UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MANEJO POST COSECHA DEL EJOTE FRANCÉS PARA DISMINUIR EL DAÑO POR FRÍO; EMPRESA AGRÍCOLA ROYAL PRODUCE (2012-2014)

ESTUDIO DE CASO

MARÍA JOSÉ RÍOS JUÁREZ
CARNET 10372-98

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2015

CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MANEJO POST COSECHA DEL EJOTE FRANCÉS PARA DISMINUIR EL DAÑO POR FRÍO; EMPRESA AGRÍCOLA ROYAL PRODUCE (2012-2014)

ESTUDIO DE CASO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

MARÍA JOSÉ RÍOS JUÁREZ

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2015

CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. MANUEL SANTIAGO DE LEON

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL

ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN

Universidad Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06399-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso de la estudiante MARÍA JOSÉ RÍOS JUÁREZ, Carnet 10372-98 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06163-2015 de fecha 12 de noviembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

MANEJO POST COSECHA DEL EJOTE FRANCÉS PARA DISMINUIR EL DAÑO POR FRÍO; EMPRESA AGRÍCOLA ROYAL PRODUCE (2012-2014)

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de noviembre del año 2015.

ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
SECRETARIA

Guatemala, 27 de octubre de 2015.

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Estudio de Caso del estudiante María José Ríos Juárez, quien se identifica el número de carné 10372-98, titulado: **"Manejo post cosecha del ejote francés para disminuir el daño por frío; Empresa agrícola Royal Produce (2012-2014)."**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea evaluado por la terna que designe el Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

Ing. Agr. Manuel de León
Colegiado No. 1089
Código URL: 20928

ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS	2
2.1.1 Descripción de la planta	2
2.1.2 Manejo post cosecha	3
2.1.3 Cadena de frío o condiciones de almacenamiento	3
2.1.4 Fisiología	4
2.1.5 Transporte	5
2.2. MATERIAL DE EMPAQUE	6
2.2.1 Envasado en atmósfera modificada	6
2.3. DAÑO POR FRÍO	9
2.3.1 Técnicas post cosecha para reducir el daño por frío	13
III. CONTEXTO	15
IV. JUSTIFICACIÓN	18
V. OBJETIVOS	19
VI. METODOLOGÍA	20
6.1. DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	20
6.2. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
6.3. VARIABLES DE ESTUDIO	21
6.4. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	21
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1. PROCESO DE INTERVENCIÓN	23
7.2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	26
7.2.1 Temperatura de almacenamiento	27

7.2.2 Vida de anaquel 34
7.2.3 Reclamos de clientes 37
7.2.4 Incidencia de daño por frío 42
VIII. CONCLUSIONES 46
IX. RECOMENDACIONES 47
X. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS 48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro **Página**

Cuadro 1. Tasa de respiración del ejote 5
Cuadro 2. Síntomas comunes de daño por frío. 12
Cuadro 3. Ejote francés almacenado a 5 °C y 6°C. 30
Cuadro 4. Ejote francés almacenado a 9 y 10 °C. 31
Cuadro 5. Muestras de vida de anaquel evaluadas. 34
Cuadro 6. Número de reclamos de clientes por temporada. 38
Cuadro 7. Principales problemas de reclamos de clientes. Temporada 2012-2014. 39
Cuadro 8. Reclamos de clientes por tipo de mercado. 41
Cuadro 9. Kilos de ejote francés por región. Temporada 2012 – 2014. 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura **Página**

Figura 1. Ejote con daño por frío (UCDavis, University of California). 10
Figura 2. Fotografía Satelital de Royal Produce S.A. Google Earth. 16
Figura 3. Temperatura promedio de los 6 cuartos fríos (SJ CF1 - SJ CF6), área de proceso (SJ Proceso) y área de producto terminado (SJ PT). 27

Figura 4. Porcentaje de humedad relativa promedio de los 6 cuartos fríos (SJ CF1 – SJ CF6), área de proceso (SJ Proceso) y área de producto terminado (SJ PT). 28
Figura 5. Ejote con problemas de deshidratación (Fuente: Reporte de I&D Royal Produce, S.A.). 29
Figura 6. Ejote francés con 25 días almacenado a 5°C..... 30
Figura 7. Ejote francés con 25 días almacenado a 10 °C..... 31
Figura 8. Temperatura y humedad relativa de contenedor en tránsito cargado con ejote francés..... 32
Figura 9. Temperatura y humedad relativa de contenedor en tránsito con carga consolidada. 33
Figura 10. Días de vida de anaquel que tardan las muestras por mercado. 35
Figura 11. Daños observados en las muestras de vida de anaquel al vencer..... 36
Figura 12. Reclamos de clientes de ejote francés por mes. Temporada 2012-2014..... 38
Figura 13. Principales causas de reclamos de clientes. Temporada 2012 – 2014..... 39
Figura 14. Kilos de ejote francés ingresados por mes. Temporada 2012 – 2014..... 43
Figura 15. Kilos perdidos por incidencia de daño por frío durante el almacenamiento. Temporada 2012-2014. 44

Manejo post cosecha del ejote francés para disminuir el daño por frío; Empresa agrícola Royal Produce (2012-2014).

RESUMEN

Royal Produce es una empresa exportadora de vegetales frescos, envía 55,000 kilos de ejote fresco a la semana para clientes en Europa y Estados Unidos. La empresa atravesaba problemas de calidad en el ejote francés, lo que representaba una pérdida cuantificable, ya que durante su distribución el producto debe recorrer largas distancias y al mismo tiempo mantener un inventario para una entrega justo a tiempo. Los problemas de calidad consistían en mancha café a lo largo de la vaina y humedad excesiva dentro de las bolsas. El objetivo del presente estudio fue documentar el manejo post cosecha del ejote francés para disminuir el daño por frío describiendo la relación entre la temperatura de almacenamiento y la incidencia de la mancha café en la fase de post cosecha, se analizaron los resultados de vida de anaquel de ejote con los cambios realizados en el material de empaque y se comparó el número de reclamos de clientes antes y después de los cambios realizados al manejo post cosecha de ejote. Los datos se obtuvieron de los registros del sistema de gestión de calidad de la empresa, llegando a la conclusión de que los cambios en el manejo post cosecha del ejote francés para disminuir el daño por frío en la empresa Royal Produce fueron efectivos, ya que se logró disminuir los problemas de calidad por daño por frío, evidenciadas en el proceso de recepción, almacenamiento, clasificación, empaque y despacho de ejote francés para exportación.

Post-harvest management of French green beans to reduce chilling injury; Royal Produce Agricultural Company (2012-2014).

SUMMARY

Royal Produce is a fresh vegetables exporter, sending 55,000 kilos a week of fresh green beans for customers in Europe and the United States. The company had quality issues with French green beans that represented a quantifiable loss, since the product during distribution must travel long distances while maintaining a just in time inventory. The losses occurred due to quality problems because of browning along the pod and excessive moisture inside the bags. Post-harvest technology strategies implemented in conjunction with the analysis of the information documented in this study will help with decision-making gathering another market, changing finished product presentations or changes in logistics and marketing. The aim of this study was to document post-harvest management of French green beans to reduce chilling injury describing the relationship between storage temperature and incidence of brown spot in the post-harvest phase, shelf life test results were analyzed for changes made in packaging material and comparison was made in the number of customer complaints before and after the changes were implemented. Data was obtained from the quality management system records, concluding that changes in post-harvest management to reduce chilling injury were effective in achieving less quality issues in the process of receiving, storing, sorting, packaging and dispatch of French green beans for export.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala se ha caracterizado por ser un importante exportador de productos agrícolas como arveja dulce y arveja china, y en los últimos años de ejote y mini vegetales. Según AGEXPORT, 2015, entre todos estos productos se estima que 4550 hectáreas son cultivadas en el país, con un involucramiento de alrededor de 30,000 agricultores en 200 comunidades rurales. Guatemala ha logrado exportar 80 millones de libras al año de estos vegetales cumpliendo con la calidad e inocuidad requerida en los mercados internacionales, llegando a la mesa de consumidores de sus principales mercados: Estados Unidos (82%), Reino Unido (8%), Holanda (4%), Canadá (3%) y México (2%).

Las pérdidas derivadas de un mal manejo post cosecha son significativas en el mercado de vegetales frescos perecederos, ocasionadas por golpes durante la cosecha, almacenamiento y empaques inadecuados, manejo ineficiente de temperaturas, utilización de equipo no adecuado para el proceso, entre otros. El manejo post cosecha forma parte de los procesos utilizados por la empresa Royal Produce para alcanzar la vida de anaquel requerida por el mercado. Dentro de éstos procesos se encuentran la utilización de material de empaque especializado, manejo de la cadena de frío durante el almacenamiento, despacho y el control de calidad e inocuidad durante todo el proceso.

El presente estudio de caso se trata precisamente de documentar los cambios implementados al manejo post cosecha de ejote fresco para reducir la incidencia de daño por frío en ejote, caracterizado por una coloración café a lo largo de la vaina, un defecto fisiológico que se produce durante la vida de anaquel si el ejote es expuesto a temperaturas muy bajas y el material de empaque no es adecuado. Para ello, se describió el proceso y se analizaron variables como rangos de temperatura de almacenamiento, días de vida de anaquel con los cambios realizados al material de empaque y la comparación de número de reclamos de clientes por daño por frío, antes y después de los cambios realizados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CULTIVO DEL EJOTE FRANCÉS

2.1.1 Descripción de la planta

El ejote francés son vainas que pertenecen a la familia Fabaceae, del género *Phaseolus* y de la especie *vulgaris*. A diferencia del frijol común, los materiales que se han generado para producir ejote francés se han realizado para producir sus vainas en estado inmaduro (Corzo, 1995).

Es una planta anual originaria de América, de tallo herbáceo, con hojas compuestas de tres foliolos, enteros ovales, terminados en punta. Tiene un sistema de floración en racimos que varían de color blanco, violeta o rosado según la variedad. Una característica básica del ejote francés es que sus vainas no tienen fibra en su tejido celular. De acuerdo con la variedad alcanza diferentes alturas, clasificándose de tipo arbustivo o determinado. Su producción se hace por semillas, las que conservan su poder de germinación durante 3 años (Corzo, 1995).

El ejote francés prefiere un suelo con textura franca o franco arcilloso, que sea fértil, profundo, liviano, bien drenado y con buen contenido de materia orgánica. El pH debe oscilar entre 5.5 a 7. Las alturas sobre el nivel del mar que son apropiadas para la producción del ejote francés varían de 600 a 2000 msnm. El cultivo requiere de temperaturas óptimas que varían de una mínima media de 12 °C a una máxima media de 27 °C, aunque las más apropiadas son temperaturas entre 15 y 18 °C. La humedad relativa adecuada oscila entre el 60 al 85 %. Dependiendo de la variedad y la zona de producción, desde la siembra hasta su inicio de cosecha, el cultivo tarda de 45 a 65 días (Corzo, 1995).

2.1.2 Manejo post cosecha

El ejote francés estará listo para cosecha cuando tenga un largo de 10 a 14 centímetros y un diámetro de 0.5 a 0.8 cm. El ejote debe ser de color verde, uniforme, tener una consistencia tierna, carnosa y jugosa interiormente, sin desarrollo notable de semillas, sin fibra y turgente (Corzo, 1995).

El ejote francés puede durar en cosecha de 3 a 4 semanas. Se recomienda hacer la cosecha diariamente para estimular la producción. La cosecha se realiza a mano, tratando de no lastimar las vainas, para no dañar su calidad. Durante el proceso de cosecha, la vaina se va colocando en cajas plásticas, las cuales al ser llenadas se colocan en un lugar fresco y con sombra. Las cajas llenas deben ser transportadas a la mayor brevedad a la planta empacadora para evitar la deshidratación (Corzo, 1995).

2.1.3 Cadena de frío o condiciones de almacenamiento

Durante el período entre la cosecha y el momento de ser consumido el ejote sufre pérdidas tanto cualitativas como cuantitativas. El ejote francés está compuesto por tejidos vivos sujetos a cambios constantes después de ser cosechado. Como hortaliza fresca, el ejote tiene un alto contenido de agua y por lo tanto está sujeto a deshidratación y al daño mecánico. También están expuestos al ataque de bacterias u hongos, los cuales causan daños patológicos. Estos daños no pueden evitarse pero sí retrasarse dentro de ciertos límites (Corzo, 1995).

La temperatura de campo puede retirarse por medio de hydro cooling, benéfico en climas secos en donde la deshidratación es una preocupación. Aunque el hydro cooling es muy rápido, pudriciones pueden ocurrir si no se retira el exceso de humedad. El método de aire forzado es muy útil en producto ya empacado. A pesar de que el enfriamiento puede realizarse exitosamente, la deshidratación aún ocurre (Cantwell, 1998).

Las condiciones recomendadas de almacenamiento comercial para el ejote son temperaturas entre 5 – 7.5 °C con 95 a 100 % de humedad relativa. A esta temperatura de almacenamiento se pueden esperar de 8 a 12 días de vida útil. Buenas condiciones de calidad pueden mantenerse a temperaturas por debajo de 5 °C por unos pocos días pero puede inducirse daño por frío. Algún daño por frío puede darse aún a la temperatura recomendada de almacenamiento después de 7 u 8 días de almacenamiento dependiendo de la variedad. A temperaturas por arriba de 7.5 °C, la calidad decrece debido al amarillamiento de la vaina, desarrollo de semillas y la deshidratación. La pérdida de agua por deshidratación es mayor en vainas tiernas que en vainas ya maduras (Cantwell, 1998).

2.1.4 Fisiología

Daño por frío: El ejote francés es sensitivo al frío y los síntomas visuales dependen de la temperatura de almacenamiento. A temperaturas por debajo de 5 °C, los síntomas son una decoloración opaca en toda la vaina. Un síntoma menos común es el desarrollo de fibra en la superficie de la vaina y el aumento de la deshidratación. A temperaturas entre 5 – 7.5 °C, el síntoma más común del daño por frío es el aparecimiento discreto de mancha café a lo largo de la vaina. Estas lesiones son muy propensas al ataque de enfermedades fúngicas (Cantwell, 1998).

Un producto de buena calidad puede mantenerse por 2 días a 1 °C, 4 días a 2.5 °C y de 6 a 10 días a 5 °C antes de que los síntomas de daño por frío aparezcan. No hay decoloración en ejotes almacenados a 10 °C pero hay un desarrollo de semillas, deshidratación y amarillamiento indeseado a esta temperatura. El daño por frío puede cambiar sustancialmente dependiendo de la variedad (Cantwell, 1998).

Daño por congelamiento: el daño por congelamiento aparece como áreas acuosas que luego se deterioran y pudren. El daño por congelamiento ocurre a una temperatura de -0.7 °C o menos (Cantwell, 1998).

Producción y sensibilidad al etileno: el ejote produce muy poco etileno (<0.05µL kg^{-1} a 5 °C). La exposición al etileno produce pérdida de clorofila, incrementa la oxidación y reduce la vida útil del producto entre un 30 – 50 % a 5 °C (Cantwell, 1998).

Tasas de respiración: el ejote está creciendo aceleradamente cuando es cosechado por lo que tiene una alta tasa de respiración. En el siguiente cuadro se muestran las tasas de respiración según el rango de temperatura (Cantwell, 1998).

Cuadro 1. Tasa de respiración del ejote

Temperatura		**mL CO_2/kg·h**	
°C	**°F**	**Ejote Típico**	**Ejote Largo Chino**
0	32	10	20
5	41	17	23
10	50	29	46
15	59	46	101
20	68	65	110

(Cantwell, 1998)

Producto fresco cortado: el ejote para el mercado de los restaurantes y en supermercados es cortado, le retiran el cáliz y la punta. La oxidación de los cortes puede ser un problema por lo que una atmósfera con alto contenido de CO2 puede retardar este problema (Cantwell, 1998).

2.1.5 Transporte

Los métodos de transporte utilizados para trasladar productos hortícolas en estado fresco desde los lugares de embarque a los mercados de destino incluyen, camiones, aviones, barcos y combinaciones de éstos. En lo que al transporte aéreo se refiere la mayoría carece de un sistema de refrigeración para el mantenimiento de la temperatura del producto. Algunas aerolíneas utilizan cámaras de almacenaje en frío en los aeropuertos de origen y destino, pero una vez dentro del avión la cadena de frío se rompe. Los productos son transportados en unidades contenedoras cerradas o en pallets en aviones de carga (Corzo, 1995).

Dada la naturaleza perecedera de este producto y su corta vida útil bajo condiciones óptimas de almacenaje y transporte, las condiciones del transporte deben ser las mismas que durante el almacenamiento. En el transporte marítimo, los contenedores generalmente llevan cargas mixtas y el ejote debe adaptarse a esta condición. En este tipo de transporte se utilizan contenedores refrigerados en donde se debe tomar en cuenta el sistema de refrigeración y circulación de aire, las características del vehículo de transporte, el diseño y construcción de los envases, los patrones y tamaños de carga utilizados, entre otros (Corzo, 1995).

2.2. MATERIAL DE EMPAQUE

El objetivo del uso de material de empaque es garantizar la calidad del producto, alcanzar la vida útil o de anaquel requerida y evitar pérdidas en la cadena de suministros. El material de empaque correcto conjuntamente con las condiciones correctas de temperatura de almacenamiento, pueden contribuir para que el material de empaque contribuya a retrasar la maduración y pudrición de las frutas y vegetales frescos. Por eso es posible incrementar la vida útil para que pueda venderse con una mejor calidad (Danish Technological Institute, 2008).

Las condiciones de almacenamiento correctas pueden incrementar la vida útil de las frutas y vegetales en un 300 a 800 %. Los parámetros importantes para esta extensión de la vida útil son temperatura, humedad relativa y una atmósfera modificada dentro del empaque (Danish Technological Institute, 2008).

2.2.1 Envasado en atmósfera modificada

El empaque de atmósfera modificada (MAP) es una técnica que consiste en sellar producto, respirando activamente, en material de film polimérico para modificar los niveles de O_2 y CO_2 dentro de la atmósfera del empaque. Casi siempre es adecuado mantener niveles bajos de O_2 y altos de CO_2 para influenciar el metabolismo del producto empacado o la actividad de los organismos que deterioran el producto y así, incrementar la vida de anaquel (Mir, 2000).

Para algunos productos, modificar el O_2 y CO_2 es deseable y al alterar el nivel de O_2 automáticamente altera los niveles de CO_2. Además de la modificación de la atmósfera modificada, MAP influye en la retención de humedad, la cual puede tener una mayor influencia que los niveles de O_2 y CO_2 y protege el producto del ambiente exterior ayudando a asegurar las condiciones de inocuidad del producto, reduciendo la exposición a patógenos y contaminantes (Mir, 2000).

Es importante reconocer que en MAP, el modificar la atmósfera puede mejorar la vida útil de algunas frutas y vegetales pero tiene el potencial de inducir efectos indeseables. Fermentación y sabores extraños pueden desarrollarse si los niveles de O_2 son tan bajos que permitan una respiración anaeróbica. De forma similar, si los niveles tolerables de CO_2 son excedidos, daño puede ocurrir (Mir, 2000).

La composición de gases dentro del empaque resulta de la interacción de muchos factores que incluyen: la permeabilidad del material de empaque, el comportamiento de la respiración del producto y el medio ambiente. Los films con los que se hace el material de empaque son seleccionados por sus características de permeabilidad y los cambios de estas características en el tiempo, la temperatura y humedad. El medio ambiente puede ser modificado para proveer condiciones específicas. En contraste a los factores conocidos y controlables, se encuentra la respuesta no conocida y no controlable del producto a empacar. La especie y variedad de la planta, prácticas culturales, estado fenológico, método de cosecha, tipo de tejido vegetal y el manejo post cosecha contribuyen e influyen en la respuesta del material a la atmósfera generada (Mir, 2000).

La modificación de la atmósfera en MAP requiere de un producto que respire activamente y de una barrera que permita el intercambio restringido de gases. La reducción de O_2 y el incremento de CO_2 que resulta de la respiración del tejido vegetal, crean gradientes a través de la barrera del film que proveen la fuerza para el movimiento de gases dentro y fuera del empaque. Los niveles de O_2 y CO_2 dentro del

empaque dependen de la interacción de la respiración del producto y de la permeabilidad del film o de las perforaciones en este (Mir, 2000).

Existen dos estrategias para crear barreras en el film: La primera estrategia utiliza films continuos que controlan el movimiento de O_2 y CO_2 dentro y fuera del empaque. La segunda estrategia es utilizar film micro perforado con pequeños agujeros como ruta principal del intercambio de gases. MAP algunas veces cuenta con ambas tecnologías, permeabilidad del film y film micro perforado (Mir, 2000).

La temperatura es muy importante en el diseño del empaque y difiere en el efecto que tiene en ambas tecnologías. La permeabilidad de O_2 y CO_2 en films continuos se incrementa con la temperatura, mientras que la difusión de gases a través de las perforaciones es insensible a los cambios de temperatura (Mir, 2000).

Niveles seguros de O_2 y CO_2 son importantes en el diseño del empaque. Un bajo contenido de O_2 dentro del empaque ha sido asociado con producto fermentado y acumulación de etanol y acetaldehído. La fermentación puede desarrollar un sabor extraño en el producto y daño de tejidos (Mir, 2000).

La tasa de respiración de la mayoría de frutas y vegetales se incrementa al aumentar la temperatura del producto, esto quiere decir que la respiración aumenta de dos a tres veces la permeabilidad del film o hasta treinta veces el intercambio de gases a través de las perforaciones. Cuando la demanda respiratoria de O_2 aumenta más rápido que la permeabilidad de O_2 cuando la temperatura sube, los niveles de O_2 disminuyen y puede causar un riesgo para la calidad del producto. La variación en la tasa de respiración del producto y la variación del intercambio de gases a través del film o de las perforaciones influyen en el diseño del empaque (Mir, 2000).

Los tejidos vegetales tienden a perder humedad cuando se encuentran en un ambiente por debajo del 99 % de humedad relativa. La mayoría de empaques MAP son relativamente impermeables al agua y la humedad relativa está casi saturada en los

empaques con film continuo o micro perforado. La condensación dentro del empaque es algo común en los empaques MAP, afortunadamente, existen tratamientos para el film para evitar la condensación ocasionada por los cambios de temperatura en los cuartos fríos o lugares de almacenamiento. Los tratamientos consisten en formar gotas muy pequeñas o una capa muy delgada con el agua de condensación que es casi invisible (Mir, 2000).

La temperatura del producto afecta el almacenamiento más que otro factor. El pre enfriamiento y el mantenimiento de la cadena de frío durante la manipulación y el transporte son críticos para mantener la calidad del producto. La temperatura también afecta la permeabilidad del film y por lo tanto los niveles de O_2 y CO_2 dentro del empaque. La temperatura del producto es controlada con la circulación de aire frío alrededor y fuera del empaque (Mir, 2000).

2.3. DAÑO POR FRÍO

El ejote francés es un producto susceptible al daño por frío, resultando en una mancha café a lo largo de la vaina que ha dado los problemas de reclamos y rechazos de clientes durante el almacenamiento y la vida de anaquel.

La temperatura optima de almacenamiento del ejote es de 5 °C a 7.5 °C (41 °F – 45 °F), aunque pueden ocurrir algunos daños por frio a la temperatura de 5 °C después de 7 a 8 días (UC Davis, 2013). Temperaturas menores de 5 °C producen daño por frío lo que se manifiesta en manchas color marrón como las siguientes:

Figura 1. Ejote con daño por frío (UCDavis, University of California).

El síntoma típico en ejotes almacenados a menos de 5 °C (41 °F) por más de 5 - 6 días es el pardeamiento opaco de toda la vaina. Un síntoma menos frecuente es el picado (pequeñas depresiones) de la superficie. El síntoma más común es la presencia de puntos pardo-rojizos, lesiones que son muy susceptibles al ataque de hongos fitopatógenos comunes. Durante el almacenamiento a temperaturas mayores a 7.5 °C (45 °F) también pueden presentarse pudriciones en la superficie de los tallos y los frutos, si hay presencia de humedad libre. Los microorganismos comunes causantes de pudriciones post cosecha en ejotes son los hongos *Pythium* spp., *Rhizopus* spp., y *Sclerotinia* spp. Estos hongos pueden formar "nidos" de pudrición o desarrollarse en ejotes dañados o quebrados (UC Davis, 2013). La temperatura más baja de almacenamiento segura para el ejote es de 7 °C (45 °F) (Wang, 1994).

Las plantas pueden desarrollar desórdenes fisiológicos cuando son expuestas a temperaturas bajas pero no de congelamiento. Los síntomas de daño por frío pueden diferir ampliamente entre especies, pero suelen desarrollarse rápidamente en plantas nativas de climas tropicales y subtropicales. Dentro de los rangos de las temperaturas

que causan daño por frío, esto es, desde la temperatura en que el tejido de la planta llega al punto de congelamiento hasta los 13 °C, la tasa a la que se presenta el daño por frío se intensifica con la disminución de temperatura y del tiempo de exposición (Brian J. Atwell, 1999).

El daño por frío a producto fresco durante el almacenamiento post cosecha también es de importancia económica. El daño por frío es un problema particular con frutas frescas, vegetales y flores porque el almacenamiento a bajas temperaturas para retrasar la respiración del tejido es el método más efectivo para alargar la vida útil del producto. El tiempo en el que los síntomas se manifiestan varía y es influenciado por distintos factores incluyendo genotipo, cultivo, estado de maduración y las condiciones pre cosecha (Brian J. Atwell, 1999).

El daño por frío se manifiesta en una variedad de formas que varían de acuerdo a la especie y el tejido. Los síntomas visibles son resultado secundario de desórdenes fisiológicos, los cuales se expresan en diferentes formas. De hecho, la expresión sintomática depende de la temperatura, algunos síntomas pueden desarrollarse lentamente durante el tiempo de almacenamiento en frío pero una vez el tejido es expuesto a temperaturas más altas los síntomas aparecen rápidamente (Brian J. Atwell, 1999) .

Tanto la temperatura como el tiempo de exposición están involucrados en el desarrollo del daño por frío. El daño puede ocurrir en un corto período de tiempo si las temperaturas se encuentran considerablemente por debajo del nivel crítico, pero un producto puede tolerar temperaturas dentro del límite crítico por más tiempo antes de que el daño sea irreversible. La madurez durante la cosecha y grados de maduración son factores importantes en determinar la susceptibilidad al frío. Los efectos del daño por frío son acumulativos en algunos productos, bajas temperaturas en tránsito o incluso en el campo antes de la cosecha, suman al total de efectos del daño por frío en el almacenamiento en frío (Wang, 1994).

Cuadro 2. Síntomas comunes de daño por frío.

Daños Visibles	
Hojas	Lesiones necróticas
	Pérdida de clorofila
	Incremento de susceptibilidad a patógenos
Frutas y vegetales	Lesiones necróticas y fibrosas en la superficie
	Decoloración de la superficie
	Descomposición y pardeamiento del tejido interno
	Inhibición de la maduración
	Incremento de ataque de patógenos
Desórdenes fisiológicos	Cese de la transmisión protoplásmica
	Disminución de la actividad fotosintética
	Pérdida de la semi permeabilidad de la membrana
	Fuga de iones
	Disminución de la actividad de muchas enzimas
	Incremento de metabolitos (etanol, acetaldehído)
	Inhibición de la síntesis de la clorofila
	Aumento de la tasa de respiración luego del daño por frío
	Patrones anormales de producción de etileno

(Brian J. Atwell, 1999)

Las pérdidas post cosecha resultado del daño por frío son probablemente más grandes de lo que se ha reconocido debido a que muchas veces el daño por frío no es evidente cuando el producto aún se encuentra almacenado en frío; los síntomas aparecen después, cuando el producto es transferido al mercado en donde la temperatura usualmente es más alta. En el mercado, una parte sustancial de pérdidas se dan porque el daño por frío se confunde con síntomas inducidos por patógenos o por desórdenes de maduración (Wang, 1994).

El almacenamiento en frío es considerado el método más efectivo para mantener la calidad de la mayoría de frutas y vegetales porque la baja temperatura retrasa la respiración, la producción de etileno, maduración, senescencia, cambios metabólicos indeseados y pudrición. Desafortunadamente, para los cultivos susceptibles al frío, el almacenamiento a baja temperatura puede ser más contraproducente que beneficioso. Sin embargo, si estos productos no se almacenan en refrigeración, tienden a descomponerse rápidamente y tener una vida útil muy corta (Wang, 1994).

2.3.1 Técnicas post cosecha para reducir el daño por frío

Algunas de las técnicas de manejo post cosecha para reducir el daño por frío incluyen condicionamiento de la temperatura, calentamiento intermitente, almacenamiento en atmósfera controlada, tratamientos químicos y aplicaciones de reguladores del crecimiento. Las tres primeras técnicas consisten en manipular y modificar el ambiente de almacenamiento, mientras que los otros métodos tratan directamente al producto. Estas técnicas reducen el daño por frío mediante el incremento en la tolerancia del producto a las temperaturas frías o en retrasar el desarrollo de los síntomas de daño por frío (Wang, 1994).

El condicionamiento de la temperatura puede afectar la susceptibilidad de algunos productos tropicales al daño por frío. La exposición del producto a temperaturas un poco por encima del límite de la temperatura en la cual ya hay daño por frío, puede incrementar la tolerancia a la exposición al frío. El acondicionamiento de la temperatura puede ser realizada en un paso o en múltiples pasos, usualmente, el de múltiples pasos es más efectivo. El condicionamiento a baja temperatura ha sido asociado con el mantenimiento de altos niveles de fosfolípidos en las membranas, incrementando el grado de saturación en la membrana de los ácidos grasos, supresión del incremento del esterol y todos estos factores pueden contribuir a reducir el daño por frío (Wang, 1994).

El calentamiento intermitente es la interrupción del almacenamiento a baja temperatura con uno o varios períodos a alta temperatura. Este tratamiento debe ser realizado antes de que el daño por frío sea irreversible; si el tiempo crítico y la temperatura han sido

excedidos y, el daño por frío ha progresado, entonces aumentar la temperatura solamente acelerará la degradación del producto. Por esto, el momento de realizar el tratamiento es crítico y la detección de daño por frío a tiempo es importante (Wang, 1994).

El almacenamiento en atmósfera controlada puede ser beneficiosa, destructiva o sin efecto en reducir el daño por frío, dependiendo del producto. Por ejemplo, puede beneficiar la prevención por daño por frío en aguacate, uva, okra, piña y en zucchini. Caso contrario, el almacenamiento en atmósfera controlada puede acentuar el daño por frío en pepinos, limas y chile pimiento mientras que en otros productos no muestra ningún efecto (Wang, 1994).

Algunos tratamientos químicos han sido efectivos en la reducción del daño por frío, estos incluyen calcio, ethoxyquin, benzoato de sodio, imazalil, benzimidazole, aceite mineral, aceite vegetal, entre otros. Las aplicaciones de reguladores del crecimiento afectan muchos procesos bioquímicos y fisiológicos en los tejidos de las plantas. Su efecto sobre estos procesos puede alterar la tolerancia de los tejidos al daño por frío (Wang, 1994).

III. CONTEXTO

Royal Produce es una empresa exportadora de vegetales frescos, enviando a la semana 55,000 kilos de ejote fresco para clientes en Europa y Estados Unidos. Actualmente, el ejote es un producto con demanda constante durante todo el año, por lo cual es de suma importancia considerar la calidad y vida de anaquel del producto en las distintas presentaciones. El ejote se envía a supermercados y cadenas de restaurantes en donde se utiliza como ingrediente o como acompañante.

En el mercado de vegetales frescos garantizar la calidad de los productos es indispensable debido a que son productos perecederos que dependen de las condiciones de manejo post cosecha y de la logística de su distribución para alcanzar la vida de anaquel. Generalmente durante la logística de distribución del ejote desde Guatemala hacia los Estados Unidos se utilizan de 6 a 10 días de vida de anaquel en el transporte marítimo o terrestre, y todavía hay que asegurar una vida de anaquel de 10 días más en las góndolas de los supermercados. En el caso de la distribución a Europa son 10 días de tránsito, marítimo-aéreo-terrestre y luego se deben asegurar por lo menos 5 a 7 días de vida de anaquel en las tiendas.

El daño por frío resultando en una mancha café a lo largo de la vaina del ejote fresco es una de las principales causas de rechazo, ya que ésta no incide en el sabor del producto al momento de cocinarlo pero le da una apariencia desagradable como de producto añejo o vencido. El problema de rechazos en los centros de distribución y en los supermercados ha sido de impacto para la empresa, principalmente con el ejote en presentación de dos libras que es el que se envía al mercado de Estados Unidos y se vende en los supermercados.

Con el fin de disminuir la cantidad de rechazos, se han implementado cambios en la forma de almacenar el producto en cuartos fríos y en el material de empaque. A partir de ello, la cantidad de producto rechazado ha disminuido y la empresa ha logrado mantener los centros de distribución cumpliendo con el volumen, la logística de distribución y la vida de anaquel requerida.

Derivado de lo anterior, han generado información consistente en rangos de temperatura de almacenamiento, días de vida de anaquel del producto para el consumo humano, cambios en el material de empaque para cumplir con la vida de anaquel y el número de reclamos de clientes por daño por frío en producto terminado. En consecuencia, se realizó el estudio de caso que consiste en documentar el manejo post cosecha del ejote para el control de daño por frío en la empresa agrícola Royal Produce, en el periodo 2012-2014, analizando las condiciones de manejo post cosecha dentro de la planta empacadora.

La planta empacadora y las oficinas administrativas se encuentran ubicadas a las afueras del pueblo, sobre la carretera que conduce al municipio de San Juan Sacatepéquez a 30 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, en las siguientes coordenadas geográficas 14° 42 ’38.78”N – 90° 38’ 24.31”, coordenadas GTM: 1626667 metros norte y 484917 metros este. La planta se encuentra ubicada a 1845 msnm, con una precipitación de 1218 mm al año y una media de temperatura de 17.2 °C.

Figura 2. Fotografía Satelital de Royal Produce S.A. Google Earth.

La compañía cuenta con una planta empacadora certificada en la Norma Global de Inocuidad Alimentaria BRC V.6, (Global Standard For Food Safety, BRC V.6), Global Gap, entre otras, las cuales demandan un sistema de gestión integrado para garantizar la inocuidad, calidad y legalidad del producto. También con infraestructura moderna, que cumple los requisitos de las normas nacionales e internacionales de inocuidad para almacenar, clasificar y empacar vegetales frescos.

La infraestructura consiste en área de recepción de materia prima, seis cuartos fríos, uno con aire forzado para retirar el calor de campo a la materia prima, área de proceso con seis líneas de producción, tres módulos de pesas, área de producto terminado, área de despacho de contenedores, área de rechazo y venta local, un cuarto frío para muestras de vida de anaquel en el cual se desarrollan las pruebas de material de empaque especificadas en este estudio, un área de armado de material de empaque, bodega de material de empaque, parqueo de carga y descarga y áreas de lavado de manos. Además cuenta con oficinas administrativas, áreas para el personal como cafetería, vestidores y duchas, sanitarios, clínica médica y dental, oficina de limpieza, bodega de químicos de limpieza, área de lavandería y de lavado de utensilios.

El ejote fresco como materia prima se produce en varias regiones de Guatemala, el mayor volumen se concentra en la zona central con la producción de fincas certificadas GLOBAL GAP en el municipio de San Juan Sacatepéquez y San Raymundo. Otros proveedores externos se encuentran en Salamá, Jutiapa, Santa Rosa y Quiché principalmente. El cultivo del ejote se realiza en grandes extensiones generalmente con estructuras de conservación de suelos, uso de acolchado y riego por goteo. Con respecto al manejo integrado de plagas, los proveedores cuentan con un plan de manejo y asesoría constante de parte de la empresa y se utilizan productos fitosanitarios aprobados y de acuerdo a la legislación nacional e internacional del país importador.

IV. JUSTIFICACIÓN

La calidad del producto es importante para el consumidor en el mercado globalizado de vegetales frescos. El producto debe lucir fresco aún después de haber recorrido grandes distancias en varios días y durante su exposición en los supermercados, por lo que garantizar la vida de anaquel es imprescindible.

El ejote como vegetal fresco es un producto de alta demanda en Estados Unidos y Europa, en Guatemala se produce muy bien en algunas regiones del país. En la empresa agrícola Royal Produce, el ejote es uno de los principales productos de exportación y de demanda constante durante todo el año.

En el presente estudio de caso se documentaron y analizaron los cambios realizados al manejo post cosecha de ejote para reducir la incidencia de daño por frío, principal causa de rechazos y de reclamos de clientes. Los resultados del análisis de este estudio permitirán tomar decisiones acerca de los procesos adecuados para evitar la incidencia de daño por frío en ejote para consumo en fresco a través del manejo post cosecha.

El manejo post cosecha de ejote se realiza mediante el control de la cadena de frío y el uso de material de empaque especializado para este producto, sin añadir ningún tipo de tratamiento químico post cosecha, que además de disminuir los costos del manejo del producto, ayuda a reducir la cantidad de productos químicos aplicados al ejote. Así mismo la reducción en el uso de tratamientos químicos beneficia a la empresa en el sistema de gestión ambiental y en el acercamiento con los clientes que desean proveedores responsables con el medio ambiente.

El uso de tecnología de manejo post cosecha, utilizada conjuntamente con el análisis de la información documentada en este estudio, ayudará en la toma de decisiones al momento de incursionar en otro mercado, realizar un cambio en las presentaciones de producto terminado o cambios en la logística de la comercialización.

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Documentar las estrategias de manejo post cosecha del ejote francés para disminuir el daño por frío en la empresa Royal Produce durante la temporada 2012-2014.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el proceso de recepción, almacenamiento, clasificación, empaque y despacho de ejote para exportación.
- Describir la relación entre la temperatura de almacenamiento y la incidencia de la mancha café en la fase de post cosecha.
- Analizar los resultados de vida de anaquel de ejote con los cambios realizados en el material de empaque.
- Comparar el número de reclamos de clientes antes y después de los cambios realizados al manejo post cosecha de ejote.

VI. METODOLOGÍA

6.1. DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Los datos para analizar el siguiente estudio de casos se obtuvieron de los registros del sistema de gestión de inocuidad de la empresa, mediante el acceso a ciertos documentos físicos y electrónicos que se han completado durante la temporada 2012-2014. Los datos se generan utilizando formatos pre establecidos en el sistema de gestión y son analizados como parte de los indicadores de desempeño del sistema.

Los registros de temperatura durante el almacenamiento del producto y de cuartos fríos se obtuvieron de los datos generados por el sistema Xsense, termógrafos digitales que registran temperatura y humedad relativa y que envían la información a un servidor virtual en la web. Para acceder a la información se ingresa a una página web y se pueden descargar los archivos o analizarlos en línea.

Los registros de vida de anaquel se encuentran a cargo de Investigación y Desarrollo, donde se documentan los resultados de las pruebas de material de empaque, cambios en procesos y el seguimiento a las muestras de anaquel que se toman por cada orden de producción. Se revisaron los informes y registros relevantes con información necesaria para este estudio de caso.

Con respecto a los reclamos de clientes, en el sistema de gestión de inocuidad, el manejo y control de reclamos es un requisito como parte de la mejora continua, por lo que todos los reclamos de clientes son registrados, analizados y almacenados en archivos físicos y en forma electrónica para su control. Se tuvo acceso a la información relevante a este estudio de casos.

6.2. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El procedimiento de recolección de datos se realizó mediante una revisión documental de los registros, documentos e informes relevantes sobre las variables de estudio propuestas. La recolección de información física y electrónica se realizó con el apoyo

de los líderes del proceso, facilitando el acceso a los registros y documentos necesarios para este estudio de casos.

6.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables de estudio que se analizaron son las siguientes:

- **Temperatura de almacenamiento**: expresada en grados centígrados.

- **Vida de anaquel**: número de días que dura el producto con la calidad e inocuidad adecuada para el consumo humano.

- **Reclamos de clientes**: número de reclamos al año por incidencia de daño por frío.

- **Incidencia de daño por frío:** kilos de producto fuera de especificación por daño por frío.

6.4. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

La información que se analizó en el presente estudio de caso proviene de los datos registrados durante la temporada 2012-2014 con respecto a: registros de temperatura durante el almacenamiento del producto y de los cuartos fríos; registros de vida de anaquel en las distintas pruebas de material de empaque realizadas y los registros del número de reclamos de clientes por mancha café en producto terminado. Todos los registros se encuentran en archivos de Excel, mediante formatos pre establecidos para capturar la información relevante.

El análisis de la información se realizó utilizando tablas y gráficos dinámicos en las variables de estudio, principalmente, gráficas de columnas, líneas y barras. Así como tablas para presentar los datos analizados. En el caso de las variables de estudio de rangos de temperatura y de los cambios en el material de empaque; el análisis

comparativo se realizó en base a los datos registrados en Excel y con el apoyo de fotografías para poder comparar las diferencias en la calidad del producto de las muestras realizadas, a lo largo de la vida de anaquel o durante el almacenamiento en cuartos fríos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. PROCESO DE INTERVENCIÓN

En la empresa Royal Produce, S.A. se han especializado en la producción, empaque y comercialización de ejote francés, que a través de los años se ha convertido en una de las principales actividades de la empresa. El ejote francés se cultiva en muchas regiones del país por grupos de pequeños agricultores o en fincas agrícolas. El cultivo del ejote francés para exportación se ha desarrollado en el país en su mayoría por las empresas exportadoras de vegetales frescos y congelados y se han introducido variedades con características especiales en cuanto a tamaños, forma, color y sabor, las cuales son las requeridas por los mercados internacionales.

En la empresa Royal Produce, S.A. el volumen recibido de ejote francés proviene de múltiples proveedores, cada proveedor recibe un código de coordinador el cual puede ser una finca o un grupo de agricultores, de esta forma todas las siembras se planifican de acuerdo al requerimiento del mercado y se distribuyen entre los coordinadores dispuestos a producir y entregar el producto una vez es cosechado. En campo, las plantaciones son supervisadas por personal técnico quienes se aseguran que las plantaciones cumplan con los estándares de calidad e inocuidad requeridos por la planta empacadora.

Al momento de entregar el ejote francés a la planta empacadora, este recibe una inspección de calidad antes de la aceptación del producto, asegurando que el producto cumple con la especificación de calidad e inocuidad requerida por la empresa; si el producto es aceptado, entonces se ingresa asignándole un código de rastreo único que lo acompaña hasta su llegada al cliente final. El producto es colocado en tarimas y almacenado en cuartos fríos hasta que es requerido por el proceso de producción para llenar una orden de producción que corresponde a un pedido de venta. Al momento de ingresar el lote de materia prima al área de proceso, este es clasificado y procesado según la especificación del cliente para luego ser empacado en el material de empaque correspondiente.

La empresa cuenta con varias presentaciones de venta para el ejote francés, las cuales consisten en empaque en bolsas especializadas o bandejas, dependiendo el mercado destino y la especificación del cliente. Una vez el ejote francés se encuentra dentro del empaque, este es pesado y el material de empaque es sellado para luego colocarlo dentro del embalaje secundario, armar la tarima y cargarlo al contenedor para su exportación y distribución.

La empresa ha desarrollado un flujo lineal que permite que el proceso se realice de forma efectiva y eficiente sin contraflujos para garantizar la calidad e inocuidad del producto terminado. Sin embargo, aún se han encontrado problemas de calidad con el ejote francés debido principalmente a manejo post cosecha y problemas fitosanitarios ocasionados por los cambios climáticos en campo.

La empresa agrícola Royal Produce atravesaba problemas de calidad en el ejote francés que representaban una pérdida cuantificable, especialmente en el ejote empacado para el mercado estadunidense ya que durante su distribución el producto debe recorrer largas distancias de un estado a otro y al mismo tiempo mantener un inventario de producto terminado en los centros de distribución para una entrega justo a tiempo de acuerdo a las necesidades de los clientes. Las pérdidas en su mayoría ocurrían en los centros de distribución, perdiendo cajas completas de producto terminado debido principalmente a producto con problemas de calidad que consistían en mancha café a lo largo de la vaina y humedad excesiva dentro de las bolsas.

Al analizar los reclamos de calidad enviados por los clientes, el personal técnico se preguntaba cuál era el problema y realizando el análisis de los daños reportados consideraban que el problema era fitosanitario. Se realizaron análisis de laboratorio de muestras de vida de anaquel que presentaban los mismos problemas y no encontraban un resultado concluyente.

El equipo técnico de la empresa, tanto de campo como de planta, iniciaron múltiples pruebas e investigación para encontrar una respuesta a los problemas de calidad. Al

tener los resultados de las pruebas realizadas concluyeron que debían realizar mejoras en el manejo post cosecha para evitar reclamos de clientes y pérdidas económicas. También se realizaron inversiones en equipo de refrigeración y en equipo de medición para poder controlar los procesos de enfriamiento.

El sistema Xsense es una de estas inversiones, este sistema automatizado de medición y monitoreo de temperatura y humedad relativa permite llevar un control de los cambios de temperatura dentro de los cuartos fríos, controlar los tiempos de deshielo de los equipos de refrigeración así como determinar por medio de alertas si hubo un problema con el equipo para poder reaccionar rápidamente. Esta aplicación es de mucha utilidad para monitorear el tiempo de exposición al frío y para poder analizar la información almacenada automáticamente generando gráficas fáciles de interpretar para la toma eficiente de decisiones con respecto al proceso de enfriamiento.

En relación a las técnicas de manejo post cosecha implementadas en la planta de empaque, el enfriamiento del ejote es muy importante y consiste en colocar el producto en el aire forzado para retirar el calor de campo de manera rápida y así evitar problemas de deshidratación por el aumento de la tasa de respiración y la pérdida de agua ocasionado por el calor generado durante la cosecha y transporte. Generalmente el producto ingresa a planta a una temperatura de entre 18 y 22 °C y mediante el enfriamiento en el aire forzado, la temperatura baja en cuestión de dos horas hasta 12 °C.

Al lograr retirar el calor acumulado en campo el producto es almacenado en un cuarto frío seteado a la temperatura adecuada para el ejote que es de 6 °C y tratando de no mezclarlo con otros productos cuya temperatura de almacenamiento es diferente y que debe estar a una temperatura cercana a 0 °C. Anteriormente el ejote francés era almacenado con estos productos y no se tenía contemplado que la vida de anaquel se reducía considerablemente al almacenarlo en cuartos fríos seteados a baja temperatura.

El material de empaque también ha influido en aumentar los días de vida de anaquel del ejote francés y la empresa ha colaborado con la empresa proveedora del material de empaque en desarrollar un material de empaque que ha optimizado la calidad y durabilidad del producto terminado haciendo que el ejote francés sea un producto de alto valor comercial.

Dentro de las pruebas realizadas para mejorar el material de empaque utilizado para el ejote se encuentra el uso de varios tipos de materiales, se hicieron pruebas con bolsas de nylon, polietileno, polipropileno y una combinación de ambos en una bolsa laminada.

Las pruebas se llevaron a cabo en la empresa, dentro del cuarto frío para las muestras de vida útil, el cual se encuentra a 6 °C simulando la temperatura utilizada en los anaqueles refrigerados de los supermercados. También se simula el cambio de temperatura que ocurre generalmente durante la distribución marítima y terrestre de un centro de distribución hacia los supermercados.

Las pruebas que se llevaron a cabo determinaron que era necesario realizar un cambio en el calibre de la bolsa que ayudaría a prevenir el daño por frío si el producto se almacenaba a una temperatura inferior a la recomendada.

7.2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

Los resultados de las variables de estudio se obtuvieron del análisis de los datos generados por el sistema de gestión de la empresa Royal Produce, S.A. durante la temporada 2012-2014, tomando en consideración los aspectos clave de las estrategias de manejo post cosecha del ejote francés para minimizar la incidencia de daño por frío.

7.2.1 Temperatura de almacenamiento

En la planta de empaque de Royal Produce, S.A., la temperatura de los cuartos fríos y el área de proceso se monitorea utilizando el sistema Xsense, que consiste en colocar sensores de temperatura y humedad relativa electrónicos que almacenan la información en tiempo real y que pueden, si es necesario, enviar alertas si la variación de temperatura y humedad relativa sale de los parámetros establecidos para cada área.

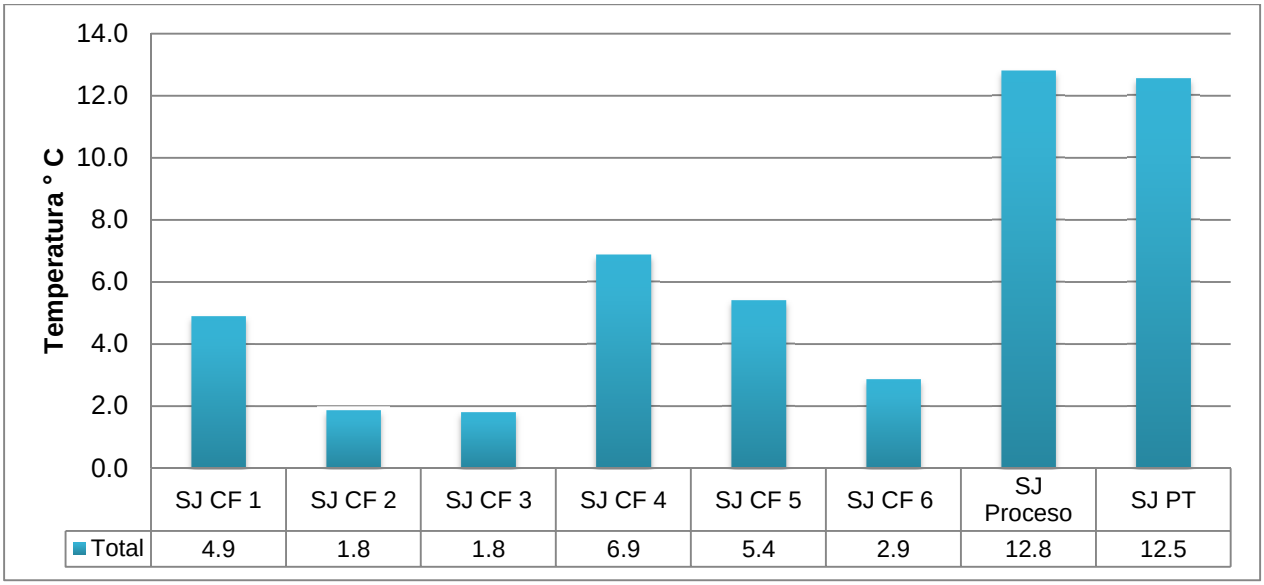

Figura 3. Temperatura promedio de los 6 cuartos fríos (SJ CF1 - SJ CF6), área de proceso (SJ Proceso) y área de producto terminado (SJ PT).

En la Figura 3 se puede observar que los 6 cuartos fríos se encuentran programados para mantenerse a temperatura distinta de acuerdo al producto que se almacena en cada uno. El ejote francés se almacena generalmente en el cuarto frío 1 y 5, la temperatura se encuentra entre 4.9 °C y 5.4 °C, temperatura adecuada para evitar la incidencia de daño por frío en este producto. El cambio realizado en la empresa al definir cuartos fríos específicos por producto ha sido de gran ayuda para disminuir las pérdidas por síntomas de daño por frío, principalmente, mancha café a lo largo de la vaina. En los cuartos fríos 2, 3 y 6 se almacenan arvejas que necesitan temperaturas más bajas para alargar su vida de anaquel, como se detalla en la figura, las temperaturas oscilan entre 1.8 y 2.9 °C.

El área de proceso y de producto terminado también es un área refrigerada a una temperatura de 12 °C en promedio, sin embargo la temperatura aumenta en ciertas horas del día hasta 15 °C, especialmente en la época de calor. El área se ha mantenido a esta temperatura para brindar al personal un ambiente agradable de trabajo y mayor productividad ya que ésta tiende a disminuir a temperaturas más bajas. El impacto de este cambio de temperatura en el producto es significativo, aumentando aproximadamente 2 °C la temperatura del producto durante el proceso de clasificación y empaque, provocando condensación al momento de pre enfriar el producto antes de cargarlo al contenedor programado a 1 °C en cargas consolidadas.

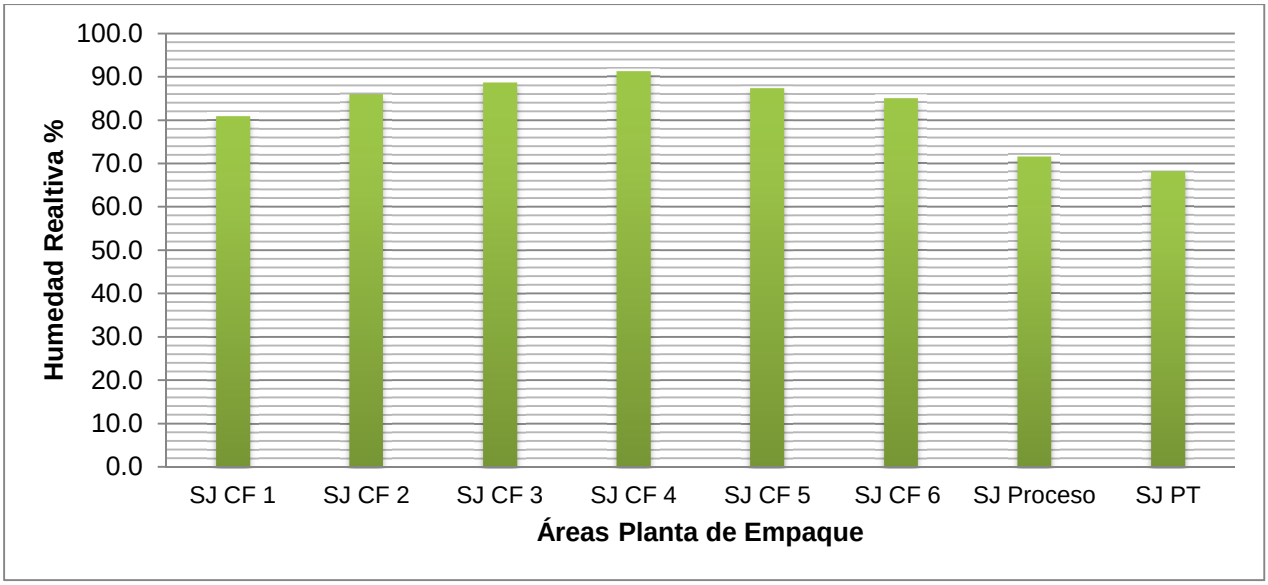

Figura 4. Porcentaje de humedad relativa promedio de los 6 cuartos fríos (SJ CF1 – SJ CF6), área de proceso (SJ Proceso) y área de producto terminado (SJ PT).

En cuanto a la humedad relativa, en todos los cuartos fríos ésta se encuentra por debajo del 95%, la cual es recomendada para que el ejote no sufra deshidratación. Debido a esta situación el ejote francés no puede almacenarse como materia prima por más de 48 horas sin sufrir pérdida de agua y por lo tanto pérdida de turgencia, característica física que el cliente requiere ya que en muchos lugares les llaman “snap beans” debido al sonido que hacen cuando la vaina es doblada y se parte a la mitad. El porcentaje de humedad relativa promedio en los cuartos fríos oscila entre 80 y 90%.

En el área de empaque, la humedad relativa es mucho menor ya que se mantiene en un rango de 68 a 70%. El proceso de clasificación y empaque se realiza en poco tiempo sin embargo, el daño más significativo es la deshidratación de los cortes que se realizan al ejote francés. Un 90% del ejote procesado en la planta de empaque de Royal Produce, S.A. lleva uno o dos cortes y luego es empacado dentro de la bolsa. Estos cortes pueden cambiar de color de verde a blanco y una oxidación en los bordes si el producto no es empacado rápidamente. Una vez el ejote francés se encuentra dentro de las bolsas, este cambio se produce con mayor lentitud y no es evidente en los anaqueles.

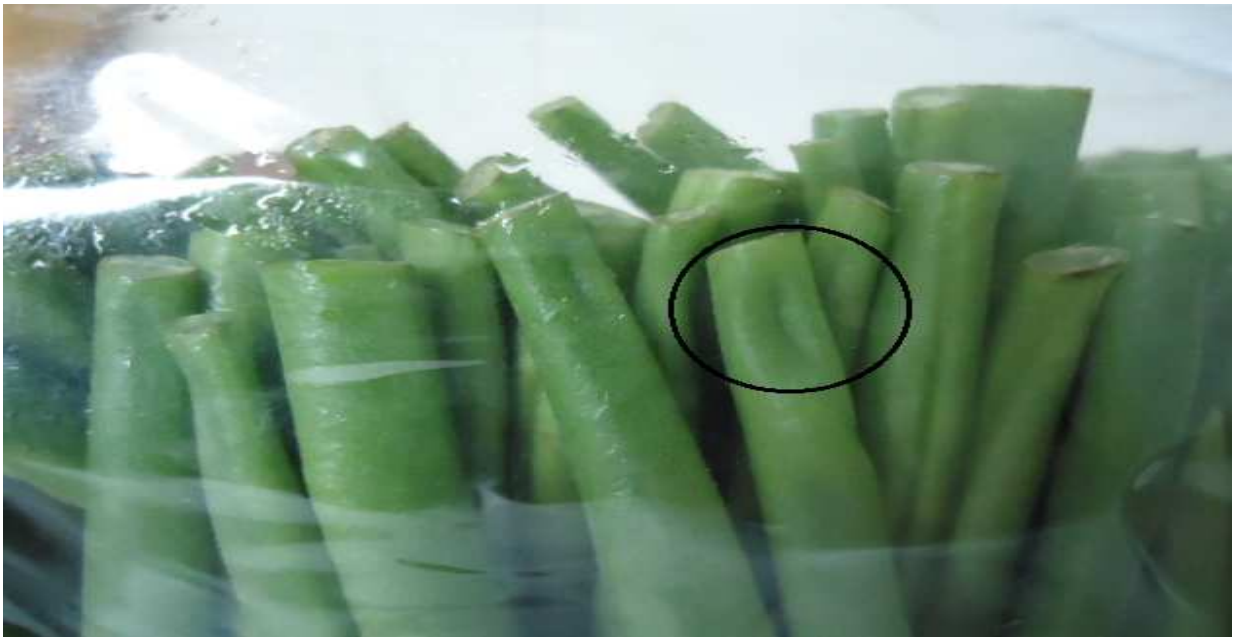

Figura 5. Ejote con problemas de deshidratación (Fuente: Reporte de I&D Royal Produce, S.A.).

La Figura 5 muestra problemas por deshidratación en ejote empacado en bolsas con atmosfera modificada almacenado durante 12 días a una temperatura de 9 ^{o}C a 10 ^{o}C y con una humedad relativa de 50% a 55%.

En cuanto a la temperatura de almacenamiento de ejote francés dentro de los cuartos fríos, se realizaron pruebas de almacenamiento de ejote a una temperatura de 5 ^{o}C a 6 ^{o}C y otra a una temperatura de 9 ^{o}C a 10 ^{o}C.

Cuadro 3. Ejote francés almacenado a 5 °C y 6°C.

Días de evaluación	% o_2	%co_2	Calidad	Observación
1	N/A	N/A	Aceptable	Ninguna
7	3.7	17.3	Aceptable	Ninguna
10	3.2	18	Aceptable	Ninguna
17	3.4	17.6	Aceptable	Inicio de mancha café
25	3.6	17.4	Regular	Incidencia alta de mancha café en la vaina, cortes sin oxidación, algunas puntas secas.

Figura 6. Ejote francés con 25 días almacenado a 5°C.

En la prueba de ejote francés almacenado a temperatura de 5 °C, a los 17 días el ejote ya presentaba incidencia de mancha café, sin embargo en la calidad es aceptable y no se observan cortes oxidados ni problemas de deshidratación.

Cuadro 4. Ejote francés almacenado a 9 y 10 °C.

Días de evaluación	% o_2	%co_2	Calidad	Observación
1	N/A	N/A	Aceptable	Ninguna
7	4.5	17.4	Aceptable	Ninguna
10	4.9	15.2	Aceptable	Ninguna
17	4.4	15.9	Aceptable	Poca oxidación en cortes, inicio de mancha café.
25	4.5	15.6	Regular	Oxidación en cortes, poca mancha café en vainas, presencia de moho en puntas.

Figura 7. Ejote francés con 25 días almacenado a 10 °C.

En la prueba de ejote francés almacenado a 10 ^{o}C, se observó que a partir de los 17 días iniciaba el aparecimiento de mancha café a lo largo de la vaina pero éstas manchas eran muy pocas y solo se presentaban en algunos ejotes comparadas con el ejote almacenado a la temperatura de 5 ^{o}C.

En el ejote almacenado a 10 ^{o}C, a los 12 días se observó deshidratación en las puntas del ejote. También hubo mayor incidencia de cortes oxidados que en la prueba almacenada a 5 °C debido a que el ejote se envía descalizado o con cortes en ambos extremos, la herida ocasionada por este corte realizado con cuchillos, tiende a oxidarse

si aumenta la temperatura de almacenamiento, incrementando la tasa de respiración del ejote francés y acelerando la oxidación de los cortes.

En consecuencia, los resultados de estas pruebas determinan que la temperatura de almacenamiento en cuartos fríos para el ejote francés como materia prima es de 5 a 6 °C y para ejote francés ya procesado o como producto terminado, se encuentra definida entre 6 °C y 8 °C, disminuyendo la incidencia de daño por frío y evitando oxidación en los cortes.

En cuanto a la temperatura definida para la distribución en contenedores marítimos con destino a Estados Unidos, la mayor parte de embarques son consolidados, esto significa que los contenedores se cargan con diferentes productos que se manejan a distintas temperaturas, por ejemplo, arvejas con ejote francés. Los contenedores se programan a 1 °C para estos embarques consolidados y las Figuras 8 y 9 muestran como ejemplo, la diferencia entre un contenedor que lleva solamente ejote francés (Caso 1) y uno con carga consolidada (Caso 2).

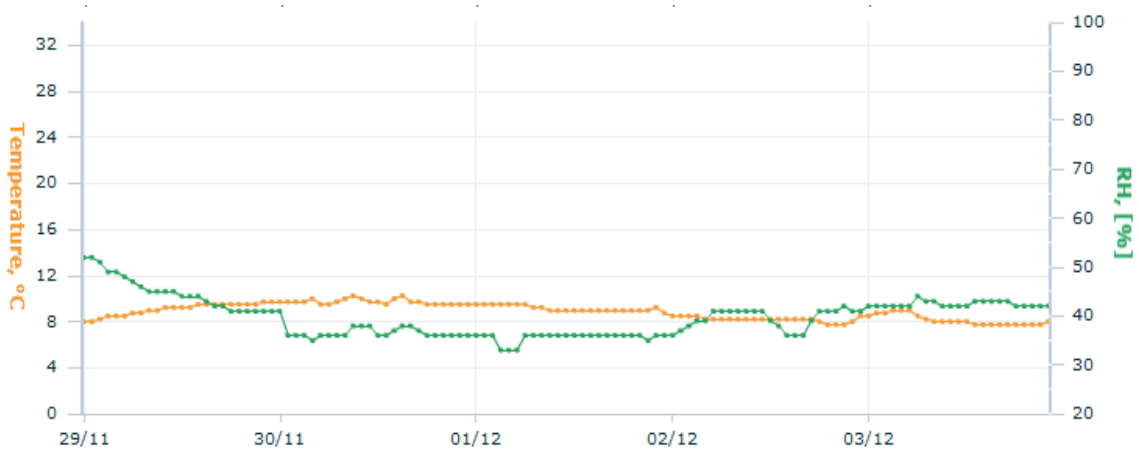

Figura 8. Temperatura y humedad relativa de contenedor en tránsito cargado con ejote francés.

El Caso 1, contenedor transportando únicamente ejote francés, se despachó el 29/11/2013 y llego a Miami, Florida el 04/12/2013, las fechas se encuentran detalladas en el eje horizontal de la gráfica. La figura 8 muestra que la temperatura se mantuvo en

rangos óptimos para el ejote francés, la temperatura máxima fue de 10 ^{o}C y la mínima de 7 ^{o}C. Con respecto a la humedad relativa se observa que se encuentra entre 34% y 55%, por debajo de lo recomendado para vegetales frescos, sin embargo, el ejote francés se envía empacado en bolsas con atmósfera modificada que evita en cierta medida la deshidratación conservando la humedad del producto dentro del empaque.

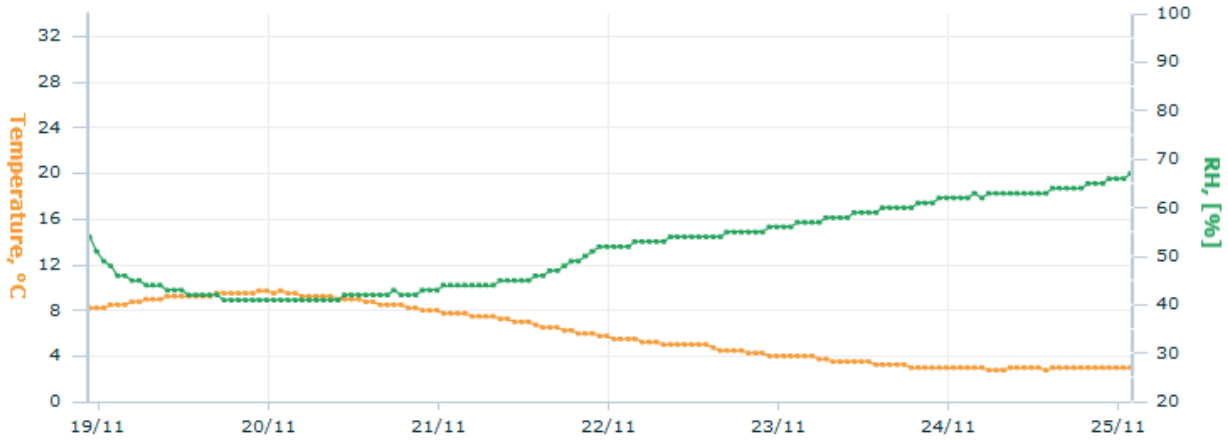

Figura 9. Temperatura y humedad relativa de contenedor en tránsito con carga consolidada.

La Figura 9 muestra el Caso 2, contenedor con carga consolidada, despachado el 19/11/2013 que llego a Miami el 25/11/2013, este contenedor transportaba ejote y arveja dulce. La figura muestra que durante el transporte la temperatura del contenedor descendió hasta 3 ^{o}C, temperatura que según la literatura causa daño por frio en el ejote francés. Debido a las bajas temperaturas al que el ejote fue expuesto durante el tránsito, dos tarimas de ejote francés, al momento de su llegada al distribuidor ya presentaban daño por frio.

La carga consolidada de contenedores puede provocar pérdidas económicas si las temperaturas no son manejadas adecuadamente. En el caso de los contenedores consolidados, la empresa ha implementado estrategias para mitigar la incidencia de daño por frío en el ejote francés. Se han considerado las posiciones dentro del contenedor para que el producto que se almacena a temperaturas más bajas sea ubicado en la parte más fría del contenedor. Otra de las estrategias implementadas por

la organización ha sido cambiar la forma de entarimar las cajas de producto terminado de ejote francés, protegiendo el producto con pliegos de cartón en la parte alta de la tarima y colocando el producto al interior de la tarima, protegido por la caja de cartón, la cual queda en la parte externa de la tarima expuesta a las bajas temperaturas.

7.2.2 Vida de anaquel

La vida de anaquel es monitoreada por la empresa Royal Produce como parte del proceso de Investigación y Desarrollo y de su proceso de aseguramiento de calidad e inocuidad. El objetivo de realizar el monitoreo a las muestras de retención que se obtienen de cada orden de producción es comprobar que la calidad e inocuidad se mantiene a lo largo de los días requeridos por el cliente.

En el caso de ejote francés, las muestras deben alcanzar un estimado de 14 días para el mercado europeo y un estimado de 21 días para el producto enviado al mercado de Estados Unidos. Las pruebas de vida de anaquel se realizan semanalmente, monitoreando calidad por observación visual y el desempeño del material de empaque por medio de la medición de los gases dentro de la bolsa MAP.

En la siguiente tabla se pueden observar la cantidad de muestras de ejote francés evaluadas por destino en la temporada 2012-2014.

Cuadro 5. Muestras de vida de anaquel evaluadas.

Mercado	Número de muestras
Europa	377
México	5
USA	780
Total general	**1162**

(I&D Royal Produce, S.A.).

A partir de los datos descritos en la tabla, el mercado más importante para la exportación de ejote francés en la empresa Royal Produce, S.A. es Estados Unidos. Se puede inferir la importancia de implementar estrategias de manejo post cosecha para

alargar la vida de anaquel del ejote francés ya que el mercado con mayor volumen de exportación requiere un mínimo de 21 días durante la cadena de distribución, conservando sus características físicas, químicas y organolépticas hasta el momento del consumo.

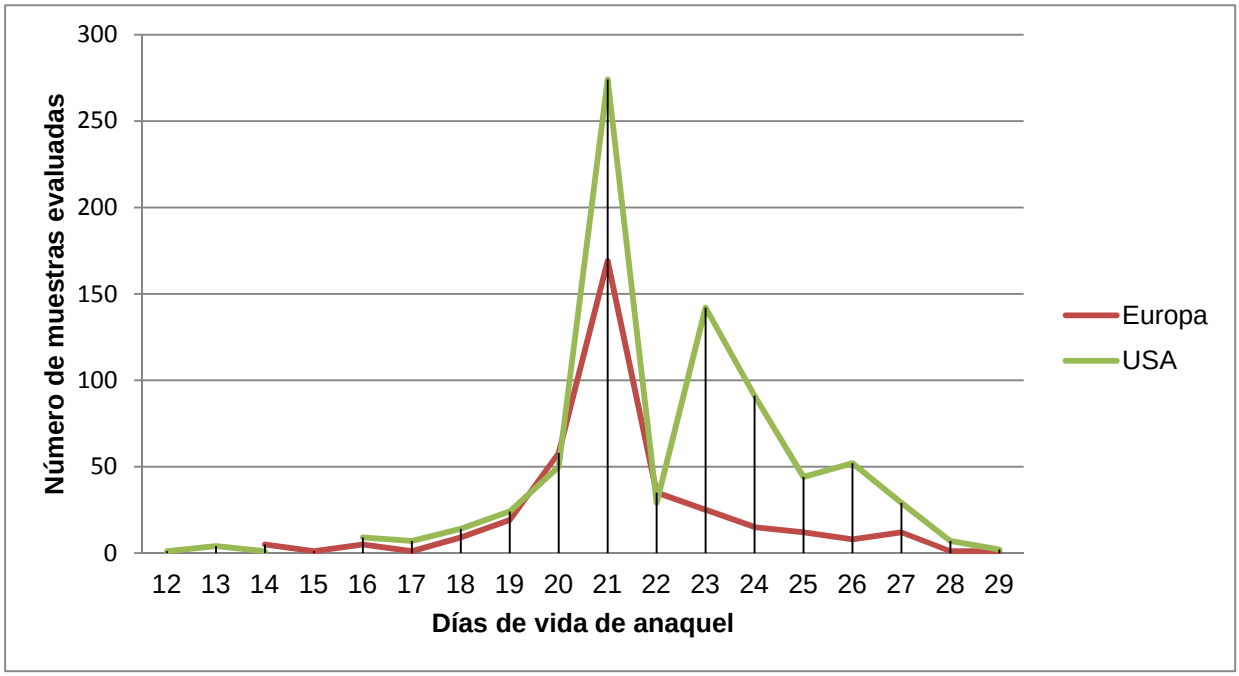

Figura 10. Días de vida de anaquel que tardan las muestras por mercado.

En la figura 10 se puede observar que la mayor cantidad de muestras empacadas para ambos mercados llega a los 21 días de vida de anaquel. La cantidad de muestras empacadas para el mercado de Estados Unidos que llegan a durar 23 y hasta 26 días de vida de anaquel es mayor a la empacada para Europa. Analizando la diferencia entre las presentaciones para Europa y Estados Unidos, se pudo observar que se utilizan diferentes bolsas. Las bolsas para el mercado europeo son bolsas de polietileno y en el caso del mercado estadunidense, son laminadas, utilizando tanto polietileno como polipropileno.

Según (Sandhya, 2009), el polietileno brinda fuerza, durabilidad, estabilidad dimensional, baja permeabilidad a los gases, olores y grasas. Este tipo de material también tiene alta permeabilidad a O_2, CO_2 y al etileno. Los films que han mejorado sus

tasas de permeabilidad de los gases son mezclas de dos o tres polímeros, en donde cada polímero de la mezcla actúa una función específica como la fuerza, transparencia y transmisión de gases para cumplir las demandas de cada producto.

En el caso del empaque utilizado para el mercado europeo, el mercado exige presentaciones pequeñas de hasta 300 gramos y demandan principalmente transparencia, es indispensable que el producto se vea. En el caso de Estados Unidos, el mercado exige durabilidad y mejor desempeño en transmisión de gases que permita alcanzar la vida de anaquel, además de fuerza ya que las presentaciones son más grandes hasta 907 gramos, por lo que el peso es mayor y necesita mejores sellos y resistencia a la manipulación.

La Figura 10 muestra que algunas muestras empacadas para Estados Unidos no llegan a los 21 días de vida útil, esto se debe a varios factores como calidad del ejote francés, algún problema con el material de empaque como sellos abiertos y film que se rompe con la manipulación en el caso de la presentación de bandeja.

Los principales daños observados durante el monitoreo de las muestras de vida de anaquel se describen en la Figura 11.

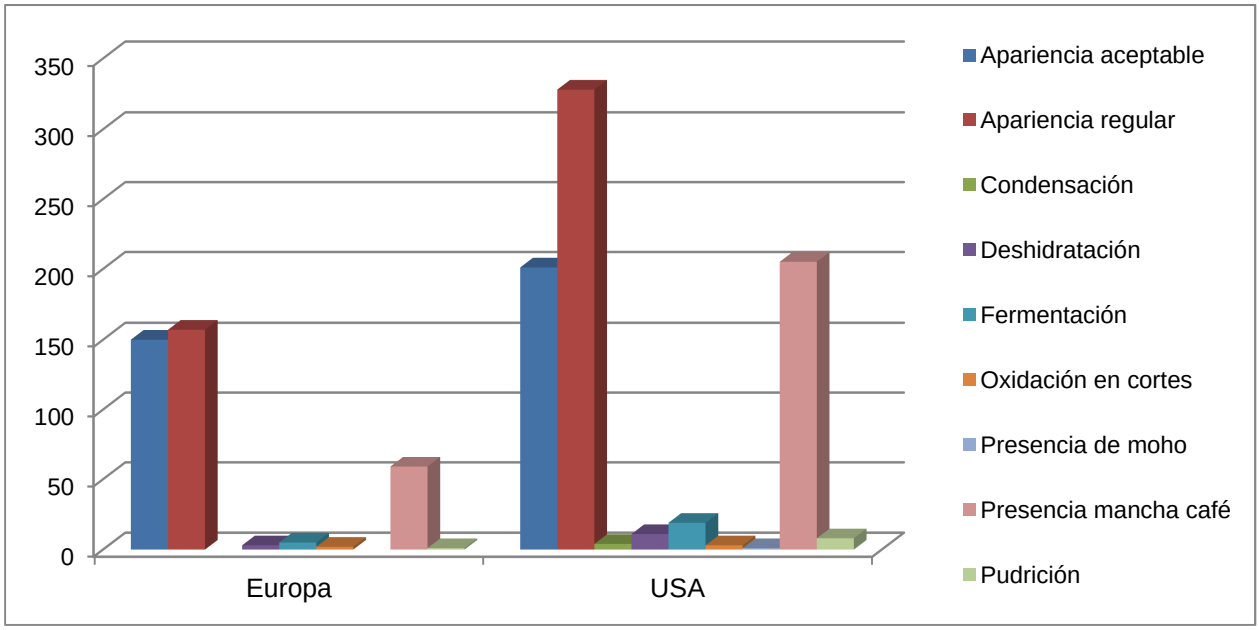

Figura 11. Daños observados en las muestras de vida de anaquel al vencer.

La mayoría de muestras vencen con apariencia regular en muestras empacadas para ambos mercados. Le siguen las muestras que terminan su vida útil con apariencia aceptable, sin embargo podemos determinar que la proporción de muestras con apariencia aceptable y con apariencia regular para el mercado europeo, están casi al mismo nivel debido a que son menos los días de vida de anaquel requeridos por el mercado comparado con las muestras para el mercado estadunidense en el que se observa una amplia diferencia entre las muestras que vencen con apariencia regular a las que vencen con apariencia aceptable.

En la Figura 11 se exponen algunos otros daños encontrados en las muestras al final de su vida de anaquel, una proporción de muestras vencen con presencia de mancha café a lo largo de la vaina, esto debido principalmente a la exposición por 21 o más días al frío en el cuarto de vida útil ya que las muestras son almacenadas en estanterías sin la protección del embalaje secundario. Se encuentran otros daños como fermentación, deshidratación y oxidación en los cortes, problemas que son consecuencia de la temperatura de almacenamiento, la calidad de la materia prima y el material de empaque utilizado.

El daño por frío en el ejote francés ha sido difícil de manejar pero en la figura 11 se observa que la estrategia de manejo post cosecha utilizada por la empresa Royal Produce, S.A. que consiste en los cambios en el material de empaque y la temperatura de almacenamiento han sido de impacto para reducir la cantidad de muestras que terminan con apariencia regular o aceptable y logran alcanzar la vida de anaquel requerida por el mercado destino.

7.2.3 Reclamos de clientes

En la empresa Royal Produce S.A. como parte de los indicadores del sistema de gestión de calidad, se lleva a cabo el proceso de manejo de reclamos de clientes. En este procedimiento se detalla cómo darle seguimiento a los reclamos de clientes, éstos se registran en el proceso de aseguramiento de calidad y mediante un análisis de causa

se determina el problema que origina el reclamo y se detallan las acciones correctivas a implementar con el fin de evitar su recurrencia.

En las figuras siguientes se realiza un análisis de los reclamos de clientes de ejote francés por temporadas en donde se determina si las estrategias implementadas de manejo post cosecha han disminuido la cantidad de reclamos durante la temporada 2012 – 2014, cada temporada se analiza de junio a julio.

Cuadro 6. Número de reclamos de clientes por temporada.

Temporada	Número de Reclamos
2012-2013	21
2013-2014	19

En el Cuadro 6 se detallan el número de reclamos de clientes por cada temporada y como se puede observar sí hubo una disminución de 2 reclamos de calidad en ejote en la temporada 2013-2014.

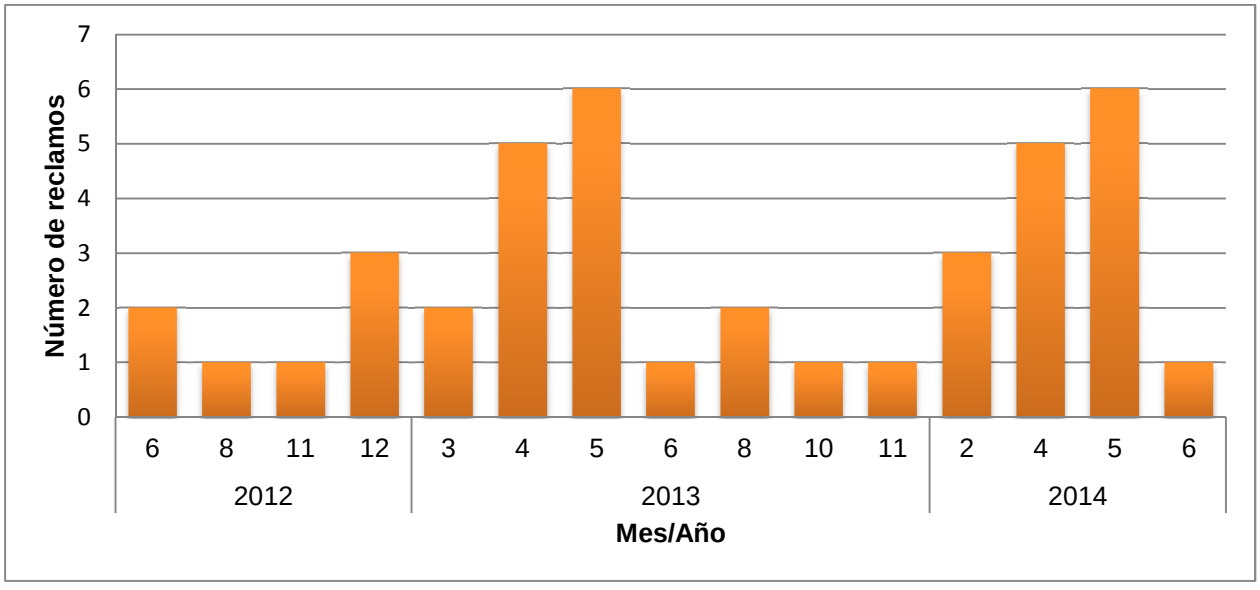

Figura 12. Reclamos de clientes de ejote francés por mes. Temporada 2012-2014.

En la Figura 12 se puede observar que la mayor cantidad de reclamos de clientes durante las dos temporadas ocurren en los meses de abril y mayo tanto en el año 2013

como en el año 2014. El comportamiento de reclamos de clientes es cíclico y coincide con los cambios climáticos que van relacionados con el aumento de temperatura ambiente.

Cuadro 7. Principales problemas de reclamos de clientes. Temporada 2012-2014.

Principales problemas	Número de reclamos
Calidad	27
Legalidad	1
Materia Prima	10
Material Extraño	2
Total	**40**

Fuente. Royal Produce, S.A.

Los principales problemas de reclamos de clientes son los que se muestran en el Cuadro 7, se clasifican de esta forma ya que identifican los procesos clave en los que hay que enfocarse para reducirlos. La clasificación de los reclamos por problemas lleva a una clasificación más detallada que se determina a partir de los análisis de causa, llegando a definir el origen del reclamo. La Figura 13 muestra esta clasificación.

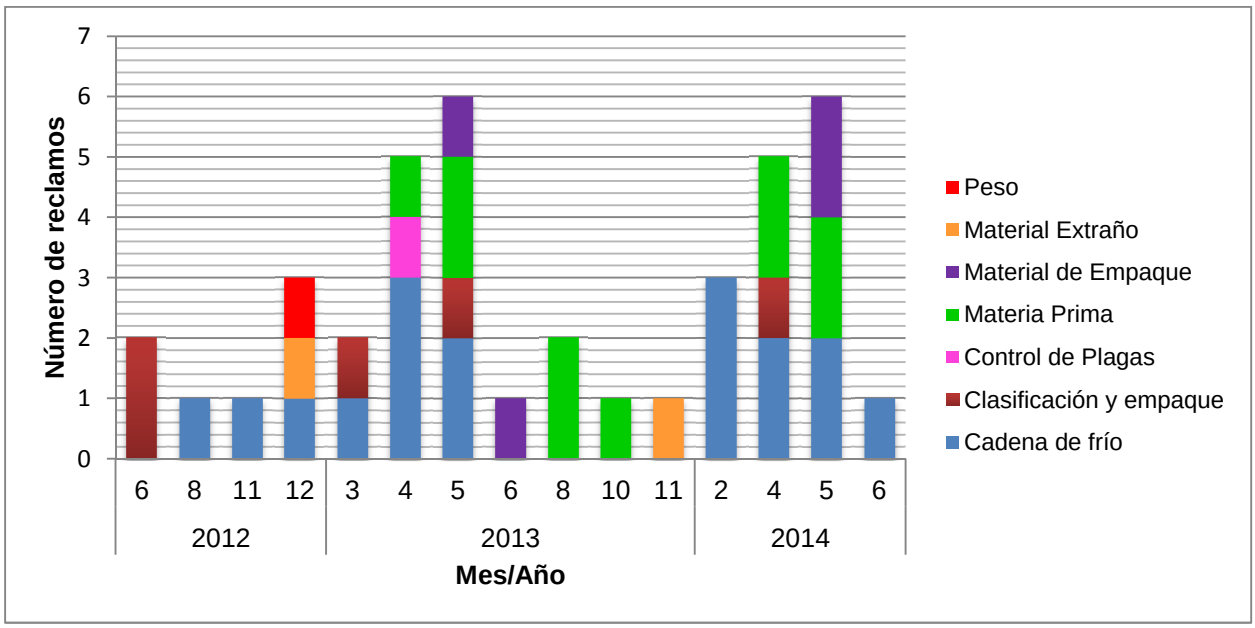

Figura 13. Principales causas de reclamos de clientes. Temporada 2012 – 2014.

La principal causa de reclamos de clientes para ejote francés es por problemas con la cadena de frío, principalmente de daño por frío. Los principales defectos de calidad de los cuales se quejan los clientes son presencia de mancha café a lo largo de la vaina, oxidación en los cortes, humedad excesiva dentro de las bolsas y en algunas ocasiones pudrición y moho, síntomas típicos de daño por frío en ejote francés.

Al analizar la causa de los reclamos se puede observar que hay un rompimiento en la cadena de frío, la cual ocurre generalmente durante la distribución vía terrestre o aérea ya que la cadena de frío no puede garantizarse como en los embarques marítimos en donde la temperatura del contenedor puede mantenerse constante. Según (Wang, Chilling and Freezing Injury, 1996), los productos que han sufrido daño por frío aparentan una calidad aceptable cuando se mantienen a bajas temperaturas. Sin embargo, los síntomas de daño por frío se hacen evidentes en un corto tiempo cuando son expuestos a temperaturas más altas.

Debido a que la cadena de frío se rompe durante la distribución por períodos de tiempo que dependen del medio de transporte pero que oscila entre 30 minutos hasta 4 horas, los síntomas de daño por frío resultan evidentes al llegar a las bodegas del cliente al haber expuesto el producto a temperaturas más altas a las que fue almacenado durante el proceso en planta de empaque y durante la distribución en contenedores marítimos.

Otro de los principales problemas o causas de los reclamos es la calidad de la materia prima, en algunas épocas del año, en abril y mayo este problema es mayor debido también a las condiciones climáticas, existe una combinación de alta temperatura y lluvia que propicia la incidencia de plagas y enfermedades en los campos de cultivo. En los meses de agosto y septiembre de 2013 también se incrementaron los problemas de calidad en materia prima debido a la lluvia. A pesar de que se realiza una clasificación y empaque, algunos defectos no son visibles en la planta de empaque y se desarrollan a través del tiempo durante la distribución del producto.

Otros reclamos tienen su origen en el material de empaque, éstos consisten en la utilización de bolsas con mayor permeabilidad al oxígeno que da como resultado oxidación en los cortes debido a que se utilizaron bolsas de otro proveedor que se encontraban defectuosas y film alimenticio que llego al cliente roto lo cual también favorece la oxidación permitiendo más oxígeno en contacto con el producto.

El mercado destino también incide en el número de reclamos de clientes, como se puede observar en el Cuadro 8, la cantidad de reclamos de ejote para el mercado europeo es mayor a la cantidad de reclamos de ejote empacado para el mercado estadunidense.

Cuadro 8. Reclamos de clientes por tipo de mercado.

Mercado	**Numero de reclamos**
Europa	22
USA	18
Total	**40**

(Royal Produce, 2012-2014).

La diferencia del número de reclamos entre los dos mercados principales se debe a que la cadena de distribución es distinta y menos controlable en el producto empacado para Europa ya que son embarques marítimos aéreos (el producto es enviado de Guatemala a Estados Unidos vía marítima y el distribuidor en Estados Unidos se encarga del envío del producto a Europa vía aérea). Otro factor importante es el material de empaque utilizado para este mercado, presentaciones pequeñas, con un corte o dos cortes lo que conlleva a heridas abiertas, además el producto se envía en cajas cerradas ya que se cargan en contenedores aéreos tipo AKE que pueden llevar hasta 1587 kilos, sin refrigeración más que el pre enfriamiento del producto antes de la carga.

En el caso del mercado de Estados Unidos los principales problemas se derivan de que los clientes necesitan un inventario disponible justo a tiempo que demanda mayor tiempo de vida de anaquel.

7.2.4 Incidencia de daño por frío

La incidencia de daño por frío durante el almacenamiento representa para la empresa una pérdida significativa, del 3.39 % de total de ejote francés ingresado a la planta empacadora de Royal Produce, S.A. Estos datos fueron obtenidos del reporte de defectos de calidad durante la recepción y almacenamiento de ejote francés durante la temporada 2012-2014.

Los kilos ingresados a la planta de empaque de Royal Produce durante la temporada 2012 -2014 fueron 7, 207,274, producto entregado por fincas y grupos de agricultores ubicados en distintas regiones del país. En el Cuadro 9 se pueden observar las regiones de producción de ejote francés

Cuadro 9. Kilos de ejote francés por región. Temporada 2012 – 2014.

Región	Kilos Ingresados
Alta Verapaz	75,281
Altiplano	374,446
Baja Verapaz	2,713,784
Centro	399,762
Fincas	1,956,547
Huehuetenango	186,782
Jalapa	695,049
Jutiapa	53,387
Quiché	317,778
Sacatepéquez	434,458
Total kilos ingresados	**7,207,274**

Las regiones con mayor producción de ejote francés durante la temporada 2012- 2014 fueron Baja Verapaz, fincas propias, Jalapa y Sacatepéquez debido a que las regiones tienen las condiciones propicias para el cultivo de ejote francés, además de ser las regiones más tecnificadas con uso de sistemas de riego y fertilización por goteo, uso de técnicas de conservación de suelos y un manejo integrado de plagas que las diferencia

de otras en donde la mayoría de proveedores son grupos de agricultores con técnicas de cultivo tradicionales, que cultivan con humedad residual.

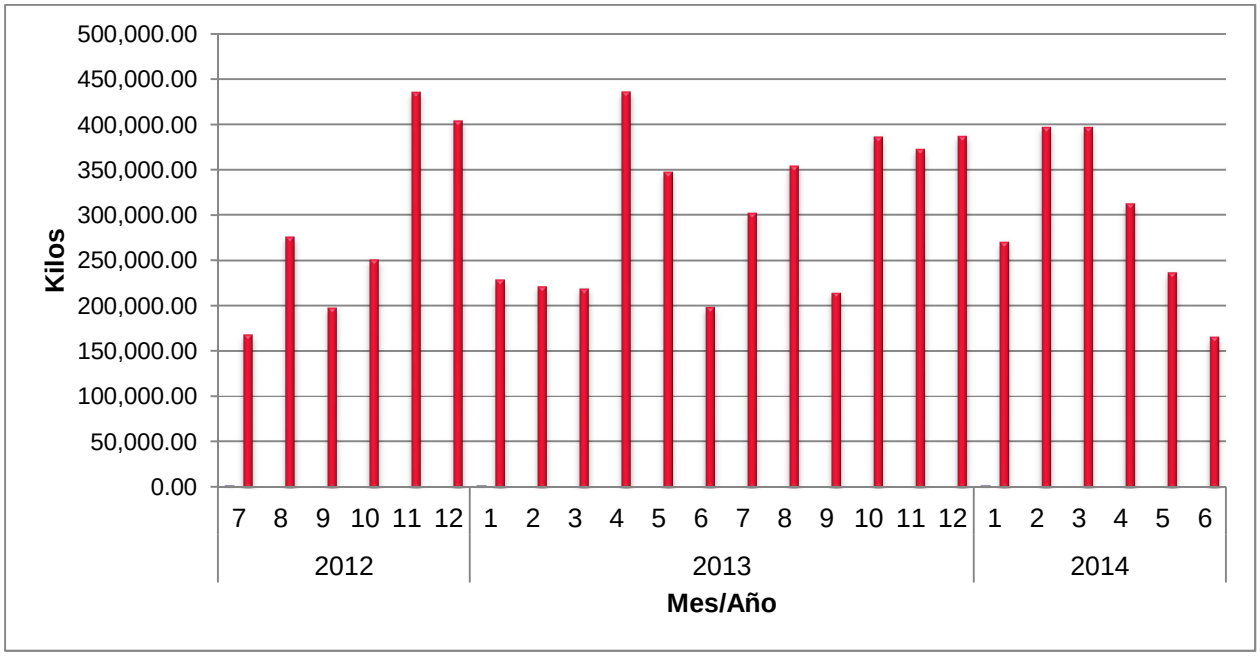

Figura 14. Kilos de ejote francés ingresados por mes. Temporada 2012 – 2014.

En la Figura 14 se detallan los kilos ingresados por mes, el ejote francés es uno de los productos que ingresan durante todo el año a la planta de empaque de Royal Produce. El ingreso mínimo mensual fue de 166,260 kilos y el ingreso máximo fue de 436,350 kilos durante la temporada 2012 - 2014. Existe diferencia en los picos de ingreso entre cada temporada, durante la temporada 2012 – 2013, los meses con mayor ingreso de ejote francés fueron noviembre y diciembre de 2012 y abril y mayo de 2013, mientras que en la temporada 2013 – 2014, los ingresos mayores ocurrieron de octubre a diciembre 2013 y febrero y marzo de 2014.

Estas diferencias son principalmente cambios en la planificación agrícola de siembras debido a cambios en el mercado. En cada temporada se realiza un análisis de las ventas y comportamiento del mercado para determinar el volumen necesario para intentar cubrir las órdenes de los clientes, sin embargo, el comportamiento del mercado

se ve influenciado por otros países productores de ejote francés por lo que es muy difícil anticiparlo.

La incidencia de daño por frío durante el almacenamiento del ejote francés impacta en un 3.39 % del total de kilos de ejote francés ingresados durante la temporada 2012-2014, de acuerdo a los datos analizados de producto fuera de especificación por presencia de mancha café que no proviene de enfermedades fitopatógenas.

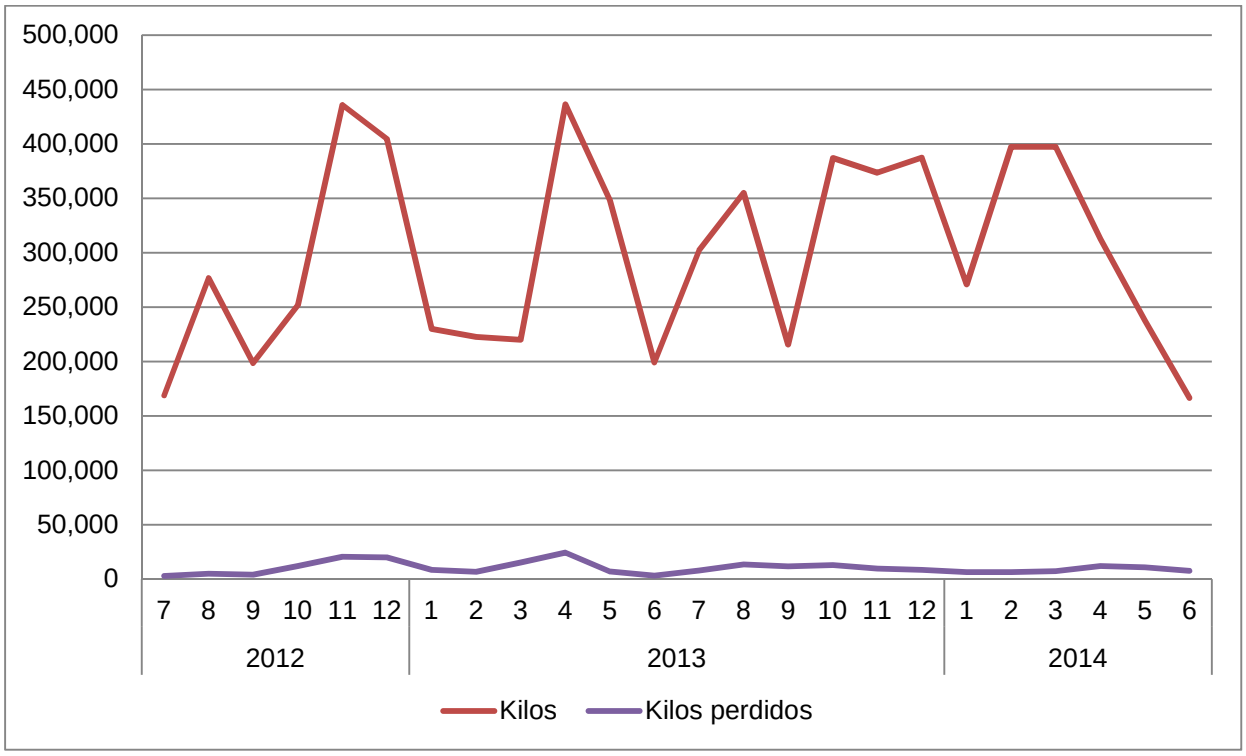

Figura 15. Kilos perdidos por incidencia de daño por frío durante el almacenamiento. Temporada 2012-2014.

En la figura 15 se puede observar que los kilos de ejote francés que se pierden por incidencia de daño por frío durante el almacenamiento oscilan 2, 767 kilos hasta 24, 305 kilos. Los meses con mayor incidencia de daño por frío coinciden con los meses de mayor ingreso de ejote francés. Se analizaron las condiciones de almacenamiento del ejote francés durante estos meses e influye mucho la cantidad de producto que ingresa a la empresa agrícola Royal Produce, S.A., ya que el ejote

francés tiene un mayor tiempo de exposición de hasta 72 horas a baja temperatura durante el almacenamiento, o sea permanece más tiempo en cuartos fríos hasta su clasificación y empaque en donde ya es protegido por el material de empaque.

VIII. CONCLUSIONES

Las estrategias de manejo post cosecha del ejote francés para reducir el daño por frío en la empresa Royal Produce durante la temporada 2012-2014 fueron efectivas logrando disminuir los problemas de calidad por daño por frío.

El proceso de recepción, almacenamiento, clasificación, empaque y despacho de ejote francés para exportación es realizado de acuerdo a un flujo lineal que permite la productividad y garantiza la calidad del producto terminado manteniendo la cadena de frío en rangos aceptables de temperatura.

La temperatura de almacenamiento incide en la presencia de mancha café en la fase de post cosecha siendo indirectamente proporcional, a menor temperatura de almacenamiento mayor incidencia de mancha café. La temperatura adecuada de almacenamiento y manejo para disminuir la presencia de mancha café por daño por frío es de 5 a 8°C. El porcentaje de ejote francés que se daña por frío durante el almacenamiento en la planta de empaque es del 3.39.

Los resultados de vida de anaquel de ejote con los cambios realizados al material de empaque determinan que se han logrado alcanzar los días de vida de anaquel requeridos por ambos mercados, 15 días para el mercado europeo y 25 días para el mercado estadunidense.

El número de reclamos de clientes antes y después de los cambios realizados al manejo post cosecha de ejote no mostraron diferencia. Los principales problemas de calidad reportados por los clientes son por problemas de cadena de frío durante la distribución del producto y coinciden con los cambios climáticos relacionados con el aumento de temperatura ambiente en el mercado destino.

IX. RECOMENDACIONES

Para el producto que tenga que permanecer por más de 24 horas en los cuartos fríos hasta su clasificación y empaque, se recomienda implementar medidas de control utilizando el sistema Xsense, colocando sensores en cada tarima y por medio de alertas evitar que la temperatura del producto baje de 5 °C.

Realizar mejoras en infraestructura en el al área de proceso para optimizar la capacidad instalada de frío y evitar el aumento de temperatura durante la clasificación y empaque, y así, mantener la cadena de frío. Asimismo, instalar humidificadores para mantener la humedad relativa en el ambiente requerida por el ejote francés y evitar problemas de calidad por deshidratación.

X. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

AGEXPORT. (2015). *AGEXPORT*. Obtenido de http://export.com.gt/sectores/comision-de-arveja-y-vegetales/

Brian J. Atwell, P. E. (1999). 14.4 Chillint Injury. En D. P. Dr Brian J. Atwell, *Plants in Action.* Melbourne, Australia: Macmillan Education Australia Pty Ltd.

Cantwell, M. (1998). *Beans.* Davis, CA: University of California.

Corzo, I. J. (1995). *Ejote Francés.* Guatemala: Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales.

Danish Technological Institute. (2008). Guide: Packaging Fresh Fruit and Vegetables. *Guide: Packaging Fresh Fruit and Vegetables*. Denmark: Danish Technological Institute.

Mir, N. a. (2000). *Modified Atmosphere Packaging.* East Lansing, Michigan: Michigan State University.

Royal Produce, S. (2012-2014). *Sistema de Gestion de Calidad.*

Sandhya. (2009). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT Food Science and Technology*, 381-392.

UC Davis, U. (1 de November de 2013). *UC Davis, Postharvest Technology*. Obtenido de http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Ejote__Poroto,_Jud%C3%ADa,_Habichuela/

Valdenegro, I. M. (s.f.). *www.nodohorticola.cl*. Obtenido de www.agromonia.uchile.cl.

Wang, C. Y. (1994). *Chilling Injury of Tropical Horticultural Commoditites.* Beltsville, MD: HortScience, Vol 29.

Wang, C. Y. (1996). *Chilling and Freezing Injury.* Beltsville, MD: Produce Quality and Safety Laboratory, USDA.