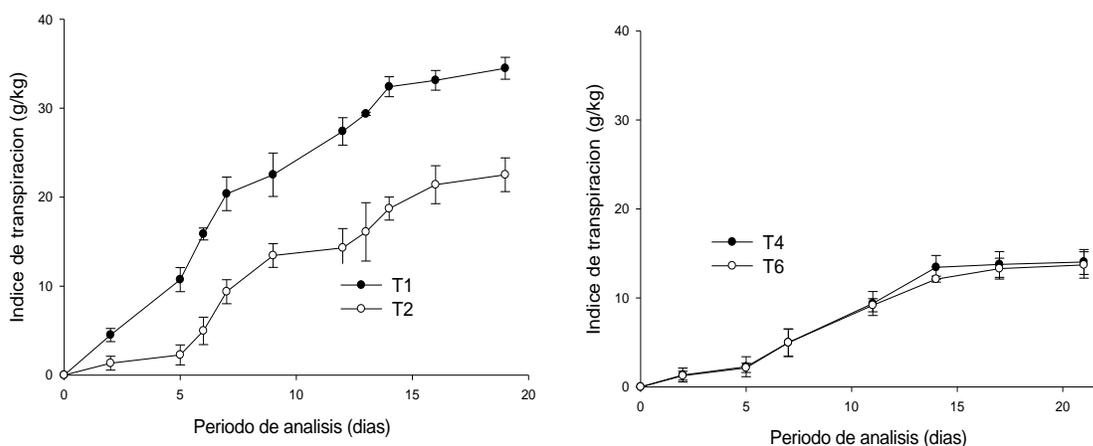
Según Chanes *et al.*, (2005) en un empaque con atmósfera modificada (EAM) bajo condiciones de equilibrio, las velocidades de producción de CO<sub>2</sub> y de consumo de O<sub>2</sub> deben ser iguales a las velocidades de permeación de los gases que pasan a través de la película.

De igual manera, Limonchi *et al.*, (2015) sugiere que la utilización de un empaque con membranas selectivas permite un enriquecimiento de CO<sub>2</sub>, de manera que la atmósfera modificada se autogenera durante el almacenamiento mediante necesidades y respuesta del producto.

Para los tratamientos T4 y T6 puede aplicar las mismas razones a excepción de la temperatura, donde a pesar de que los empaques aumentaron su volumen después del día 12, se mantuvieron durante el periodo de análisis evaluado. Es así que según lo explica Kandasamy *et al.*, (2012) bajas temperaturas se reduce la tasa de respiración y por lo tanto se aumenta la vida en almacenamiento.

### **6.1.2. Comportamiento en el tiempo del índice de transpiración**

En el grafico 1 se muestra el comportamiento cinético del índice de transpiración en arveja variedad Obonuco Andina. Según el análisis de varianza (Anova) para el diseño factorial planteado, el tipo de gas, la temperatura y la interacción entre los dos factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable ( $p\text{-Valor} < 0,05$ ). Se observa que para los tratamientos T1 y T2 las pérdidas de peso al final del periodo de análisis son de 34,5 y 22,5 g/kg respectivamente, mientras que para los tratamientos T4 y T6 con el uso de atmosfera modificada, esta tasa de transpiración se ve reducida a 14,1 y 12, 6 g/kg para cada tratamiento.



**Gráfico 2. Comportamiento cinético del índice de transpiración en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación.

Florez & Ruiz (2010) afirman que la arveja presenta un alto contenido de agua mayor a 70 %, además después de la cosecha el fruto debe subsistir con sus propias reservas perdiendo agua hacia la atmósfera simultáneamente que sucede la respiración

Al disminuir la temperatura dentro del envase la pérdida de peso en forma de vapor de agua es menor (Muñoz-Delgado, 1985), hecho evidenciado en los tratamientos sin modificación atmosférica. Además, otros autores aseguran que la pérdida de peso es más rápida a temperaturas elevadas incluso cuando la humedad relativa es la misma, debido al incremento de calor producido por su metabolismo, hecho que se refleja en el tratamiento T1.

Mientras que en los tratamientos almacenados en atmosfera modificada este índice se ve reducido cerca al 50%. Artés (2006) le confiere este efecto a los beneficios de la AM ya que asegura que esta tecnología se basa en el uso de bajas presiones parciales de O<sub>2</sub> y

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> y/o elevadas de CO<sub>2</sub> y bajo vapor de agua con lo que se frena el metabolismo, reduce la transpiración y retrasa el deterioro de origen fisiológico.

No obstante, Ochoa & Guerrero (2013) encontraron que estos factores generan efectos adversos debido a que el envase al estar sellado herméticamente, las concentraciones de oxígeno y de anhídrido carbónico varían la atmósfera al interior del mismo, llevando a humedades muy elevadas que favorecen al desarrollo de hongos, incluso a temperaturas bajas, con el consiguiente deterioro del producto, similares resultados se obtuvo en la investigación.

En la tabla 15 se muestran los parámetros cinéticos para el índice de transpiración. El comportamiento responde a una cinética de orden cero, lo cual concuerda con lo encontrado por Toma *et al.*, (2006) en zucchini (*Curcubita pepo*) y Domingo, (1996) en leguminosa *Adenocarpus decorticans*.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher, se identificó equivalencias en los tratamientos en MAP y se identificó valores de K más altos en los tratamientos sin modificación atmosférica.

**Tabla 15.**

**Parámetros cinéticos, para el índice de transpiración.**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Índice de transpiración (g/kg)</b>	T1	1,9401 ± 0,0353 <sup>c</sup>	2,8124	0,9467	Cero
	T2	1,3421 ± 0,1878 <sup>b</sup>	-1,2552	0,956	
	T4	0,7930 ± 0,0951 <sup>a</sup>	-0,1014	0,9373	
	T6	0,7479 ± 0,1196 <sup>a</sup>	-0,1179	0,9533	

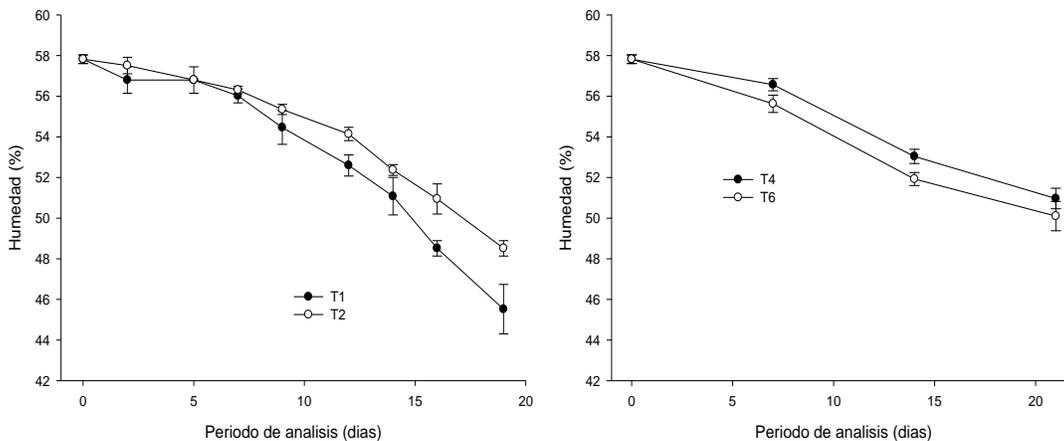
\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

### 6.1.3. Comportamiento en el tiempo del contenido de humedad

En el grafico 2 se muestra el comportamiento cinético del contenido de humedad en arveja. Según el análisis de varianza (Anova) para el diseño factorial planteado, el tipo de gas, la temperatura y la interacción entre los dos factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable ( $p\text{-Valor} < 0,05$ ).



**Gráfico 3. Comportamiento cinético del porcentaje de humedad en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C. T4 y T6.**

Fuente: Esta investigación

Se observa una disminución para todos los tratamientos en los siguientes porcentajes: T1 ( $12,3 \pm 2,214$ ); T2 ( $9,3 \pm 1,395$ ), T4 ( $6,3 \pm 1,189$ ) y T6 ( $7,19 \pm 1,0785$ ). Estos resultados demuestran que los tratamientos en atmosfera modificada reducen la perdida en un 50% lo cual contribuye a alargar el periodo de vida útil.

Umaña (2010) establece que este fenómeno se presenta debido a que el agua existente como fase líquida continua en el vegetal y se pierde simultáneamente a través de

la transpiración que involucra la transferencia de la humedad a través de la piel del alimento, la evaporación, y el transporte convectivo conducida por una diferencia en la presión del vapor de agua entre la superficie del producto y el ambiente influenciado por el manejo de la temperatura de almacenamiento por lo que este efecto se ve más representativo en el tratamiento T1.

La disminución de pérdida de humedad más leve que se evidencia en los tratamientos T4 y T6 se debe a que el uso de esta tecnología de envasado aumenta la humedad relativa del medio y reduce considerablemente el movimiento del aire alrededor de las paredes del material vegetal (Iglesias *et al.*, 2006). Además de esto, el uso del envase (baja permeabilidad) en la investigación frena la pérdida excesiva de agua y la consiguiente deshidratación del producto. Sin embargo, dicho envase genera sobre la superficie interna de esta lámina una condensación del vapor de agua que al parecer disfraza la pérdida de humedad respecto a lo dicho por Sandhya (2010).

El comportamiento de la pérdida del contenido de humedad responde a una cinética de primer orden, lo cual concuerda con lo reportado por Debnath, *et al.* (2003) encontrado en garbanzo. Los parámetros cinéticos obtenidos se indican en la tabla 16.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher se identificó equivalencias, presentando una mayor K el tratamiento almacenado a temperatura más alta.

**Tabla 16.****Parámetros cinéticos para el porcentaje de humedad.**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Humedad (%)</b>	T1	0,0121 ± 0,010 <sup>a</sup>	4,0856	0,9094	Primer
	T2	0,0069 ± 0,011 <sup>b</sup>	4,079	0,9241	
	T4	0,0059 ± 0,010 <sup>c</sup>	4,0588	0,9478	
	T6	0,0067 ± 0,008 <sup>b</sup>	4,0534	0,976	

\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

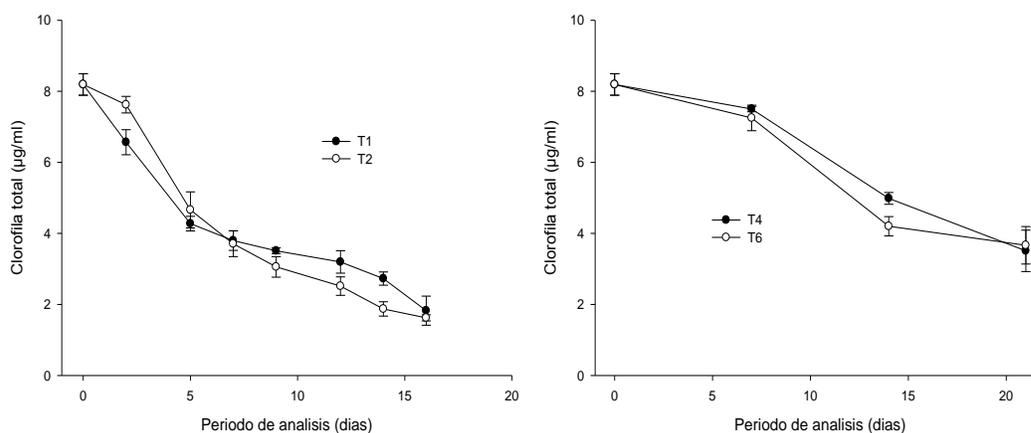
\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

**6.1.4. Comportamiento en el tiempo del contenido de clorofila**

En el grafico 3 se muestra el comportamiento cinético del contenido de clorofila en arveja variedad Obonuco Andina. Según el análisis de varianza (Anova) el tipo de gas, la temperatura y la interacción entre los dos factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable (p-Valor<0,05).

El tratamiento T1 muestra un aumento ligero en el contenido de clorofila al segundo día de análisis y una velocidad de pérdida más pronunciada que los otros tratamientos. Se tienen pérdidas de clorofila en µg/ml para los tratamientos: T1 (5,8337 ± 0,7343); T2 (5,8117 ± 0,0189), T4 (4,6828 ± 0,6522) y T6 (4,2451 ± 0,6185).



**Gráfico 4. Comportamiento cinético del contenido de clorofila en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación.

Según Ródes & Collazo (2006) la clorofila se caracteriza por ser un compuesto hidrosoluble, con ello su deterioro está ligado con el proceso de transpiración. Así mismo Canjura *et al.*, (1991) en sus estudios define las clorofilas como compuestos solubles en solventes no polares, las cuales se localizan formando complejos pigmento proteína en la fase lipídica de las membranas de los cloroplastos por lo que se pierde en el agua por traspiración, visto aún más en el tratamiento T1.

Por otra parte Schmalko *et al.*, (2003) estudió el efecto de la temperatura en la degradación de la clorofila, concluyendo que el aumento de la temperatura genera un mayor deterioro acelerando las reacciones que conllevan a esta degradación; lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación. De igual forma Migliorisi *et al.*, (1996) en su estudio obtuvo que la degradación de la clorofila genera un cambio de color verde brillante a verde oliva, que se debe a la formación de feofitina luego del reemplazo del ion  $Mg^{2+}$  del anillo tetrapirrólico de la clorofila por dos iones hidrógeno; esta reacción es acelerada con

el incremento de la temperatura obteniendo más pérdida en el tratamiento T1.

Para los tratamientos T4 y T6 a diferencia de los tratamientos T1 y T2 la velocidad de degradación es menor, esto se lo puede comparar con lo dicho por Yáñez, (2007) quien muestra que los tratamientos en AM inhibe la velocidad de ruptura de la estructura de la clorofila e inhibe el efecto del etileno ( $>1\% \text{ CO}_2$ ) aparentemente por competencia de este compuesto con sus receptores debido a la semejanza en estructura con el  $\text{CO}_2$ .

Además se podría comparar con lo dicho por Pariasca *et al.*, (2000); Kader & Zagory (1989) que han señalado que las altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  y baja de  $\text{O}_2$  reducen la descomposición de la clorofila en feofitina, por reducción de la aceleración de las reacciones metabólicas.

Estudios realizados sobre el deterioro de clorofila en okra por Shivhare *et al* (2000), en espinacas por Canjura *et al.*, (1991), en brócoli por (Weemaes *et al.*, 1999) en haba y en puré de arveja por (Steet & Tong, 1996), determinan que la reacción de primer orden define la cinética de degradación de clorofila, lo cual corresponde con lo obtenido en esta investigación. Los parámetros cinéticos se muestran en la tabla 17.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher se identificó equivalencias en los tratamientos en MAP, presentando una mayor K los tratamientos sin la modificación atmosférica (tabla 17).

**Tabla 17.****Parámetros cinéticos para el contenido de clorofila.**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Contenido de clorofila total (µg/ml)</b>	T1	0,0996 ± 0,0159 <sup>c</sup>	2,0569	0,9893	Primer
	T2	0,0819 ± 0,0171 <sup>b</sup>	2,0699	0,9658	
	T4	0,0422 ± 0,0075 <sup>a</sup>	2,1877	0,947	
	T6	0,0414 ± 0,0059 <sup>a</sup>	2,1413	0,9487	

\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C,

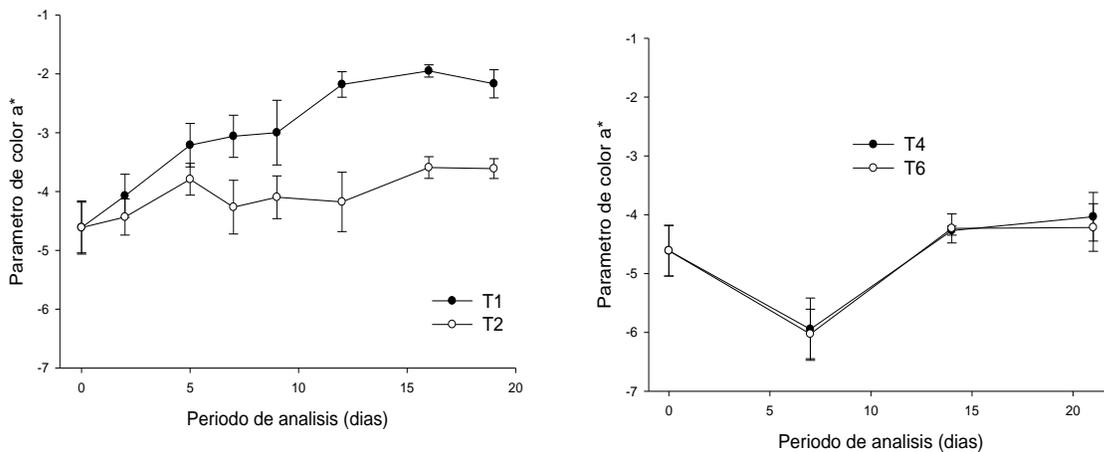
\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

**6.1.5. Comportamiento en el tiempo del parámetro de color a\***

En el grafico 4 se muestra el comportamiento cinético del parámetro de color a\* en arveja. Según la Anova, el tipo de gas, la temperatura y la interacción entre los dos factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable (p-Valor<0,05).

Se evidenció una disminución de color para el tratamiento T1 de 55,47% y para T2 de 30%. Los tratamientos envasados en atmosfera modificada presentaron un efecto de ganancia de color verde característico al séptimo día de análisis y una posterior pérdida de menos del 15%.



**Gráfico 5. Comportamiento cinético del parámetro de color  $a^*$  en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación.

Según Cortes R & Chiralt B (2008) los mayores cambios de color verde a amarillo ocurren en su desarrollo metabólico en el que influye el envasado y la temperatura de almacenamiento, hecho que se observa para el tratamiento T1. Así mismo, Salamanca G. & Abril R. (2008) concluyen que el efecto de la temperatura sobre el producto se evidencia con el pardeamiento de la materia prima, evidenciado en el parámetro  $a^*$  donde se observa que siempre decrece con el tiempo y el almacenamiento.

Para los tratamientos T4 y T6 en los primeros días tuvo una ganancia del color que se le puede atribuir a la evacuación de los aires ocluidos en los tejidos del material vegetal por acción de la mezcla de gas que ocasionan una acentuación de este color. Después del séptimo día se evidencia una menor pérdida debido a la disminución de la transpiración, relacionado con una menor degradación de la clorofila que genera el color verde característico, esto debido a la menor formación de feofitina generado por las altas

concentraciones de CO<sub>2</sub> y bajas de O<sub>2</sub>. No obstante, para Mónaco *et al.*, (2005) una humedad relativa baja puede originar condensación de vapor de agua que se deposita sobre la superficie del producto produciendo pérdidas de calidad debido a decoloraciones, por eso recomiendan la utilización en envases los cuales posean una permeabilidad selectiva.

Las cinéticas de reacción para el parámetro de color a\* obedece a una cinética de degradación de primer orden lo cual concuerda estudios realizados por Remacha *et al.*,(1992) y Manayay & Ibarz (2010) en pulpa de fruta; Uurrea *et al.*, (2012) en zanahoria y Salamanca G. & Abril R. (2008) en cremogenado de mango. Los parámetros cinéticos para el comportamiento de color a\* se muestran en la tabla 18.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher, se observa equivalencias entre los tratamientos. Con una mayor K el tratamiento T1.

**Tabla 18.**

**Parámetros cinéticos para el parámetro de color a\***

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Color a*</b>	T1	0,0434 ± 0,005 <sup>c</sup>	1,469	0,9757	Primer
	T2	0,0129 ± 0,003 <sup>a</sup>	1,5182	0,9759	
	T4	0,0277 ± 0,004 <sup>ab</sup>	1,9307	0,8572	
	T6	0,0255 ± 0,003 <sup>ab</sup>	1,9319	0,8525	

\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

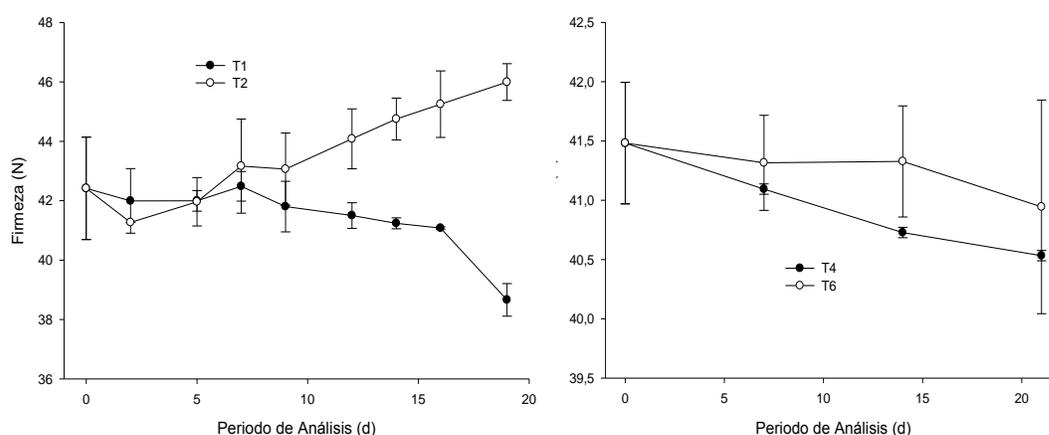
\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

### 6.1.6 Comportamiento en el tiempo de la firmeza

En el grafico 5 se muestra el comportamiento cinético de la firmeza en arveja en

almacenamiento. Según el análisis de varianza (Anova), el tipo de gas, la temperatura y la interacción entre los dos factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable ( $p$ -Valor $<0,05$ ); evidenciando un aumento para el tratamiento T1 y disminuciones para los demás tratamientos al final del periodo de análisis con respecto al valor inicial de 42,5 N bajo las diferentes condiciones de estudio en los siguientes porcentajes: T1 ( $9,83 \pm 1,40$ ), T2 ( $7,71 \pm 1,37$ ), T4 ( $2,25 \pm 0,38$ ) y T6 ( $1,34 \pm 0,23$ ).



**Gráfico 6. Comportamiento cinético de firmeza en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación

Los resultados permiten afirmar que a temperatura de refrigeración hay una pérdida de agua por transpiración y por lo tanto existe concentración de solutos dentro del material vegetal, aumentando la firmeza (T2); Cáceres *et al.*, (2000) y Marrón & Malo, (2012) reportan una conclusión similar, hecho que se favorece por la modificación pasiva dentro del envase. No obstante el tratamiento T1 aumenta su firmeza hasta el día 7, pero muestra un descenso después de ese día atribuido a los daños en los tejidos del material vegetal por el exceso de humedad dentro del envase asociado a la alta presión de vapor de agua

(Lanchero *et al.*, 2007), además de la presencia de microorganismos que alteran la estructura del vegetal.

Para el caso de los tratamientos envasados en atmosfera modificada, se muestra un ablandamiento, hecho que se debe al contenido de CO<sub>2</sub> inyectados en la mezcla y producidos durante el almacenamiento. Es así que el CO<sub>2</sub> al disolverse fácilmente en agua y en grasa produce ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que aumenta la acidez del medio y reduce el pH; origina exudado por la pérdida de la capacidad de retención de agua en los tejidos de las proteínas y conlleva a su desnaturalización, además se podrían desencadenar reacciones de hidrolisis y glicolisis (Elwan *et al.*, 2015; Iglesias *et al.*, 2006; Sandhya, 2010).

Por su parte Mullan (2002) afirma que esta solubilidad aumenta tanto intra como intercelularmente a medida que se reduce la temperatura y por lo tanto ablanda los tejidos y que al aumentar la humedad hay mayor absorción de CO<sub>2</sub> (Marcela *et al.*, 2008).

En la tabla 19 se indican los parámetro cinéticos. Los valores de K para el parámetro evaluado respondieron a una cinética de primer orden. Este comportamiento coincide con lo reportado por Baldizon *et al.*, (2011) encontrado en pruebas aceleradas de tomate, Chen & Ramaswamy, (2002) en banano y Rodrigo *et al.*, (1998) en espárragos verdes.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher; se identificó equivalencias, presentando una mayor K los tratamientos sin la modificación atmosférica.

**Tabla 19.****Parámetros cinéticos para el cambio de firmeza**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Firmeza (N)</b>	T1	0,0029 ± 0,0005 <sup>b</sup>	3,7551	0,8684	Primer
	T2	0,0062 ± 0,0006 <sup>b</sup>	3,7288	0,9017	
	T4	0,0009 ± 0,0001 <sup>a</sup>	3,7192	0,9723	
	T6	0,0003 ± 0,0001 <sup>a</sup>	3,7187	0,8716	

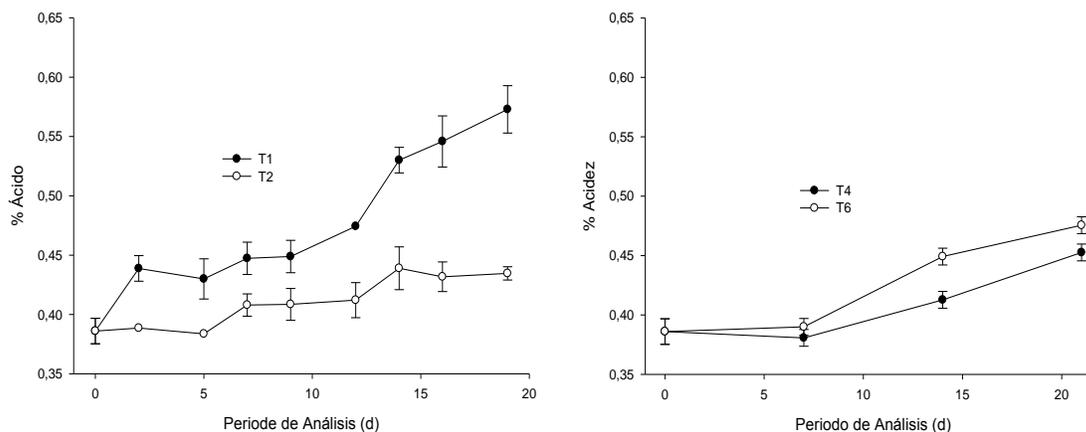
\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

**6.1.7 Comportamiento en el tiempo de acidez titulable**

En el gráfico 6 se presentan los resultados de la evolución de la acidez titulable en arveja almacenada a 4°C y 18°C. Según el análisis de varianza, el tipo de gas y la interacción entre los factores presentaron efecto significativo sobre dicha variable (p-Valor<0,05), a diferencia de la temperatura (p-Valor>0,05). Evidenciando un aumento para todos los tratamientos con respecto al valor inicial de 0,3784% bajo las diferentes condiciones de estudio en los siguientes porcentajes: T1 (0,21 ± 0,03), T2 (0,05 ± 0,01), T3 (0,09 ± 0,01) y T4 (0,07 ± 0,13).



**Gráfico 7. Comportamiento cinético de acidez titulable en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación

Según Caracciolo *et al.*, (2013) la arveja tiene un contenido de ácido ascórbico alrededor del 0,5-1 mg/100 g ( $1 \times 10^{-3}\%$ ), siendo uno de los ácidos predominantes junto a la tiamina, riboflavina, niacina y retinol (A). Aunque el porcentaje de acidez se calculó en relación al contenido de ácido ascórbico, según los datos bibliográficos resulta tener un contenido mínimo y por ende no infiere en la discusión de los resultados de este parámetro.

De este modo, debido a la baja permeabilidad del envase se presentó formación de ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) en el medio, hecho explicado anteriormente y que a medida que transcurre los días de almacenamiento aumenta su producción generando mayor acidez como muestra el grafico 6. Para el caso del tratamiento 1, este hecho se evidencia aún más por la presencia de microorganismos favorecidos por la alta humedad y temperatura dentro del envase identificados en el numeral 7.4.

Los perfiles de acidez obtenidos se ajustaron a un modelo cinético de primer orden de

acuerdo a lo reportado por Braquehais (2008) encontrado en lechuga. Los parámetros cinéticos obtenidos en esta investigación se muestran en la tabla 20.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher, el tratamiento T4 presenta mayor velocidad de acidez por la cantidad de CO<sub>2</sub> inyectados en la mezcla de gas.

**Tabla 20.**

**Parámetros cinéticos para acidez titulable**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Acidez Titulable (%)</b>	T1	0,0451 ± 0,004 <sup>c</sup>	0,3813	0,9282	Primer
	T2	0,0066 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,3771	0,9064	
	T4	0,0221 ± 0,002 <sup>d</sup>	-0,9522	0,9312	
	T6	0,0164 ± 0,005 <sup>b</sup>	-0,9738	0,9088	

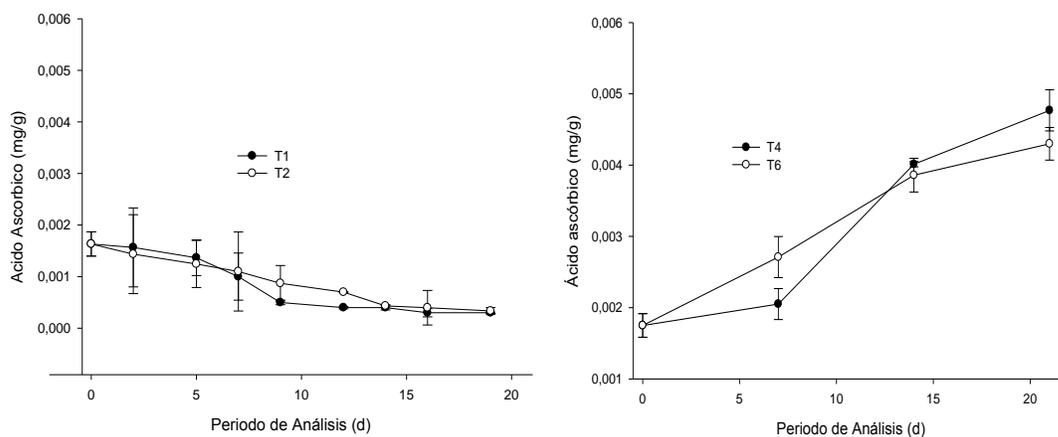
\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

### 6.1.8 Comportamiento en el tiempo del ácido ascórbico

En el grafico 7 se muestra el comportamiento cinético del contenido de ácido ascórbico. Según el análisis de varianza, los factores y la interacción de los mismos tienen un efecto estadísticamente significativo sobre este parámetro (p-Valor<0,05); evidenciando una reducción para los tratamientos sin la modificación atmosférica de alrededor de 0,0013 mg/g, a diferencia de los tratamientos en MAP con un aumento en mg/g de 0,0029 (T4) y 0,00286 (T6) en relación al valor inicial de 0,0016 mg/g



**Gráfico 8. Comportamiento cinético del ácido ascórbico en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C. T4 y T6.**

Fuente: Esta investigación.

Como se puede apreciar en la gráfica 1, la pérdida de peso supera el 3,47%, resultado que se puede asociar a la reducción del contenido de ácido ascórbico debido a su carácter altamente hidrosoluble (Bowman y Russell, 2003). Similares resultados reportan Pariasca *et al.*, (2000), quienes indican que su pérdida está asociado a la merma de agua.

De igual modo, Elwan *et al.*, (2015) consideran que la degradación de este compuesto en arveja probablemente puede ser debida a las enzimas oxidantes, por ejemplo, la oxidasa del ácido ascórbico que reduce este componente de las frutas y hortalizas y la convierte en ácido dehidroascórbico, posiblemente por el contenido de O<sub>2</sub> dentro del envase. Sin embargo en reportes de Wandemberg *et al.*, (1997) afirma que el alto contenido de CO<sub>2</sub> disminuye la concentración de este acido en frutas, pero en vegetales como brócoli, aumenta, hecho que se evidencia para los tratamientos en MAP; relacionado con la síntesis a partir de glucosa (Serra y Cafaro, 2007).

No obstante, el contenido de ácido ascórbico de la arveja es mínimo (0,5 mg/100g) al igual que en otros granos, por ende este atributo no influye en la calidad del producto en comparación con otros alimentos como frutas que contienen alrededor de 500 a 600 mg/100 g (Medina & Pagano, 2003).

Los resultados obtenidos obedecen a una cinética de primer orden, similar a lo reportado por Matos & Chuquilín, (2010) en concentrado de carambola; Ordóñez *et al.*, (2013) en frutos de guayaba ; Páez *et al.*, (2008) en jugo de parchita y Sirley & Murillo, (2003) en pulpa de mora. Los parámetros cinéticos se muestran en la tabla 21.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher, se identificó equivalencias entre tratamientos, con una K mayor para el tratamiento T1.

**Tabla 21.**

**Parámetros cinéticos de contenido de ácido ascórbico**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Ácido Ascórbico</b>	T1	0,1066 ± 0,0115 <sup>a</sup>	6,3223	0,9212	Primer
	T2	0,0901 ± 0,0144 <sup>a</sup>	6,3086	0,9663	
	T4	0,0546 ± 0,0103 <sup>b</sup>	6,4734	0,9214	
	T6	0,0498 ± 0,0104 <sup>b</sup>	6,3565	0,9647	

\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

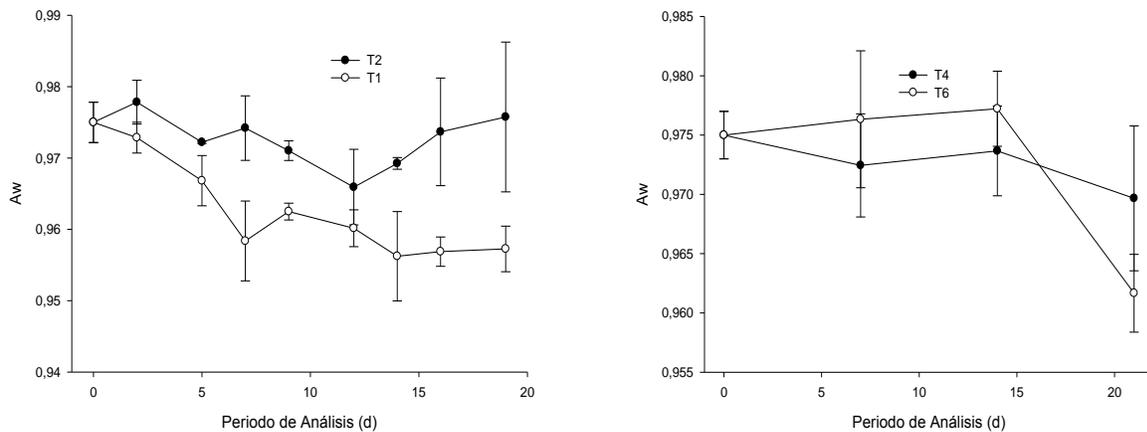
Fuente: Esta investigación

### 6.1.9 Comportamiento en el tiempo de actividad acuosa (aw)

En el grafico 8 se muestra el comportamiento cinético de la actividad acuosa en arveja. Los resultados del análisis de varianza indican que los factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el parámetro analizado (p-valor < 0,05). Se observa que existe una disminución al final del periodo de análisis para todos los tratamientos, más

significativa en el tratamiento T2, sin embargo están en un rango entre 0,96 y 0,98. De este modo, según reportes de Garza (2002) las frutas y hortalizas son alimentos con elevada humedad que tienen valores de aw entre 0,97 y 1 resultando en igual condición los resultados obtenidos.

Por otro parte, los picos apreciados en la gráfica pueden deberse a que la aw trató de equilibrarse junto con la humedad relativa del medio dentro del envase (T1 y T2).



**Gráfico 9. Comportamiento cinético de Aw en el tiempo durante el periodo de almacenamiento. a) Tratamientos sin modificación de la atmosfera T1:18°C, T2: 4°C; b) Tratamientos en atmosfera modificada a 4°C.**

Fuente: Esta investigación

La reducción de aw se debe a la transferencia de agua a través de las membranas semipermeables del material vegetal (Marcela *et al.*, 2008) de mayor reducción en el tratamiento T1 debido a la baja humedad relativa en el microambiente. Para el caso de los demás tratamientos el hecho se evidencia con menor variabilidad por el alto contenido de humedad, producto de la condensación y HR elevada dentro del envase (Marcela *et al.*, 2008).

El rango de  $a_w$  obtenido (mayor perecibilidad  $>0,9$ ), se denomina agua poco ligada, la cual se elimina con facilidad y es responsable de cualquier tipo de reacción y crecimiento microbiano (Gutiérrez, 2000b). Por su parte, Garza (2002) y Puerta (2006) consideran que la mayoría de los microorganismos se sitúa entre 0,92 y 0,99. Así, las bacterias entre las que se incluyen las patógenas, prácticamente no pueden crecer cuando los valores de la  $a_w$  están por debajo de 0,85-0,90, mientras que mohos y levaduras, son más tolerantes, pudiendo crecer a valores de  $a_w$  hasta 0,6. De esta manera pueden atacar el producto favorecidos por el rango de  $A_w$  encontrados en la investigación. Complementando lo afirmado en el numeral 7.3.

En la tabla 22 se indican los parámetro cinéticos. Los valores de K para el parámetro evaluado respondieron a una cinética de primer orden. Este comportamiento coincide con lo reportado por otros autores como Schmalko *et al.*, (2000) en yerba mate.

Después de realizar la comparación entre medias según LSD de Fisher, se identificó equivalencias entre tratamientos, presentando una mayor velocidad de pérdida del atributo para el tratamiento T2.

**Tabla 22.**

**Parámetros cinéticos para actividad acuosa**

Parámetro	Tratamiento*	K (1/día)**	B	R <sup>2</sup>	Orden de reacción
<b>Aw</b>	T1	0,0010 ± 0,0001 <sup>a</sup>	0,0245	0,8948	Primer
	T2	0,0005 ± 0,0002 <sup>a</sup>	0,0278	0,8554	
	T4	0,0008 ± 0,0001 <sup>a</sup>	0,0158	0,9583	
	T6	0,0009 ± 0,0001 <sup>a</sup>	0,0151	0,9346	

\*T1= G3-18°C, T2= G3-4°C, T4= G1-4°C, T6= G2-4°C

\*\*Valores promedio (n=3) ± desviación estándar; Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

## 6.2 Análisis sensorial de la arveja durante el periodo de almacenamiento

En la tabla 23 se muestra los valores iniciales del análisis sensorial determinado en la investigación.

**Tabla 23.**

### Valores iniciales del análisis sensorial

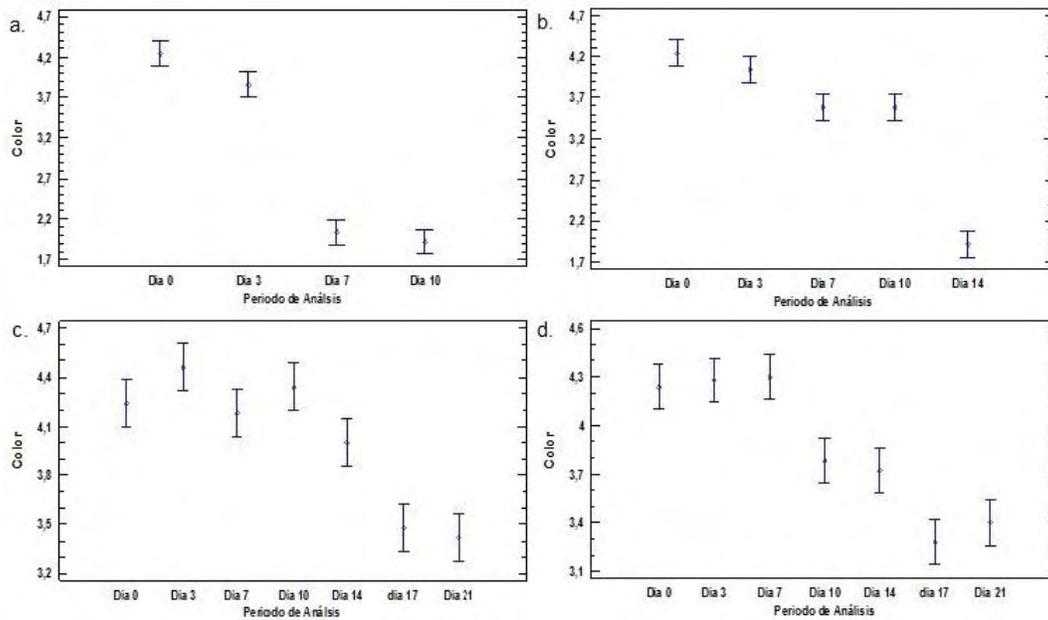
Parámetro Sensorial	Valor Inicial	Escala
<b>Olor</b>	3,6	hedónica 5 puntos
<b>Color</b>	4,24	hedónica 5 puntos
<b>Sabor</b>	4	hedónica 5 puntos

Fuente: Esta investigación

Para el tratamiento T1 se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en los primeros días de análisis (figura 6a, 7a, 8a). Al día 7 y 10 se obtiene un desagrado total por parte de los evaluadores por su mala apariencia, olor y sabor descartándolos para los posteriores análisis y por ende finaliza su vida útil sensorial.

Para el tratamiento T2 no hay diferencia estadísticamente significativa hasta el día 10 para el parámetro color, en cambio para la característica olor se presenta hasta el día 7 y sabor hasta el día 10.

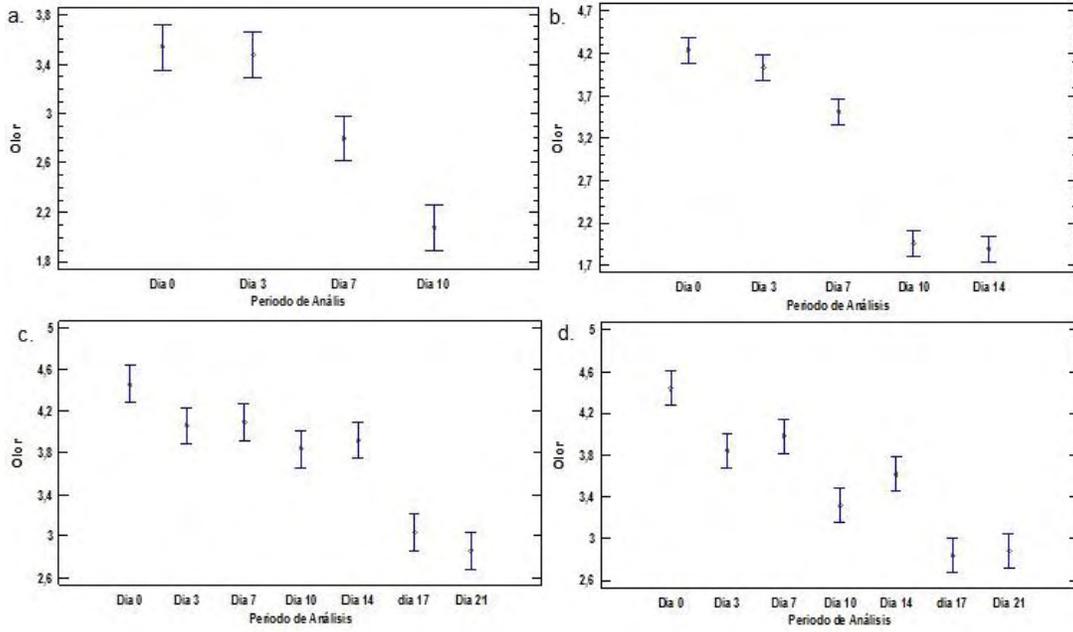
Los resultados obtenidos en comparación con el grafico 3 y 4 muestran que el tratamiento T1 al día 7 la color a\* tiende a degradarse con más rapidez a diferencia de T2. Esto se le atribuye a la temperatura que afecta o reduce los cambios fisiológicos que generan deterioros. Según los evaluadores tiende a tornarse a un color amarillo, corroborando la parte técnica atribuyendo este fenómeno a la degradación de la clorofila por hidrosolubilidad.



**Figura 4. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro color según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. \*Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15%**

Fuente: Esta investigación

A diferencia de los tratamientos empacados en condiciones normales el tratamiento T4 presenta una diferencia estadísticamente significativa para el día 17 respecto al color (figura 6c), mientras que T6 no presenta diferencia estadísticamente significativa en todo el periodo de análisis. La variabilidad frente a este parámetro de calidad se asemeja al deterioro de clorofila y consigo la pérdida de color verde afirmando lo dicho en el análisis fisicoquímico.

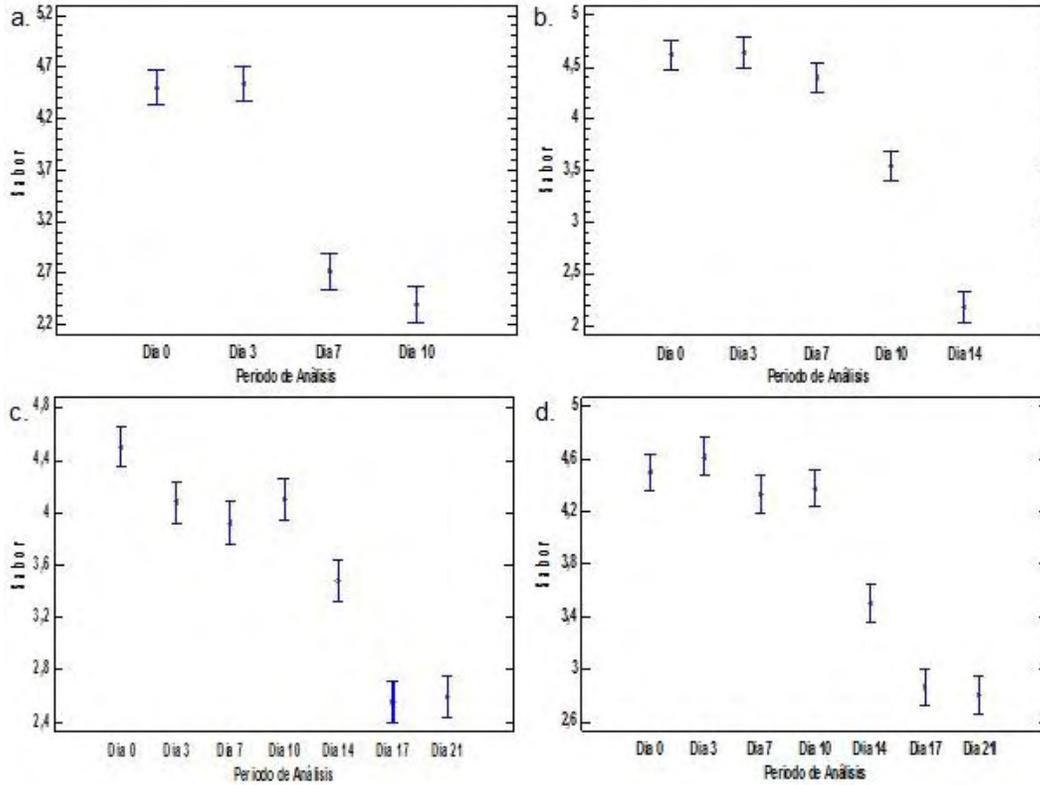


**Figura 5. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro olor según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. \*Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15%**

**T6. \*Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15%**

Fuente: Esta investigación

En cuanto al parámetro olor, los tratamientos T4 y T6 presentan diferencia estadísticamente significativa indicando que después del día 17 el olor es inaceptable sensorialmente (figura 7c y 7d). En cambio para el parámetro sabor no existe diferencia estadísticamente significativa hasta el día 14 para el tratamiento T4 mientras que para el tratamiento T6 esto ocurre hasta el día 17 (grafico 8c y 8d).



**Figura 6. Comparación de medias entre días para cada tratamiento para el parámetro sabor según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza. a) T1; b) T2; c) T4 y d) T6. \*Los coeficientes de variación sensorial están por encima del 15%**

Fuente: Esta investigación

Para los dos últimos parámetros mencionados, manifiestan un olor a fermento que torna desagradable para su consumo. La explicación a este fenómeno se debe a lo expuesto por Gorris & Peppelenbos (1992) y Mullan (2002) se deben a procesos fermentativos ( $CO_2 > 20\%$  y  $O_2 < 1-3\%$ ). Este fenómeno se representa en la ecuación 6.

**Ecuación 4:** Respiración anaerobia.



Mediante este proceso se genera productos como etanol, acetaldehído y lactato. No obstante Riquelme (2007) confiere estos cambios a la peroxidación enzimática de los

ácidos grasos insaturados modificando el flavor en este tipo de productos. Según explica, esta peroxidación está catalizada por lipoxidasas y da origen a la formación de numerosos aldehídos como el n-hexanal.

Nicolais *et al.*, (2011) en su estudio en brócoli afirma que en estas condiciones se producen azufres volátiles almacenado en atmosfera modificada.

### 6.3 Estimacion de vida la vida util de la arveja en almacenamiento

Gómez y Vásquez (2007) indican que las características de color y textura de un vegetal tienen un rol muy importante en la evaluación de calidad y aceptabilidad por parte del consumidor. De este modo el color se tomó como parámetro para evaluar el periodo de vida útil para cada tratamiento respecto a los valores de la constante cinética (k) obtenidos en la tabla 17.

La bondad de ajuste de este modelo se evaluó con los parámetros  $R^2$  (coeficiente de determinación), RMSE (raíz cuadrada del error medio cuadrático), MBE (error de desvío medio) y E % (error porcentual promedio) dado por las ecuaciones:

**Ecuación 5.** Raíz cuadrada del error medio cuadrático

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (C_{cal} - C_{exp})_n^2}{n} \right]^{0.5}$$

**Ecuación 6.** Error de desvío medio

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{cal} - C_{exp})_n}{n}$$

**Ecuación 7.** Error porcentual promedio

$$E\% = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|(C_{cal} - C_{exp})_n|}{C_{exp}}}{n} \times 100$$

Dónde:  $C_{cal}$ : valor calculado,  $C_{exp}$ : valor experimental y  $n$ : número de determinaciones.

Según Gálvez *et al.*, (2006) y Park *et al.*, (2002) un buen ajuste es indicado por valores pequeños de RMSE y MBE,  $R^2 > 0,85$  y  $E \% < 10$  indicados en la tabla 24.

**Tabla 24.**

**Parámetro cinéticos y bondad de ajuste del modelo exponencial en relación al comportamiento de color a\*.**

Tratamiento	K	R <sup>2</sup>	Bondad de ajuste		
			RMSE*	MBE**	E%***
T1	0,0434 ± 0,005 <sup>c</sup>	0,9757	0,1665	-0,0273	2,803
T2	0,0129 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,9759	0,1804	-0,0915	4,323
T4	0,0277 ± 0,004 <sup>ab</sup>	0,8572	0,4861	-0,0903	10,067
T6	0,0255 ± 0,003 <sup>ab</sup>	0,8525	0,2375	0,2091	4,955

\*Raíz cuadrada del error medio cuadrático, \*\*Error de desvío medio, \*\*\*Error porcentual promedio.

Fuente: Esta Investigación.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y tomando como referencia el tiempo de aceptación en el análisis sensorial para cada tratamiento, y en relación a la ecuación de primer orden (ecuación 3) se calculan los tiempos de vida útil a través del atributo de calidad color, hasta donde el valor de color a\* presenta condiciones que generan rechazo (-3,17) por parte de los consumidores obtenido a partir del método de mínima aceptabilidad.

En la tabla 25 se muestra la estimación de vida útil para cada tratamiento en arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Obonuco Andina.

**Tabla 25.****Estimación de vida útil en relación al parámetro de calidad a\***

Tratamiento	Estimación de vida útil
	(días)
T1	7,2
T2	22,1
T4	28,0
T6	30,5

Fuente: Esta investigación.

#### 6.4 Evaluación del efecto del almacenamiento de arveja sobre su calidad microbiológica

En la tabla 26 se muestra el día, desde el cual hubo presencia de los microorganismos en los tratamientos analizados.

**Tabla 26.****Presencia de microorganismo en los días**

Tratamiento	Tipo de Microorganismo	Presencia- tiempo (días)
T1	Bacterias	1
	Hongos	9
T2	Bacterias	1
	Hongos	9
T4	Bacterias	14
	Hongos	21
T6	Bacterias	14
	Hongos	21

Fuente: Esta investigación

Durante el periodo de análisis, se identificó tres tipos de microorganismos que se presentaron en los diferentes tratamientos. En la imagen 24 muestra una presencia de bacterias del genero *Bacillus* sp y cocos Gram positivos (color violeta al microscopio); mientras que en las imágenes 25 y 26 una presencia de hongos del genero *Aspergillus* y *Colletotrichum*. Este tipo de microorganismos son similares al estudio realizado en arveja

por Zapata & Villalobos (2012), quienes encontraron que al hacer previa desinfección en el material vegetal, estos se desarrollan normalmente debido a que se encuentran adheridos entre los poros del material.

Gorris & Peppelenbos (1992) considera que las frutas y verduras frescas normalmente tienen un deterioro por su microflora debido al estrecho contacto con varios tipos de microorganismos durante el crecimiento y manejo poscosecha, resultando difícil su control.

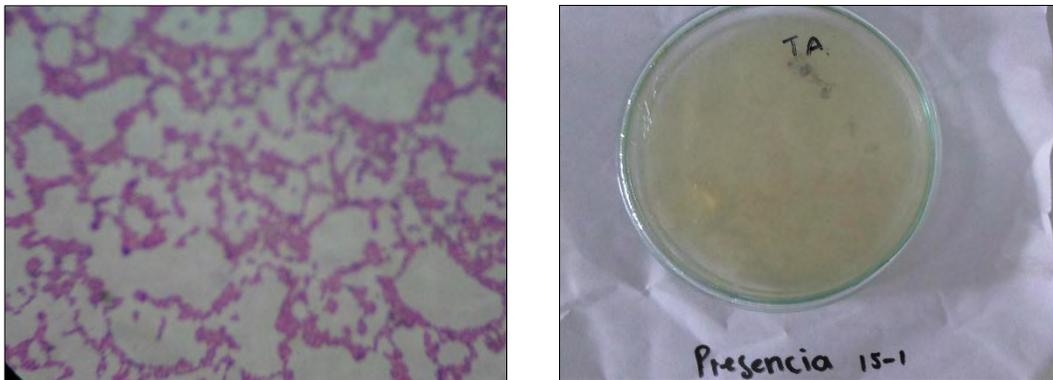
Los tratamientos T1 y T2 mostraron presencia de bacterias del género *Bacillus* sp y cocos Gram positivos (no patógenos) desde el primer día de análisis (imagen 24). Esta clase de microorganismos al ser aerobios y anaerobios facultativos se desarrollan a bajas condiciones de  $O_2$ . Según Orduña (2001) las condiciones de crecimiento relacionadas con la  $a_w$  son de 0,91 a 0,95 similar a los datos obtenidos de  $a_w$  (gráfico 8) donde los valores están por encima de 0,9. Se podría decir que existía condición ideal para su crecimiento aunque no causaron daños notorios al producto.

Para los tratamientos T4 y T6 teniendo en cuenta lo dicho por García López (1989) las concentraciones de  $CO_2$  superiores al 5 %, inhiben el crecimiento de la mayor parte de estas bacterias (Gram (-, +)) retardando la fase log del crecimiento microbiano, corroborando lo estudiado por Mullan (2002) quien en su estudio considera que el  $CO_2$  ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacterial y fúngico, entonces posiblemente la AM utilizada priva su crecimiento.

Esta sensibilidad a los gases se debe a que la pared celular está compuesta por una capa proteica de peptidoglicano que origina la rigidez de las bacterias (más para Gram (+) que Gram (-)). Sandhya (2010) asegura que a bajas temperaturas durante el almacenamiento incrementa los efectos inhibitorios del empleo de AM, ya que aumenta la

solubilidad del CO<sub>2</sub> en la fase líquida que rodea al alimento y si se produce ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que aumenta la acidez de la solución y reduce el pH y posiblemente desnaturalizando la capa protectora. Sin embargo mostro presencia con valores obtenidos en la tabla 22 al día 21 del periodo de análisis posiblemente por contaminación.

El mismo autor menciona que el CO<sub>2</sub> tiene un efecto antimicrobiano directo, dando como resultando un aumento del tiempo de fase de latencia (las células ajustan su fisiología al medio en que se encuentran) y la generación durante la fase logarítmica de crecimiento (las células se reproducen lo más rápido que pueden en ese medio). Según lo expuesto se podría decir que la presencia de CO<sub>2</sub> reduce su capacidad competitiva y respecto a los datos obtenidos se puede decir que este concepto se aplica a los tratamientos T4 y T6 presentando la aparición de estas bacterias después del día 14.

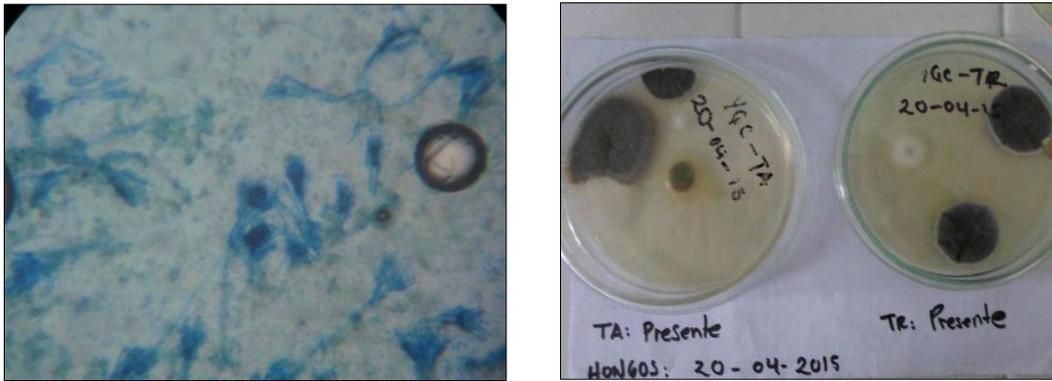


**Imagen 23. Presencia de Bacillus sp y cocos Gram positivos**

Fuente: Esta investigación

Para el caso de los hongos (imagen 25 y 26) los tratamientos T1 y T2 presentaron crecimiento al día 9, en cambio para T4 y T6 se presentaron a los 21 días. Según lo explica Arias & Piñeros (2008) los hongos presentan un crecimiento aparente la cual tiene dos componentes: una fase anterior a la germinación de esporas y una fase en que el

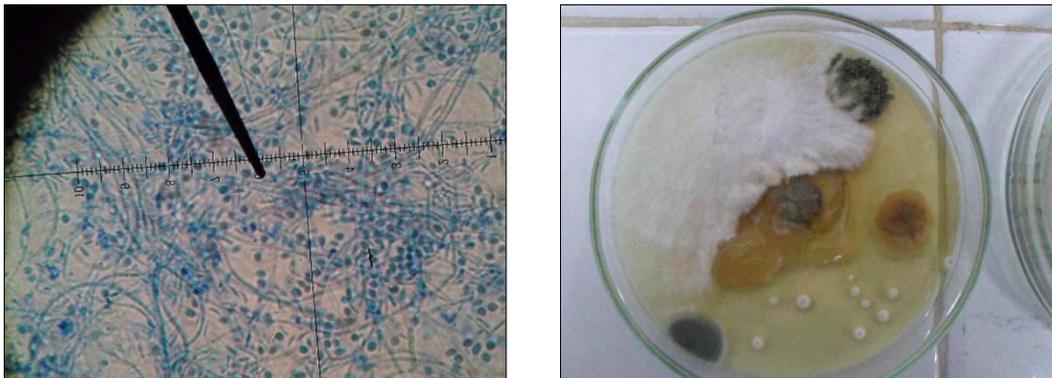
crecimiento se presenta pero no se evidencia. Se creería que en la primera fase el efecto de la AM actúa en el material vegetal reduciendo los procesos metabólicos como se había explicado anteriormente y por consiguiente evitando generar condiciones donde las esporas puedan desarrollarse vitalmente.



**Imagen 24. Presencia de Aspergillus**

Fuente: Esta investigación

La presencia de Aspergillus se puede comparar con lo desarrollado por Matan *et al.*, (2006) quien estudió su inhibición con la adición de mezclas de aceites de canela y clavo de olor en una AM, quien encontró que a pesar del cambio de las condiciones atmosféricas existe desarrollo microbiano.



**Imagen 25. Presencia de Colletotrichum**

Fuente: Esta investigación

Para el caso del hongo *Colletotrichum*, Calderon & Barkai-Golan (1990) en su estudio muestra que el etileno confiere un poder inhibitorio en este hongo. Según los resultados de esta investigación no existe producción de etileno por la alta concentración de CO<sub>2</sub>. Se podría asumir entonces que este hongo se puede desarrollar como uno de los hongos identificados por Zapata & Villalobos (2012) en arveja. En la tabla 27 se muestra el análisis microbiológico realizado en los laboratorios especializados de la universidad de Nariño a los 21 días de almacenamiento.

**Tabla 27.**

**Análisis microbiológico de muestras empacadas día 21**

Atmosfera	Coliformes totales	Mesófilos	Recuento de hongos y levaduras
<b>Gas 1: 5.25% O<sub>2</sub> 15.75% CO<sub>2</sub> 79% de N<sub>2</sub></b>	43 <sup>a</sup>	80000 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
<b>Gas 2: 10.88 O<sub>2</sub>, 10.68% CO<sub>2</sub> 78.44% de N<sub>2</sub></b>	100 <sup>a</sup>	115000 <sup>a</sup>	620 <sup>a</sup>
<b>Gas 3</b>	≥ 2400 <sup>b</sup>	14.400.000 <sup>b</sup>	84.000 <sup>b</sup>

Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Fuente: Esta investigación

De acuerdo a la NTC 1250 la arveja verde no requiere parámetro microbiológicos máximos o mínimos para su comercialización, de igual forma la NTC 1009 para arvejas frescas en conserva no muestra requerimientos microbiológicos. De esta forma, el producto podría ser comercializado como producto en fresco.

## 7. CONCLUSIONES

La aplicación de atmosfera modificada mostró efecto significativo dentro de los atributos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales evaluados durante el almacenamiento en comparación con el tratamiento sin la modificación de la atmosfera.

Los tratamientos almacenados a 18°C bajo la modificación atmosférica activa presentaron un aumento drástico del volumen del envase rompiéndolo al cabo del quinto día.

La impermeabilidad selectiva del envase utilizado en esta investigación perturbo alcanzar el equilibrio atmosférico que se pretende obtener con esta tecnología para mantener las condiciones óptimas del producto.

Los tratamientos sin modificación atmosférica presentaron valores de la constante cinética de reacción (K) más altos que los tratamientos con atmosfera modificada, mostrando valores más elevados los tratamientos a 18°C por efecto de la temperatura.

El tratamiento T6 fue el que mejor conservó la calidad de la arveja y presentó menores valores de velocidad de reacción (K) indicando una mayor vida útil de 30,5 días almacenada en las condiciones antes mencionadas, respecto al tratamiento control de 7,2 días.

A pesar de haber realizado un proceso de desinfección y haber tomado todas las medidas para evitar la recontaminación de las muestras, existió presencia de microorganismos en todos los tratamientos, con mayor incidencia en su aparición en los tratamientos sin atmosfera modificada.

## 8. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de factibilidad de acuerdo a los resultados encontrados en este proyecto de investigación.

Dar continuación a la investigación enfocándose en la utilización de envases con permeabilidad selectiva con la temperatura y mezcla de gas analizada en este trabajo. Así mismo, realizar un tratamiento previo al envasado en atmosfera modificada como el caso del pre-enfriamiento y esterilización.

Para posteriores análisis se debe Investigar otro tipo de atmosferas modificando las concentraciones de los gases con la utilización de un diseño factorial  $3^k$  bajo la metodología de superficies de respuesta.

Se recomienda hacer este estudio en otras variedades, para evaluar el comportamiento de las mismas.

Se recomendaría optar por la compra de un analizador de gases que permita obtener el comportamiento de la mezcla de gases en el tiempo y aplicar esta tecnología en otro tipo de verduras y se potencialice la investigación en este campo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Agronet. (2009). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el Abril de 2011, de [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronel/201046112648\\_resultados\\_ena\\_2009.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronel/201046112648_resultados_ena_2009.pdf)
- Agronet. (2014). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Sistema de Estadísticas Agropecuarias – SEA. Tomado de <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx> consultado el 16 de febrero de 2015
- Agronet. (2015). Sistema de Estadísticas Agropecuarias - SEA. Producción nacional por producto. Retrieved from [http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16\\_2011.aspx?cod=16](http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16_2011.aspx?cod=16)
- Alasino, M. C., Andrich, O. D., Sabbag, N. G., Costa, S. C., De La Torre, M. A., & Sánchez, H. D. (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 58(5), 397–402.
- AM Herrero, M. R. de A. (2006). Innovaciones en el procesado de alimentos: tecnologías no térmicas. *Rev Med Univ ...*, 50, 71–74.
- Amarakoon, D., McPhee, K., Thavarajah, P., & others. (2012). Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: A potential food-based solution to global micronutrient malnutrition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(1), 8–13.
- Andrade, R. D., Palacio, J. C., Pacheco, W. a., & Betin, R. A. (2012). Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmosferas Modificadas. *Informacion Tecnologica*, 23(4), 65–72.

- Arévalo, M. M. R., & Castrillón, J. J. C. (2004). Almacenamiento de café tostado y molido en atmosfera de nitrógeno y gas carbónico., *55*(1), 5–15.
- Arias C., E. L., & Piñeros E., P. A. (2008). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los paramos de guasca y cruz verde. Facultad De Ciencias De La Pontificia Universidad Javeriana.*
- Arias, E. L., & Piñeros, P. A. (2008). *Aislamiento E Identificación De Hongos Filamentosos De Muestras De Suelo De Los Paramos De Guasca Y Cruz Verde. Facultad De Ciencias De La Pontificia Universidad Javeriana.*
- Artés C., F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *7*(2), 61–85.
- Aular, J., Ruggiero, C., & Durigan, J. (2001). Efecto de la envoltura plastica y el tiempo de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de frutos de parchita maracuya. *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín*, *13*(1), 15–21.
- Baldizon, C. G., Valle, G. C. del, & Cordoba, M. M. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingenieria*, *21*(2), 31–38.
- Bariffi, J. H. (2007). Consideraciones generales sobre el cultivo de arveja proteica.
- Barth, M. M., Kerbel, E. L., Perry, a. K., & Schmidt, S. J. (1993). Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. *Journal of Food Science*, *58*(1), 140–143.
- Bowman, B. A., & Russell, R. M. (2003). Vitaminas hidrosolubles. In *Conocimientos actuales de nutrición* (p. 802).
- Braquehais, F. R. (2008). *Estabilidad de vitaminas, vida comercial y bioaccesibilidad de*

- folatos-hierro en formulas infantiles de continuación y crecimiento. Universidad De Murcia.*
- C. Valero, M. R. (1992). Equipos de medida de calidad Organoléptica en frutas, 6.
- Cabañes Saenz, F. J. (2001). Identificación de hongos dermatofitos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 84, 1–11.
- Cáceres, I., Mulkay, T., Rodríguez, J., & Paumier, A. (2000). *Conservación de productos hortofrutícolas* (pp. 1–19).
- Calderon, M., & Barkai-Golan, R. (1990). *Food preservation by modified atmospheres*. CRC Press.
- Calero, F. (2006). El envasado en atmosfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y minimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 7, 61–85.
- Camacho, A., Giles, M., Ortigón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. *Tecnica Para El Analisis de Alimentos. Facultad de Quimica, UNAM, Mexico*, 2, 1–13.
- Campuzano, L., Yepez, B., Benavidez, J., Bolaños, M., Gonzales, B., Lopez, C., & Cepeda, G. (2002). Obonuco Andina. Pasto, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Canjura, F. L., Schwartz, S. J., & Nunes, R. V. (1991). Degradation kinetics of chlorophylls and chlorophyllides. *Journal of Food Science*, 56(6), 1639–1643.
- Caracciolo, F., Cemabalo, L., & Pomarici, E. (2013). Compositional studies of some pea (*pisum sativum* L.) Seed cultivars commonly consumed in pakistan. *Ital. J. Food Sci.*, 25(June 2015), 295–302.
- Carrillo, L., & Audisio, C. (2001). Manual de microbiología de alimentos. *Alimentación En*

*España.*

- Casanova, L., Solarte, J., & Checa, O. (2012). Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 129–140.
- Castaño Z., J., & Pabón V., J. (2012). Identificación de hongos y bacterias en granos de arveja (*Pisum sativum* linneo). *Agronomica*, 20(1), 26–37.
- Castro Montero, E. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos*.
- Català, R., Hernandez Muñoz, P., Lopez Carballo, G., & Gavara, R. (2009). Materiales para el envasado de frutas y hortalizas con tratamientos mínimos. *Horticultura Internacional. Instituto de Agroquímica Y Tecnología de Alimentos*, 60–66.
- Cerón, A. F., Latorre, L. I., Bucheli, A. M., España, D. F., Osorio, O., & Garcés, L. F. (2015). Determinación de constantes de velocidad de rehidratación y cambios sobre algunas propiedades físicas en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.). *Lasallista de Investigación*, 12, 21–32.
- Chanes, F. W., Vergara Balderas, J., Guerrero Beltrán, R., García, T., & Villa Rojas, R. (2005). Métodos , criterios y modelación para la selección de películas plásticas en atmósferas modificadas . *Segundo Simposio Internacional de Innovación Y Desarrollo de Alimentos*, 1–48.
- Checa, O., Valencia, A., & Timaná, Y. (2012). Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) y su reacción al complejo de ascochyta. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 39–52.
- Chen, C. R., & Ramaswamy, H. S. (2002). Color and Texture Change Kinetics in Ripening Bananas. *LWT - Food Science and Technology*, 35(5), 415–419.
- Corbo, M. R., Speranza, B., Campaniello, D., Amato, D. D., & Sinigaglia, M. (2010).

- Fresh-cut fruits preservation : current status and emerging technologies. *Technology and Education Yopcs in Applied Microbiology and Microbial Miotrchnology*, 1143–1154.
- Cortes R, M., & Chiralt B, A. (2008). Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificado con vitamina E. *Revista de La Facultad Quimica Farmaceutica*, 15(1), 8–16.
- Cristan, A., Ize, I., & Gavilan, A. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gazeta Ecológica*, 69, 67–82.
- Cruz, L., Jacxsens, L., Siro, I., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2007). Envasado de frambuesas en alta concentración de oxígeno con atmósfera modificada en equilibrio. *Ciencia Y Tecnologia de Alimentos*, 17(2), 60–66.
- Cruz, L., Jacxsens, L., Siro, I., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2008). Envasado de fresas en alta concentración de oxígeno con atmósfera modificada en equilibrio, 18(3), 24–30.
- Day, B. P. F. (1993). Fruit and vegetables. In *Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods* (pp. 114–133). Springer.
- Debnath, S., Bhat, K. K., & Rastogi, N. K. (2003). Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *LWT - Food Science and Technology*, 36(1), 91–98.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinacion de color en mieles. *Invenio*, 13(25), 145–152.
- Desai, B. B., & Salunkhe, D. K. (1991). Fruits and vegetables. In *Foods of plant origin* (pp. 301–412). Springer.
- Dogu-Baykut, E., & Gunes, G. (2014). Quality of Ready-to-Cook Marinated Chicken

- Drumsticks as Affected by Modified Atmosphere Packaging during Refrigerated Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 615–621.
- Domingo, M. J. M. F. (1996). Descomposición de hojarasca en la leguminosa *Adenocarpus decorticans*: Pérdida de peso y dinámica de los nutrientes. *Mediterranea. Serie de Estudios Biológicos.*, (July 2015), 13–19.
- Elwan, M. W. M., Nasef, I. N., El-Seifi, S. K., Hassan, M. a., & Ibrahim, R. E. (2015). Storability, shelf-life and quality assurance of sugar snap peas (cv. super sugar snap) using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 205–211. 1
- Erkan, M., & Eski, H. (2012). Combined treatment of modified atmosphere packaging and 1-methylcyclopropene improves postharvest quality of Japanese. *Turk Agric For*, 36, 563–575.
- Fenalce. (2006). Perspectivas Cerealistas, (23), 1–20. Retrieved from [http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch\\_down\\_load/Perspectivas\\_No\\_108.pdf](http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Perspectivas_No_108.pdf)
- Fenalce. (2010). El cultivo de la arveja, historia e importancia. Retrieved from [http://www.fenalce.org/arch\\_public/arveja93.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf)
- Florez, D., & Ruiz, E. (2010). *Influencia del tiempo de escaldado, presión de empaqueo al vacío y grado de madurez del grano en la conserva de arveja*. Ibarra - Ecuador : Universidad Tecnica del Norte.
- Gallego-corrales, S. P., & Orozco-gallego, L. (2003). Determinación del comportamiento químico y fisiológico de vegetales en almacenamiento. *Cenicafé*, 54(1), 50–62.
- Gálvez, A. V., Aravena, E. L., & Mondaca, R. L. (2006). Isotermas de adsorción en harina de maíz (*Zea mays* L.). *Food Science and Technology (Campinas)*, 26(4), 821–827.
- García, D., & Campos, C. N. (2006). Estandarización de las condiciones de proceso de

zanahoria (*Daucus C.* y lechuga (*Lactuca sativa*) como productos mínimamente procesados refrigerados refrigerados (MPR) obtenidos apartir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados. *Tecnología de alimentos* 4, 1–22.

García López, M. (1989). Tecnologías de envasado en atmósferas protectoras y su calidad microbiológica. *Universidad de León*.

Garza, S. G. (2002). Caracterización reológica y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenado de melocotón.

Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325.

Gómez, S. A. I., & Vásquez, A. M. . (2007). Tecnología de empackado en atmósferas modificadas: principios, desarrollo en iinvestigación y aplicaciones. *Ingenieria de Alimentos*, 1, 66–79.

González-Buesa, J., Ferrer-Mairal, A., Oria, R., & Salvador, M. L. (2009). A mathematical model for packaging with microperforated films of fresh-cut fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 158–165.

Gorris, L., & Peppelenbos, H. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, 2(3), 303–309.

Gutiérrez, J. B. (2000a). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos* (pp. 270–274). Ediciones Díaz de Santos.

Hernández, A. E., Marquez, C. J., Restrepo, C. E., & Pérez, L. J. (2014). Aplicación de tecnología de barreras para la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesados. *Facultad Nacional Agrícola de Medellin*, 67(1280), 7237–7245.

Houhg, G., & Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (p.

114).

Iglesias, E. G., Cabezas, L. G., & Nuevo, J. L. F. (2006). Informe de vigilancia tecnológica.

Tecnología de envasado en atmosfera protectora. Madrid, España.

Iregui, N. D. A., & Cuesta, M. C. H. (2007). Acuerdo de competitividad de la Cadena de

Hortalizas, 1–53.

Izquierdo, G., & Naranjo, C. (2006). Estandarización de las condiciones de proceso de

zanahoria (*Daucus Carota*) y lechuga (*Lactuca sativa*) como productos mínimamente procesados refrigerados (MPR) obtenidos apartir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados., 1–220.

Kader, A. a., & Watkins, C. B. (2000). Modified Atmosphere Packaging — Toward 2000 and Beyond. *Horl Tecnology*, 10(September), 483–486.

Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L., & Wang, C. Y. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(1), 1–30.

Kandasamy, P., Moitra, R., & Mukherjee, S. (2012). Diffusion Channel System for Enhancing the Shelf Life of Fruits and Vegetables under Controlled / Modified Atmosphere, 3(3), 394–403.

Lanchero, O., Velandia, G., Fischer, G., & Varela, N. C. (2007). Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica – Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 61–68.

Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2010). Pea (*Pisum sativum* L.) Seeds as an Alternative Dietary Protein Source for Broilers: Influence on Fatty Acid Composition, Lipid and Protein Oxidation of Dark and White Meats. *Journal of the American Oil Chemists'*

- Society*, 88, 967–973.
- Levenspiel, O. (2002). *Ingeniería de las Reacciones Químicas. Edición Reverté* (pp. 406–415). México, DF.
- Li Li, Z. J. B. (2010). A Mathematical Model of the Modified Atmosphere Packaging (MAP) System for the Gas Transmission Rate of Fruit Produce. *Food Technology Biotechnology*, 48(1), 71–78.
- Ligarreto, G., & Ospina, A. (2009). Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel Analysis of heritable parameters associated to yield and precocity in Santa Isabel type climbing pea (*Pisum sativum* L.). *Agron. Colomb*, 27(3), 333–339.
- Limonchi, F., Gutierrez, P., & Cosio, E. (2015). El uso de atmósfera modificada en el envasado de ensaladas de verduras y frutas. *Agro Enfoque*, 198(1), 44–48.
- López, A. (2005). Tecnología de Envasado y Conservación de Alimentos. Laboratorio de Procesos Químicos. *CARTIF*, 11.
- López Jácome, L. E., Hernández Durán, M., Colín Castro, C. A., Ortega Peña, S., Cerón González, G., & Franco Cendejas, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. *Laboratorio de Infectología, Centro Nacional de Investigación Y Atención a Quemados*, 3(1), 10–18.
- Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. *J. Biol. Chem*, 140(2), 315–322.
- Manayay, D., & Ibarz, A. (2010). Modelamiento de la cinética de reacciones del pardeamiento no enzimático y el comportamiento reológico, en el proceso térmico de jugos y pulpas de fruta. *Scientia Agropecuaria*, 1, 155–168.
- Mangaraj, S., Goswami, T. K., Giri, S. K., Chandra, P., & Pajnoo, R. K. (2013).

- Development and evaluation of Modified Atmosphere ( MA ) packages employing lamination technique for Royal Delicious apple, *25*(5), 358–375.
- Maninder, K., Sandhu, K. S., & Singh, N. (2007). Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food Chemistry*, *104*, 259–267.
- Marcela, S., Meneses, O., Régulo, J., Valenzuela, C., Marcela, S., Meneses, O., ... Valenzuela, C. (2008). La atmósfera modificada : una alternativa para la conservación de los alimentos, *5*, 112–123.
- Marrón, M. R., & Malo, A. L. (2012). Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración. *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*, *2*, 94–109.
- Maseo, M., Leon, L., Hernandez, H., & Guapacha, H. (2006). Deshidratación osmótica de arveja (*Pisum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando soluciones de glicerol y cloruro de sodio. *Revista Vector*, 9–28.
- Matan, N., Rimkeeree, H., Mawson, a. J., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V., & Parker, M. (2006). Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. *International Journal of Food Microbiology*, *107*, 180–185.
- Matos, A. C., & Chuquilín, E. F. C. (2010). Estudio de la Influencia de la Concentración en la Retención de Vitamina C en Jugo Fresco y Concentrado de Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Investigación En Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, *1*(2218-3310), 36–42.
- Medina, M., & Pagano, F. (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja.” *Revista de La Facultad de Agronomía*, *20*(1).
- Meneses, S. M. O., & Valenzuela, J. R. C. (2008a). La atmósfera modificada : una

- alternativa para la conservación de los alimentos. *LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 5(2), 112–123.
- Meneses, S. M. O., & Valenzuela, J. R. C. (2008b). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Mera, M., & Kehr, E. (2007). Investigación arvejas ( *Pisum sativum* ) de vaina comestible “sugar snap”: antecedentes y comportamiento en el sur de Chile, 67(4), 343–352.
- Migliorisi, L., Montiel, G., Sgroppo, S., & Avanza, J. (2005). Degradación térmica de clorofila en puré de pimientos verdes. *FACENA.*, 1, 8–11.
- Mónaco, E., Chiesa, A., Trincherio, G., & Frascina, A. (2005). *Selección de Películas Poliméricas para su empleo con lechuga en Atmosfera Modificada* (Vol. 34, pp. 59–70).
- Mullan, W. M. A. (2002). Science and technology of modified atmosphere packaging. (2–4).
- Muñoz-Delgado, J. A. (1985). *Refrigeración y congelación de alimentos vegetales*. Pp 23.
- Nasar, S. M., Plummer, J. a., Siddique, K. H. M., White, P. F., Harris, D., & Dods, K. (2008). Nitrogen retards and oxygen accelerates colour darkening in faba bean (*Vicia faba* L.) during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1), 113–118.
- Navarro, S. (2012). The use of modified and controlled atmospheres for the disinfestation of stored products. *Journal of Pest Science*, 85(3), 301–322.
- Nicolais, V., Russo, M., Barbieri, G., & Rastrelli, L. (2011). Effect of sulphuric fertilization on the shelf life of Broccoli packaged in protective atmosphere Broccoli. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(6), 542–553.
- Nour, V., Trandafir, I & Ionica, M. (2010). HPLC organic acid analysis in different citrus

- juices under reserved phase conditions. In: Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. Vol. 38, pp. 44-48.
- NTC, 1009. (1998). *Norma Técnica Colombiana. Arvejas (guisantes) frescas en conserva* (pp. 7–22).
- NTC, 1250. (1979). Norma Técnica Colombiana. Arveja Verde.
- NTC, 3501. (2012). Norma Técnica Colombiana 3501. Análisis sensorial. Vocabulario.
- Ochoa V., C. E., & Guerrero B., J. Á. (2013). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de calidad de tuna blanca villanueva (*Opuntia albicarpa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 149–161.
- Oliveira, F. A. R., Fonseca, S. C., Oliveira, J. C., Brecht, J. K., & Chau, K. V. (2004). Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest. *Food Science and Technology International*, 4(5), 339–352.
- Ordóñez, L. E. S., Portilla, M. A. O., & Rodríguez, D. X. R. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 44–51.
- Osorio, O., Cerón, A. F., Rodríguez, G., & Castellanos, F. (2015). Cinética de pérdida de agua en chips de arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones de fritura convencional y a vacío. *Acta Agronómica*, 1, 15–25.
- Osorio-Gutiérrez, L. A., & Castaño-Zapata, J. (2011). Caracterización del agente causante de la pudrición de raíces de la arveja (*Pisum sativum* Linneo), enfermedad endémica en el municipio de Manizales- Caldas (Colombia). *Agronómica*, 19(2), 33–43.
- Özdemir, A. E., Çandır, E. E., Kaplankiran, M., & Soyulu, E. M. (2010). The effects of ethanol-dissolved propolis on the storage of grapefruit cv . Star Ruby. *Turk Agric For*,

34, 155–162.

- Pacheco, C. A., Vergara, M. C., & Gustavo, H. (2009). Clasificación de 85 accesiones de arveja ( *Pisum sativum* L. ), de acuerdo con su comportamiento agronómico y caracteres morfológicos, *27*(3), 323–332.
- Pacheco Ch., C. A., & Vergara Holguín, María Consuelo; Ligarreto Moreno, G. A. (2011). Clasificación de 42 Líneas Mejoradas de Arveja (*Pisum sativum* L.) por Caracteres Morfológicos y Comportamiento Agronómico. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, *63*(73), 5543–5553.
- Padilla T., L. G., & Zurita V., J. U. (2015). Assessment of wax coatings in postharvest preservation of the pea (*Pisum sativum* L.) var. Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*, *33*(1), 84–91.
- Páez, G., Freay, J., Moreno, M., Mármol, Z., Araujo, K., & Rincón, M. (2008). Cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/281445/369258>
- Pariasca, J. A. T., Miyazaki, T., Hisaka, H., Nakagawa, H., & Sato, T. (2001). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var. *saccharatum*). *Postharvest Biology and Technology*, *21*, 213–223. doi:10.1016/S0925-5214(00)00149-6
- Pariasca, J., Miyazaki, T., Hisaka, H., Nakagawa, H., & Sato, T. (2000a). Effect of modified atmosphere packaging ( MAP ) and controlled atmosphere ( CA ) storage on the quality of snow pea pods ( *Pisum sati 6 um* L . var . *saccharatum* ), *21*, 213–223.
- Pariasca, J., Miyazaki, T., Hisaka, H., Nakagawa, H., & Sato, T. (2000b). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var . *saccharatum*). *Postharvest*

- Biology and Technology*, 21, 213–223.
- Park, K. J., Vohnikova, Z., & Brod, F. P. R. (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering*, 51(3), 193–199.
- Parry, R. (1995). . *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*. Madrid Vicente (p. 331).
- Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2010). *Food packaging. Materiali, tecnologia e qualità alimenti* (p. 568). Italia.
- Porrelli, P., Iii, S., Helena, M., & Spoto, F. (2014). Atmosfera modi fi cada e refrigeração para conservação pós-colheita de camu-camu, 1126–1133.
- Puerta, G. I. Q. (2006). *La humedad controlada del grano preserva la calidad del café* (p. 8).
- Quiroz, V. F., Ferrera Cerrato, R., Alarcón, A., Encarnación, M., & Hernández, L. (2008). Antagonismo in vitro de cepas de *Aspergillus* y *Trichoderma* hacia hongos filamentosos que afectan el cultivo de ajo. *Revista Mexicana de Micología*, 26, 27–34.
- Ramirez, R. (2012). *Tecnología de Frutas y Hortalizas*. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia – UNAD. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de Alimentos. Bogota D.C.
- Ramírez, R. I. A. (2006). *Conservacion de frutas y hortalizas mediante tecnologias combinadas*. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de Alimentos - Universidad Nacional. Bogota.
- Ratnayake, W. S., Hoover, R., Shahidi, F., Perera, C., & Jane, J. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 74, 189–202.

- Remacha, J. E., Ibarz, A., & Giner, J. (1992). Evolucion del color por efecto de la temperatura en pulpas de frutas. *Alimentaria*, 234, 59–68.
- Riquelme, M. C. L. (2007). *Influencia de los factores pre y postcosecha en la calidad de la lechuga IV gama*.
- Ródes, G., & Collazo, O. (2006). *Manual de prácticas de fotosíntesis*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (p. 159). México, DF.
- Rodrigo, C., Mateu, A., Alvarruiz, A., Chinesta, F., & Rodrigo, M. (1998). Kinetic Parameters for Thermal Degradation of Green Asparagus Texture by Unsteady-state Method. *Journal of Food Science*, 63(DECEMBER 1997), 126–129.
- Rojano, L. G. (2006). *El empleo de atmósferas modificadas en la consevación de arveja (Pisum Sativum L. ssp. sativum var. sativum)*.
- Ruiz Cardoza, M. M. J. (2009). *Efecto del tipo de empaque y tipo de atmósfera en las características físicas, sensoriales y microbiológicas de la zanahoria (Daucus carota) mínimamente procesada*.
- Salamanca G., G., & Abril R., J. (2008). Cinética de la degradación térmica del color en cermogenado de mango (Mangifera Indica. L. Var. Hilacha). *Congreso Español de Ingeniería de Alimentos*, 5, 1–6.
- Salt, M. E. (2003). Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? *Elsevier*, 27, 3–13.
- Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 381–392.
- Schmalko, M. E., Scipioni, P. G., Ferreyra, D. J., & Alzamora, S. M. (2000). Efecto de la Actividad del Agua y la Temperatura en la Degradación de la Clorofila y el Color en Hojas de Yerba Mate.

- Schmalko, M. E., Scipioni, P. G., Ferreyra, D. J., & Alzamora, S. M. (2003). Efecto de la Actividad del Agua y la Temperatura en la Degradación de la Clorofila y el Color en Hojas de Yerba Mate. *Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires Argentina.*, 2, 23–32.
- Serra, H. M., & Cafaro, T. A. (2007). Ácido ascórbico : desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 41(4), 525–532.
- Shand, P. J., Ya, H., Pietrasik, Z., & Wanasundara, P. K. J. P. D. (2007). Physicochemical and textural properties of heat-induced pea protein isolate gels. *Food Chemistry*, 102(4), 1119–1130.
- Shivhare, U. S., Gupta, A., Bawa, A. S., & Gupta, P. (2000). Drying characteristics and product quality of okra. *Drying Technology*, 18(1-2), 409–419.
- Simón, A. (2010). Atmósferas modificadas y calidad de distintos cultivares de coliflor mínimamente procesada.
- SIPSA. (2013). Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario.
- Sipsa. (2014). Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario. Informe de Contexto. *Sistema de Información de Precios Del Sector Agropecuario (SIPSA)*.
- Sirley, B., & Murillo, G. (2003). Estudio de durabilidad de la pulpa de mora de castilla y mora san antonio (*Rubus- Glaucus*).
- Sora, a. D., Fischer, G., & Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth.*) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología Y Tecnología Poscosecha*, 24(2), 306–316.

- Steet, J. A., & Tong, C. H. (1996). Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food Science*, 61(5), 924–928.
- Terranova. 1995. Enciclopedia Agropecuaria, Ingeniería y Agroindustria (Tomo V). Bogotá – Colombia. p 45-46.
- Timerman-Vaughan, G., Mills, A., Frew, T., Butler, R., Mccallum, J., Murray, S., ... Wilson, D. (2004). Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.). *4th Intl. Crop Sci. Congr. Brisbane, Australia*.
- Tobía, C., Uribe, L., Villalobos, E., Soto, H., & Ferris, I. (2003). Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilajes de soya. *Agronomía Costarricense*, 27(2), 21–27.
- Toma Vanacore, S. A., Chaves, M. G., & Avanza, J. R. (2006). Cinética de secado de zucchini . *Universidad Nacional Del Nordeste. Comunicacion Cientifica Y Tecnologica*, 32, 4–7.
- Umaña Cerros, E. (2010). *Conservación de alimentos por frío. Universidad de Belgrano*. f
- Uurrea, D., Eim, V., Roselló, C., & Simal, S. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides , polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria ( *Daucus carota* V . Nantesa ). *Revista de La Asociacion Colombiana de Cienci Y Tecnologia de Alimentos.*, 21(27), 68–101.
- Valenzuela, J. Á. L., Juárez, F. J. V., Torres, S. L. M., Angulo, G. L., & García, M. O. V. (2011). Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. *Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 115–128.
- Villalobos Solis, M. I., Patel, A., Orsat, V., Singh, J., & Lefsrud, M. (2013). Fatty acid profiling of the seed oils of some varieties of field peas (*Pisum sativum*) by RP-

- LC/ESI-MS/MS: Towards the development of an oilseed pea. *Food Chemistry*, 139(1-4), 986–993.
- Wandemberg, C., Rieger, A., Villamizar, C., Aguirre, L., CR Lobos Aguirre, C., Lobos Aguirre, C., ... others. (1997). *Curso sobre control moscas de la fruta*.
- Weemaes, C. A., Ooms, V., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (1999). Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(6), 2404–2409.
- Willis, R., Evans, T., Lim, J., Scriven, F., & Greenfield, H. (1984). Composition of Australian foods. 25. Peas and beans. *Composition of Australian Foods*, 11(36), 512–514.
- Xu, B., & Chang, S. K. C. (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, 110, 1–13.
- Yáñez López, M. de L. (2007). *El efecto de las atmosferas ricas en CO2 en los patrones de acumulacion de etanol, pH, acidez titulable y acidos organicos en diversos productos hortofortícolas*.
- Zapata, L., Malleret, A., Quinteros, C., Lesa, C., Vuarant, C., Rivadeneira, M., & Gerard, J. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencias Exactas Y Naturales (Scielo Argentina)*, 159–171.

# **ANEXOS**

**Anexo A. Ficha técnica empaque empleado en la investigación.**

**Ficha Técnica**

Referencia	Película Poliamida Ref. PAPE 65
Material	Extrusión de Polietileno
Espesor Promedio	65 Micras ± 7%
Gramaje	65,39 g/m <sup>2</sup> ± 7%
Color	Transparente
Ancho	Según especificación
Presentación	Lámina sencilla en rollos

CARACTERÍSTICAS	Sentido	Método ASTM	UNIDADES	Valor Típico*
<b>MECÁNICAS</b>				
Resistencia a la Rotura	MD CD	D-882-83	lbf/in <sup>2</sup>	5352 4430
Cedencia	MD CD	D-882-83	lbf/in <sup>2</sup>	3383 2879
Elongación a Rotura	MD CD	D-882-83	%	516 502
Coefficiente dinámico de fricción	CARA DORSO	D-1894-87	Adimensional	3,18 0,21
Rasgado PPT	MD	D-2582-67	lb	12
<b>Ópticas</b>				
Haze			%	10
Tramitancia			%	90
Brillo 45°				84
Transmisión de Oxígeno. <b>CONDICIONES DE ENSAYO</b> Periodo de Acondicionamiento 1h Humedad Relativa 0% Temperatura de Ensayo 23°C Caudal O <sub>2</sub> 20 cm <sup>3</sup> /min Caudal N <sub>2</sub> 10 cm <sup>3</sup> /min				
		D 3985-05	CC/(M <sup>2</sup> -DAY)	55

**Anexo B. Análisis Bromatológico a una muestra de arveja (Pisum sativum L.).**

**Laboratorios Especializados Universidad de Nariño.**

 Universidad de <b>Nariño</b>	<b>SECCIÓN DE LABORATORIOS</b>	<b>Código:</b> LBE-PRS-FR-76
	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b>	<b>Página:</b> 1 de 1
		<b>Versión:</b> 2
		<b>Vigente a partir de:</b> 2014-01-15

LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS					
<b>DATOS USUARIO</b>		<b>DATOS MUESTRA</b>			<b>REPORTE No. LB-R-</b>		<b>023B-15</b>
Solicitante: Álvaro Velasco, Juan Vallejo		Muestra	Grano arveja, variedad Obonuco andina.		Código muestra	116	
Dirección: Cra 45 No. 18 - 56 B/ Pandiaco. Pasto		Procedencia Asociación Al Sur, Municipio: Puerres					
cc / nit: 1.085.926.173	Responsable del Muestreo <sup>a</sup>		Asociación Al Sur				
Teléfono: 315 493 7288	Fecha de Muestreo <sup>a</sup>		AA	15	MM	04	DD 13
e-mail alvarovm.in@gmail.com	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA	15	MM	04	DD 13
juanch2901@gmail.com	Fecha de Emisión del Reporte		AA	15	MM	06	DD 10
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO</b>		2015-04-13 a 2015-06-01					
<b>ANÁLISIS SOLICITADO</b>		Proximal, Almidón					
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Base Húmeda	Base Seca		
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	60,56			
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	39,44			
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	0,93	2,35		
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	0,50	1,28		
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Bolsas Ankom	Gravimétrica	g/100g	3,15	8,00		
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Titulométrica	g/100g	9,23	23,40		
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	25,63	64,97		
Almidón	Precipitación con Etanol	Gravimétrica	g/100g	10,60	26,86		
<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>Nota a</b>		Información suministrada por el usuario					
<b>RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA</b>							
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.							

  
 Tec. Laboratorio Bromatología - Abonos Orgánicos  
 Elaboración del Reporte

  
 Laboratorio de  
 Bromatología y  
 Abonos  
 Orgánicos  
 Universidad de  
 Nariño

Aprobación del Reporte

Revisó: GSE

2015-06-10

FIN REPORTE DE RESULTADOS

**Anexo C. Análisis Microbiológicos a una muestra de arveja (*Pisum sativum* L.).**

**Laboratorios Especializados Universidad de Nariño.**

	<b>SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA</b>	Código: LBE-PRS-FR-113
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

Fecha toma muestra:	16 de Junio de 2015	Reporte No	LMAR014-15
Hora toma muestra:	9:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA15C-O77
Fecha de Recepción:	16 de Junio de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	9:15 a.m.	Representante legal:	Alvaro Velasco
Fecha de Reporte:	24 de Junio de 2015	Nit/C.C:	1085925224
Producto:	Arveja Verde	Dirección y Tel:	3154937288
Muestra tomada por:	Alvaro Velasco	Municipio - Depto:	Pasto - Nariño
Fecha de Análisis:	16 de Junio de 2015	Sitio de toma:	Universidad de Nariño
Observaciones:	Muestra NT7	Motivo de Análisis:	Estudio

**RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA**

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA A NORMA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	≥ 2400	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	-	-
Mesofilos	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	14,400,000	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	84,000	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito Reductor	RECUENTO EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	UFC	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa Positiva	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Recuento de Bacillus Cereus	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	ASLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	-	-

  
**Laboratorio  
Microbiología  
de Alimentos**  
**NANCY GALINDEZ SANTANDER**  
 Profesional de Laboratorio  
 Registro No 125

 <p>Universidad de Nariño</p>	<p><b>SECCION DE LABORATORIOS</b> <b>INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA</b></p>	Código: LBE-PRS-FR-113
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

Fecha toma muestra:	16 de Junio de 2015	Reporte No	LMAR014-15
Hora toma muestra:	9:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA15A-O77
Fecha de Recepción:	16 de Junio de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	9:15 a.m.	Representante legal:	Alvaro Velasco
Fecha de Reporte:	24 de Junio de 2015	Nit/C.C:	1085925224
Producto:	Arveja Verde	Dirección y Tel:	3154937288
Muestra tomada por:	Alvaro Velasco	Municipio - Depto:	Pasto - Nariño
Fecha de Análisis:	16 de Junio de 2015	Sitio de toma:	Universidad de Nariño
Observaciones:	Muestra G1TR10	Motivo de Análisis:	Estudio

**RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA**

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA A NORMA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	43	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	-	-
Mesofilos	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	80000	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	620	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito Reductor	RECUESTO EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	UFC	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa Positiva	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Recuento de Bacillus Céreus	RECUESTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	-	-


  
**Laboratorio Microbiología**  
**NANCY GALINDEZ SANTANDER**  
 Profesional de Laboratorio  
 Registro No 125

 <p>Universidad de Nariño</p>	<p><b>SECCION DE LABORATORIOS</b> <b>INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLOGIA</b></p>	Código: LBE-PRS-FR-113
		Página: 1 de 1
		Versión: 3
		Vigente a partir de: 2013/05/15

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

Fecha toma muestra:	16 de Junio de 2015	Reporte No	LMAR014-15
Hora toma muestra:	9:00 a.m.	Código de la muestra:	LMA15B-O77
Fecha de Recepción:	16 de Junio de 2015	Establecimiento:	-
Hora de Recepción:	9:15 a.m.	Representante legal:	Alvaro Velasco
Fecha de Reporte:	24 de Junio de 2015	Nit/C.C:	1085925224
Producto:	Arveja Verde	Dirección y Tel:	3154937288
Muestra tomada por:	Alvaro Velasco	Municipio - Depto:	Pasto - Nariño
Fecha de Análisis:	16 de Junio de 2015	Sitio de toma:	Universidad de Nariño
Observaciones:	Muestra G2TR7	Motivo de Análisis:	Estudio

**RESULTADO VALIDO PARA LA MUESTRA EXAMINADA**

PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDADES	VALOR OBTENIDO	VALOR DE REFERENCIA A NORMA
Coliformes Totales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	100	-
Coliformes Fecales	NMP	TUBOS MULTIPLES	No Bacterias / ml	-	-
Mesofilos	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	115,000	-
Recuento de Hongos y Levaduras	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN PROFUNDIDAD	UFC	100	-
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito Reductor	RECUENTO EN TUBO	SIEMBRA EN TUBO	UFC	-	-
Recuento de Estafilococo Coagulasa Positiva	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Recuento de Bacillus Céreus	RECUENTO EN PLACA	SIEMBRA EN SUPERFICIE	UFC	-	-
Salmonella/25g	PRESENCIA/AUSENCIA	AISLAMIENTO E IDENTIFICACION	Positivo/Negativo	-	-

  
**NANCY GALINDEZ SANTANDER**  
 Profesional de Laboratorio  
 Registro No 125