

## CAPITULO 9

### Alternativas en el Acondicionamiento y Almacenamiento de los Tubérculos de Papa Diploide (*Solanum phureja* Juz. et Buk.)

Ana Magdalena Garnica Holguín<sup>1</sup>, Javier Alexander Suárez Cano,<sup>1</sup>  
María del Socorro Cerón Lasso<sup>2</sup>, Lena Prieto Contreras,<sup>1</sup>  
Jader Rodríguez Cortina,<sup>2</sup> Isabel Cusgüen Londoño<sup>3</sup>

#### Resumen

Los tubérculos de papa diploide (*Solanum phureja* Juz. et. Buk.) son más perecederos que otras variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) y se pueden almacenar solamente por períodos cortos. Por consiguiente, se fortaleció la capacidad instalada de los productores de papa y, además, se desarrollaron alternativas para el acondicionamiento y el almacenamiento, a partir de 17 genotipos y de la variedad Criolla Colombia como testigo, procedentes de los Municipios de Sibaté y de Granada (Departamento de Cundinamarca, Colombia). Estos genotipos se lavaron, desinfectaron, clasificaron, envasaron en dos atmósferas modificadas (activa y pasiva) y en dos envases (BOPP y PEBD), y se almacenaron en dos ambientes (18 y 5 °C). En el seguimiento se descartaron tubérculos con pudrición, pronta brotación, deshidratación y otras fisiopatías. El tiempo de vida útil de los tubérculos en almacenamiento variaron entre 14 hasta 48 días para genotipos del Municipio de Sibaté y entre 15 hasta 49 días para los tubérculos del Municipio de Granada, bajo las diferentes variables experimentales de envasado y de almacenamiento, se encontró que el uso del método de conservación por envases BOPP con atmósfera modificada a 5 °C pueden extender la vida útil de los tubérculos de 44 a 49 días.

**Palabras Clave:** limpieza de tubérculos y raíces, actividades cooperativas, pérdida poscosecha, defectos, envase flexible, almacenamiento atmósfera controlada.

<sup>1</sup> Universidad de La Salle, Bogotá – Colombia.

<sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca-Colombia.

<sup>3</sup> Sociedad Agraria de Transformación (SAT) El Rosal y Criollas de los Andes S.A.S. Colombia.



### Abstract

Diploid potato tubers (*Solanum phureja* Juz. et. Buk.) are more perishable than other potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) and can be stored only for short periods. Consequently, the installed capacity of potato producers was strengthened and, in addition, alternatives were developed for conditioning and storage, based on 17 genotypes and Criolla Colombia variety as a witness, from Municipios de Sibaté and Granada (Departamento de Cundinamarca, Colombia). These genotypes were washed, disinfected, classified, packed in two modified atmospheres (active and passive) and in two packages (BOPP and PEBD), and stored in two environments (18 and 5 °C). In the follow-up, rotten tubers, early sprouting, dehydration, and other physiopathies were ruled out. Shelf life of tubers in storage varied between 14 to 48 days for genotypes from Municipio de Sibaté and between 15 to 49 days for tubers from Municipio de Granada. Under different experimental variables of packaging and storage, it was found that usage of conservation method by BOPP packages with modified atmosphere at 5 °C can extend shelf life of tubers from 44 to 49 days.

**Keywords:** tubers and roots cleaning, cooperative activities, postharvest loss, defects, flexible packaging, controlled atmosphere storage.

---

### Introducción

La papa diploide se cultiva todo el año en ciclos de cuatro meses y su precio de comercialización depende de la oferta. Este tubérculo manifiesta brotación precoz y, por ende, su tiempo de vida útil es corto entre 5 a 8 días, lo que limita su comercialización en mercados internacionales e incluso en los nacionales (Suárez et al., 2017; Wilson, 2007). Cabe recordar que, en todas las etapas de suministro de tubérculos frescos como: cosecha, manipulación, acondicionamiento, almacenamiento y comercialización, se presentan pérdidas cuantitativas y cualitativas; especialmente, en el almacenamiento por lo cual se deben buscar soluciones para evitarlas (Food and Agriculture Organization [FAO], 1993; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).



Ante el contexto anterior, el objetivo de la investigación se centró en fortalecer las actividades de acondicionamiento de los productores y estudiar las alternativas de acondicionamiento, envasado y almacenamiento de tubérculos de papa diploide provenientes de dos municipios productores del Departamento de Cundinamarca. Generalmente, en Colombia, esta papa se comercializa sin lavar en los centros de acopio y de allí se vende a centrales mayoristas y a empresas que realizan el lavado y el empaque o el envase para almacenes de grandes superficies, hasta llegar al consumidor final. Es importante señalar que la limpieza y clasificación de la papa a través de intermediarios incrementa hasta el 50% su precio final (Ñústez y Rodríguez, 2020).

Adicionalmente, el almacenamiento de tubérculos busca preservarlos en el tiempo para ser usados como semilla o ser consumidos, intercambiados o expuestos en los mercados (Rhoades et al., 1988). Por esto se consideran dos tipos de almacenamiento, uno destinado a la alimentación y otro dirigido al abastecimiento de semilla. Los tubérculos para consumo, requieren conservar las cualidades comestibles y por ello, es importante regular la luz, la temperatura, la humedad relativa del aire y la ventilación. Para los tubérculos destinados a semilla, demandan que se mantenga su turgencia o rigidez, formación de brotes sanos y vigorosos, debido a que su conservación es de más tiempo (6 a 9 meses) para obtener plantas óptimas en desarrollo, calidad, sanidad y eficiencia productiva (Lescano, 1986; Vejarano y Morales, 2014).

### **Metodología**

La información fue recopilada con base a la observación de las actividades de los productores, en conjunto, con el conocimiento y la experticia de los autores. También fueron revisadas fuentes secundarias de diferentes investigaciones sobre el acondicionamiento y el almacenamiento de papa diploide, con el fin de integrar la información teórica con los resultados obtenidos en el marco del proyecto de Generación de nuevas variedades de papa papa diploide para el Departamento de Cundinamarca (Colombia). Además, junto con los productores del Municipio de



Subchoque de este departamento se evidenciaron limitaciones en el acondicionamiento de papa, lo que condujo al fortalecimiento de las capacidades empresariales de esta comunidad, mediante la construcción de una maquina seleccionadora de papa a partir de la donación de materiales para ese fin.

Con respecto a las pruebas experimentales, en los Municipios de Sibaté ( $4^{\circ}28'52,56''N$  y  $74^{\circ}15'11,37''O$ ) y de Granada ( $4^{\circ}32'45,24''N$  y  $74^{\circ}19'46,34''O$ ) (Departamento de Cundinamarca, Colombia) fueron cultivados 17 genotipos y la variedad Criolla Colombia como testigo, provenientes de la Colección Central Colombiana de Papa del Banco de Germoplasma Vegetal del estado colombiano que administra AGROSAVIA (Suárez et al., 2017) los cuales fueron almacenados en una bodega del Centro de Investigación de Tibaitatá (Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca) y evaluados en los laboratorios de esta entidad.

#### **Proceso de Acondicionamiento de Genotipos de Papa Diploide**

Los tubérculos se transportaron en costales desde los municipios a la bodega del Centro de Investigación de Tibaitatá, donde se registró el peso de cada genotipo y de la variedad testigo. Enseguida se seleccionaron y clasificaron por color, forma y tamaño según la metodología de Gómez (2000), con los siguientes requisitos: sin magulladuras, ni cortes en la piel, madurez adecuada con piel adherida completamente, sin presencia de plaga (gusanos), color característico, forma regular del tubérculo, y sin ojos muy profundos. Después, se realizó el lavado con agua potable suficiente para retirar las impurezas mayores y la desinfección con alquildimetilbencilamonio clorado en dilución de 3,8 g en 7,53 L de agua (200 ppm). Los tubérculos se secaron con toallas absorbentes para eliminar el agua superficial (Suárez et al., 2017). Finalmente se obtuvieron 3,6 kg de cada genotipo para las pruebas de almacenamiento.



**Envasado de Tubérculos en Diferentes Envases y Atmósferas.**

Para esta actividad se alistaron envases flexibles de polipropileno biorientado (BOPP) y de polietileno de baja densidad (PEBD), con el fin de colocar 100 g de cada genotipo. Enseguida, se procedió a manejar en los envases dos tipos de atmósferas.

**Atmósfera Modificada Activa (AMA).** Con una empacadora al vacío se extrajo el aire atmosférico del envase con los tubérculos y seguidamente se inyectó una mezcla de gases previamente preparada. La inyección de gas se realizó mediante boquillas situadas en la cámara de la empacadora. Las mezclas gaseosas empleadas fueron: 1% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> y balance con N<sub>2</sub> para la papa diploide proveniente del Municipio de Sibaté; y 5% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> y balance con N<sub>2</sub> para los genotipos del Municipio de Granada (Suárez et al., 2017).

**Atmósfera Modificada Pasiva (AMP).** Los envases flexibles con los tubérculos se cerraron con una selladora manual durante 5 s para los envases de BOPP y 3 s para los de PEBD.

**Almacenamiento de los Tubérculos con y sin Envase**

Los genotipos y la variedad testigo envasados se almacenaron en dos ambientes: en un cuarto con luz natural y en fitotrones marca Conviron® bajo refrigeración. En la Tabla 9.1 se presentan las variables que se controlaron en los almacenamientos (Suárez et al., 2017).

**Tabla 9.1**

*Variables en los almacenamientos de los genotipos envasados de papa diploide*

Papa diploide	Temperaturas (°C)	Humedades Relativas (%)	Envases	Atmósferas	Almacenamiento
Variedad testigo	18	70	Sin	Ambiente	Cuarto
17 genotipos	18	70	PEBD BOPP	Dos AMA	Cuarto
	5	90			Fitotrones
	18	70	PEBD BOPP	Una AMP	Cuarto
	5	90			Fitotrones

Nota. Condiciones experimentales con AMA: atmósfera modificada activa y AMP: atmósfera modificada pasiva.



### **Seguimiento a los Genotipos en los Dos Tipos de Almacenamiento**

Inició con la toma del peso de los tubérculos recién envasados y cada 48 h se registraron los pesos de cada genotipo envasado en los dos ambientes, hasta el inicio de la brotación como peso final. El seguimiento a cada genotipo se realizó por triplicado para un total de 272 pruebas. Además, se hicieron registros fotográficos y observaciones sobre los cambios en los tubérculos en su textura, dureza y color, así como, los cambios en los envases por presencia de hongos, de agua y de abombamientos (Suárez et al., 2017).

### **Diseño Estadístico**

En total se evaluaron 17 genotipos de papa diploide, dos mezclas de gases de diferente composición, dos tipos de envases y dos temperaturas de almacenamiento, con el fin de obtener un período de conservación mayor al que se obtiene tradicionalmente 3 a 8 días. A partir de la estadística básica se elaboraron gráficas comparativas y las medias ajustadas basadas en un diseño factorial.

### **Productos Logrados**

A continuación, se presentan algunas consideraciones que afectan el acondicionamiento y el almacenamiento de los tubérculos, así como los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados.

### **Factores que Inciden en la Calidad de los Tubérculos**

Las pérdidas y los desperdicios de los tubérculos pueden ser altos si la producción es de baja calidad, así las condiciones de almacenamiento sean ideales. Por esto, es importante considerar algunos factores previos al almacenamiento de la papa diploide, que inciden en estas pérdidas y que se relacionan directa o indirectamente (Crisci, 1992; Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2013; Malagamba, 1999; Montesdeoca, 2005; Naranjo, 1986; Naranjo et al., 2002).



**La Variedad del Tubérculo.** La duración del período de reposo y de la edad fisiológica del tubérculo, depende de la genética y por consiguiente de las condiciones de almacenamiento a que se somete. Este período se toma cuando el 80% de los tubérculos de una muestra mínima de 20 tubérculos de tamaño uniforme han desarrollado uno o más brotes de por lo menos 3 mm de largo (Torres et al., 2011). Algunas nuevas variedades registradas de papa diploide, han presentado períodos de reposo inferiores a un mes (Santos, 2010), condición para considerar en la implementación de almacenamientos más óptimos.

**Tamaño del Tubérculo.** Durante el almacenamiento de tubérculos-semilla, Montesdeoca (2005) recomienda un diámetro de 4 cm con peso de 40 a 120 g puesto que tamaños menores demuestran más ojos por unidad de peso y por ello producen más tallos (Huaraca et al., 2009; Oyarzún et al., 2002). Este aspecto es de considerar también para las operaciones involucradas en el acondicionamiento de los tubérculos antes de su comercialización.

**Manejo Agronómico del Cultivo.** Para garantizar la inocuidad y calidad de los tubérculos y su adecuado almacenamiento se deben considerar las Buenas Prácticas Agrícolas. Estas se relacionan con el estado sanitario del cultivo que contribuye para obtener una buena productividad de tubérculos de buena calidad sin presencia de plagas o enfermedades. La fertilización si es baja en el suelo durante la formación y el desarrollo de los tubérculos conduce a la reducción del período de reposo y la disponibilidad de agua si varía puede presentar deformaciones de los tubérculos o desarrollar enfermedades que afecta la calidad del producto (DANE, 2013; FAO, 1993; Lora, 2005; Vejarano y Morales, 2014).

**Nutrientes Aportados por el Suelo.** Sierra et al. (2013) reportaron que en el manejo postcosecha, los nutrientes influyen de forma notoria en la sensibilidad del tubérculo a los maltratos mecánicos como golpes, debido a los contenidos de K, N, Cl y Na. Para la resistencia de los tubérculos en el almacenamiento influye los contenidos de N y de Ca (Alarcón, 2000; Becerra et al., 2007; Belanger et al., 2002; Echeverría, 2007).



**Efecto de la Cosecha.** Los tubérculos con daños mecánicos y presencia de patógenos durante la cosecha son susceptibles a la presencia de pudriciones y alteraciones fisiológicas que a la postre generan problemas en el almacenamiento (Eltawil et al., 2006; FAO, 1993; Hembers, 1995; Torres et al., 2011; Vejarano, 1985; Vejarano y Morales, 2014). Además, se ha reportado que durante la cosecha se produce cerca del 75% del daño total de los tubérculos, respecto a todo el ciclo del cultivo (Kalazich et al., 1994). En la Figura 9.1 se observa la cosecha de papa diploide y la evaluación de la calidad de los tubérculos por parte de los agricultores, con el fin de no afectar el almacenamiento del producto.

**Figura 9.1**

*Agricultores evaluando la calidad de los tubérculos diploides en la cosecha*



*Nota.* Cosecha en el Municipio de Subachoque (Departamento de Cundinamarca)  
Fotografía de María del Socorro Cerón Lasso.

**Temperatura del Suelo.** Para no afectar la calidad de los tubérculos almacenados, se recomienda cosechar a temperaturas de suelo superiores a 10 °C puesto que por debajo de esta temperatura se aumenta la sensibilidad de los tubérculos a los daños mecánicos producidos por golpes (INTA, 2019).

**Humedad del Suelo.** Cuando la tierra queda adherida a los tubérculos se genera enfermedades, que producen pérdidas de peso en el almacenamiento, como pudriciones húmedas ocasionadas por tizón tardío o gotera o ranchara de la papa (*Phytophthora infestans*), pie negro (*Pectobacterium* sp.), pudrición seca (*Fusarium* spp.) o sarna común (*Streptomyces scabies*). Por el contrario, el suelo



seco tiende a desprenderse fácilmente de los tubérculos, especialmente cuando éstos permanecen algún tiempo descubiertos sobre la superficie del suelo (Figura 9.2).

### Figura 9.2

*Suelo seco en la cosecha de papa diploide*



Nota. Fotografía de María del Socorro Cerón Lasso

**Condiciones de Transporte.** En los diferentes municipios del Departamento de Cundinamarca, los bultos de papa diploide se colocan en filas en el campo y se recogen en forma selectiva de acuerdo con su destino: consumo o semilla. En cuanto al empaque de la papa diploide, es común el uso de costales de fibra de polipropileno de 50 kg de color rojo para tamaños medianos o papa pareja (2,1 – 3,5 cm) y de color blanco para tamaños grandes o papa gruesa (diámetro mayor a 3,5 cm) (Figura 9.3); con el fin de proteger a los tubérculos durante la manipulación, el transporte y el almacenamiento, garantizando la ventilación para evitar acumulación de calor y de dióxido de carbono (FAO, 1993).

Los sacos o costales se cargan y se apilan en camiones de estacas o camionetas hasta completar un viaje para llevar al centro de acopio la Corporación de Abastos de Bogotá S.A. (Corabastos) y para el transporte se da prioridad a la papa de mayor valor comercial y se deja para el final los sacos que contienen los calibres pequeños o la papa de descarte (Navas y Díaz, 2012).



**Figura 9.3**

*Empacado de papa diploide en costales rojos y blancos*



*Nota.* Costales rojos y blancos para tubérculos medianos y gruesos respectivamente. Fotografías tomadas por Isabel Cusgüen y Lena Prieto

Durante el transporte y la descarga se recomienda evitar maltratos por golpes o pisadas sobre los tubérculos frescos, ya que posteriormente estos maltratos se traducen en problemas de pudriciones durante el almacenamiento. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 341-3 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1996; Porras y Herrera, 2015) es importante mantener limpios los camiones o vehículos de transporte de papas para evitar la proliferación y afectación por plagas. Además, el transporte debe poseer un material de cobertura para proteger los tubérculos de la luz pero que no impida la circulación del aire (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2013).

### **Implementación de Nuevos Equipos para el Acondicionamiento**

Como lo señalan Lancheros et al. (2013), en las microempresas se presentan inconvenientes para el acondicionamiento de tubérculos en el sistema de lavado de estos, debido a las malas condiciones, bajo rendimiento y baja capacidad del proceso. Esta situación fue identificada en Asociolla por sus productores del Municipio de Subachoque en el Departamento de Cundinamarca (Cerón et al., 2013) y, con el fin de fortalecer su capacidad empresarial, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia a través de AGROSAVIA, donó los materiales para la construcción de una seleccionadora en



estructura metálica, con transmisión y cadena de desplazamiento de 2 m de largo y 1 m de ancho con cuatro salidas, la cual fue incorporada a una línea de lavado existente. Esta máquina permitió que dos personas a lado y lado clasificaran y dispusieran los tubérculos con daños como se observa en la Figura 9.4.

Luego más adelante cuando se conformó la asociación Criollas de Los Andes SAS por productores del Departamento de Cundinamarca quienes invirtieron en instalaciones, equipo y personal para la comercialización de la papa, continuaron empleando la seleccionadora construida. Los productores de los Municipios de El Rosal y de Sibaté vendían los tubérculos a la asociación Criollas de Los Andes SAS para darle valor agregado al producto y aumentar su utilidad. Sin embargo, en ocasiones era más rentable la venta directa de la papa sin lavar a las centrales de abastos debido a la fluctuación de precios y a la competencia.

**Figura 9.4**

*Seleccionadora de tubérculos por daños en la asociación Asociolla*



*Nota.* Fotografías tomadas por Isabel Cusgüen (Municipio de El Rosal, 2013)

Después de lavada y seleccionada la papa diploide, se empacaba en bolsas plásticas perforadas en presentaciones de 1 a 6 kg (Figura 9.5). En cuanto a los tubérculos con destino al procesamiento industrial se disponían a granel en canastillas plásticas de 20 a 25 kg de capacidad. En la poscosecha, los productores de la asociación Criollas de Los Andes SAS lavaban los tubérculos, que luego vendían



para su precocción y congelación por el método de congelado rápido individual (IQF por su sigla en inglés) para exportarla al Japón.

Cabe resaltar, que el fortalecimiento de la capacidad empresarial de los productores de papa diploide involucrados en la investigación del Departamento de Cundinamarca, a través de la asociación Criollas de Los Andes SAS, es un ejemplo de asociatividad y de implementación de resultados investigativos mediante la participación de los agricultores con el fin de incursionar en la comercialización con la papa lavada.

### Figura 9.5

*Presentación comercial en empaque plástico de 1 kg de papa diploide*



Nota. Fotografía tomada por Ana Magdalena Garnica Holguin

### Formas de Almacenamiento

Los tubérculos de papa diploide contienen en promedio 80% de agua, esto hace que sea susceptible a daños después de la cosecha y que la conservación tenga problemas relacionados con procesos biológicos y que están influenciados por el ambiente que los rodea en el almacenamiento. Por esto, es importante distinguir las formas de almacenamiento en la cadena de abastecimiento de la papa diploide luego de su cosecha, en su comercialización y en el consumo final.

**Almacenamiento al Aire Libre.** La papa diploide es cultivada e inmediatamente transportada para comercialización debido a su rápida brotación (5 a 8 días). Sin embargo, en el caso que los productores no puedan enviar su



producción al mercado por algún problema de transporte el mismo día de su cosecha, ellos dejan los tubérculos hasta el día siguiente en el campo cubiertos con vegetación para protegerlos del sol y del frío. Otros productores la almacenan en un depósito o bodega temporal conocida como enramada, la cual es un área cubierta con fibra alrededor de sus laterales y techo de tejas de zinc; su construcción es simple, económica y se utiliza para proteger los tubérculos de la lluvia, el frío y la luz (Figura 9.6). Generalmente el piso es de tierra, el cual debe estar seco, liso y compacto.

### Figura 9.6

*Almacenamiento temporal al aire libre para tubérculos cosechados*



Nota. Fotografías tomadas por Ana Magdalena Garnica Holguin y Lena Prieto

**Almacenamiento de Tubérculos-Semilla.** Los productores almacenan el tubérculo-semilla de su propio cultivo para la próxima siembra y lo seleccionan por tamaño. Para almacenarla se sugiere colocar 4 bultos en costales en la parte inferior (tendido) y 4 en la parte superior para una altura de 2 bultos, con el fin de garantizar la buena ventilación y la formación de brotes uniformes y vigorosos (Rizo y Palma, 2019). Los tubérculos-semilla deben ser almacenadas correctamente o de lo contrario podrían perder su calidad y poner en riesgo el desempeño y la productividad de la próxima cosecha. Los productores del Departamento de Cundinamarca reportaron la utilización de tubérculos-semilla en cantidades de 20 kg de papa gruesa o 16 kg de papa pareja por hectárea de cultivo.



**Almacenamiento Bajo Techo.** Las bodegas de comercialización de papa son construidas con ladrillo, teja y con ventilación en los laterales (ventanas) y con luz natural. Las bodegas de almacenamiento de la papa deben estar limpias y desinfectadas, sin restos de tubérculos. Deben estar libre de goteras o de áreas húmedas y con un buen sistema de ventilación para colocar los bultos de papa sobre estibas. Cuando la papa se almacena en costales debe tener una altura de hasta 2,50 m y es recomendable el uso de ductos y chimeneas para mejorar la aireación, aconsejándose dejar pequeños corredores para la circulación del aire. Si la papa es almacenada en canastillas estas deben ser colocadas máximo de tres hileras uno sobre otro, sobre estibas y con espacio suficiente que permita verificar la calidad (Porras y Herrera, 2015).

**Almacenamiento Tradicional.** En los centros de acopio, en los sitios de comercialización y en los hogares del Altiplano Cundiboyacense, se almacena la papa diploide a temperatura ambiente ( $\pm 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en costales, en bolsas plásticas con perforaciones o en canastillas plásticas a granel. Sin embargo, estas condiciones de temperatura pueden superar los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y su corto período de reposo en variedades registradas hacen que algunos tubérculos tengan una vida útil de 5 a 8 días después de su cosecha puesto que luego de este tiempo los tubérculos comienzan su proceso de brotación. Muchas familias colombianas conservan este tubérculo en el cajón de la verdura de la nevera ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) con el fin de evitar la rápida brotación del tubérculo, pero la exposición de los tubérculos a bajas temperaturas genera cambios físicos y nutricionales (Acuña y Cádiz, 2011).

En este sentido, con el fin de garantizar la conservación de todas las características físicas y nutricionales de la papa diploide, se recomienda al consumidor final solo comprar las cantidades que se requieran consumir y almacenar en un ambiente oscuro, seco, ventilado y fresco (no más de  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 3 días máximo (sí se considera que el tubérculo puede tomar entre 2 a 3 días en llegar al mercado local después de pasar por el centro de acopio). No obstante, se sugiere la conservación por 4 a 5 días después de su cosecha a una temperatura de  $4\text{ a }5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del 85 a 90% (condiciones del cajón de verduras



del refrigerador), con la salvedad que el producto cambiará algunas de sus cualidades nutritivas y su color, pero no se brotará fácilmente. En el caso de tener exceso de este tubérculo, en lugar de almacenarlo en fresco se puede optar por procesarlo para evitar las pérdidas y los desperdicios de este alimento.

### **Condiciones y Variables a Considerar**

Durante el almacenamiento es importante tener en cuenta ciertos aspectos que permiten mantener los tubérculos en óptimas condiciones para su posterior consumo.

**Condiciones de Higiene.** Los tubérculos se deben almacenar en un lugar fresco y seco. Así mismo, en almacenamiento se debe realizar la rotación del producto bajo el sistema de Primero en Entrar Primero en Salir (PEPS) y se sugieren seguir los lineamientos del Ministerio de Salud y Protección Social en la Resolución 2674 de 2013 en relación con las recomendaciones básicas de higiene (Prieto et al., 2013). Las bodegas deben garantizar las condiciones de almacenamiento ideales para los tubérculos en fresco y permitir una adecuada limpieza y desinfección. Deben ser bien ventilados y evitar el ingreso de plagas. Los costales se deben apilar alejados del piso en estibas o palets, lejos de los muros y con un espacio entre cada apilamiento para permitir la ventilación (FAO, 2019).

**Temperatura.** La temperatura indica la energía interna (calor o frío) de un cuerpo y su control permite reducir las pérdidas poscosecha, pues las bajas temperaturas disminuyen la actividad de las enzimas y de los microorganismos (FAO, 2003). En temperaturas por debajo de 4 °C durante el almacenamiento de los tubérculos, los cambios de composición nutricional de mayor importancia corresponden: al almidón que afecta la textura y su valor para la industria; al azúcar que cambia el sabor y las condiciones culinarias; y a la pérdida de vitamina C (Acuña y Cádiz, 2011; Mahto y Das, 2014; Valencia et al., 2019). Razón por la cual, solo de ser necesario se recomienda almacenar de 4 a 5 días después de su cosecha a una temperatura de 4 a 5 °C, pero los tubérculos para procesamiento industrial no se deben almacenar por debajo de 10 °C porque se esto afectará la calidad del producto final (Acuña y Cádiz, 2011). A una temperatura aproximada de 20 °C la



papa pierde agua, se oxida y se brota fácilmente. Estos cambios fisiológicos de los tubérculos por la influencia de la temperatura se explican con mayor detalle en el análisis del uso de diferentes envases y atmósferas.

**Humedad Relativa.** La humedad relativa (HR) expresa la cantidad de agua presente en el aire a una temperatura determinada. En los tejidos vegetales el agua se encuentra en equilibrio en forma líquida (como jugo celular) y en forma gaseosa (en espacios intercelulares) en concentraciones muy próximas a la saturación ( $HR \approx 100\%$ ). Por lo tanto, si existe una diferencia de presiones de vapor entre el alimento y su entorno, esto genera que el producto se deshidrate. Así pues, en almacenamiento una HR baja implica entre otros cambios, la deshidratación del producto, la pérdida de peso, tubérculos blandos, susceptibles a daños por presión y manipulación; mientras que una HR alta implica el desarrollo de microorganismos y podredumbre (FAO, 2003, 2019; Vejarano y Morales, 2014). Por lo cual, para minimizar la actividad interior del tubérculo y evitar la brotación o germinación de la papa diloide se recomienda una HR de 85-90%.

**Ventilación.** Al inicio del almacenamiento se requiere un ambiente con una adecuada aireación que favorezca la cicatrización del peridermo en las heridas del tubérculo. Una buena ventilación, elimina el exceso de humedad de la superficie de los tubérculos y proporciona condiciones menos favorables al desarrollo de pudriciones. Sin embargo, un exceso de aire no aumenta significativamente la velocidad de enfriamiento, pero si aumenta el grado de deshidratación, de ablandamiento y la mancha negra de los tubérculos (Banse, 1980; Rojas et al., 1994).

**Luz.** Los procesos fisiológicos en una planta están regulados por moléculas de señalización luminosa de crecimiento. Cuando los tubérculos son expuestos a la luz se vuelven verdes y/o germinan (brotación), lo cual depende de la disponibilidad de agua (humedad) y de la temperatura. El cambio de coloración está asociado a la exposición de luz brillante o luz de baja intensidad en el almacenamiento y este proceso, es controlable con la oscuridad.



**Tasa o Velocidad de Respiración.** Los tubérculos son órganos vegetales vivos que consumen oxígeno y desprenden al ambiente que les rodea dióxido de carbono y calor, razón por la cual, el manejo de la ventilación y la temperatura del lugar de almacenamiento son esenciales para evitar las fermentaciones y, por ende, la pudrición de los tubérculos. Así mismo, es importante recordar que los daños mecánicos y las heridas en los tubérculos aumentan la respiración (Booth y Shaw, 1989; Crisci, 1992). El proceso de respiración depende del estado de madurez y de la temperatura de almacenamiento. Las temperaturas cercanas al punto de congelación aumentan la velocidad de respiración, provocando problemas de suboxidación, oscurecimiento interno del tubérculo y corazón negro; mientras que temperaturas altas, también aumentan la tasa de respiración y provocan necrosis interna del tubérculo (Tester et al., 2004).

### **Análisis del Uso de Diferentes Envases y Atmósferas**

Luego de realizar el estudio de los genotipos de papa diploide en envases flexibles BOPP y PEBD con dos tipos de atmósfera modificada AMA y AMP, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Acondicionamiento de Tubérculos en Estudio.** De los genotipos recibidos, ocho eran de colores rojos y púrpuras diferentes al amarillo característico de la papa diploide comercial en Colombia y seis genotipos tenían formas alargadas diferentes a la forma redondeada de las variedades adquiridas por los consumidores normalmente en el mercado. Nueve genotipos presentaron ojos muy profundos y se dificultó la remoción total de los residuos de tierra sin afectar la piel del tubérculo durante el lavado y desinfección. Por lo cual, se llegaron a deteriorar por presencia de hongos en los ojos durante su almacenamiento. Los tubérculos que presentaron los defectos presentados en la Tabla 10.2 fueron descartados de la evaluación (Suárez et al., 2017).

**Deterioros en los Tubérculos Almacenados.** Los tubérculos que se almacenaron entre 4 a 5 °C y con humedad relativa alta (80 a 90%), con heridas o raspaduras y con tierra adherida, fueron susceptibles a la podredumbre húmeda o pudrición blanda causada por la bacteria *Pectobacterium carotovorum* (llamada



anteriormente *Erwinia carotovora*), la cual invade el interior del tubérculo a través de las lenticelas de la epidermis (Acuña y Cádiz, 2011; Barreiro y Sandoval, 2006).

Adicionalmente, los envases de PEBD con menos permeabilidad, interactuaron con el medio externo y presentaron condensación de humedad producida por una presión de vapor de agua más elevada que la de la humedad de los tubérculos, y por nivelación de la presión de vapor entre el producto y el ambiente, la papa tendió a liberar humedad hacia el ambiente y perdió peso mostrando cambios en la textura, es decir, papas más blandas al final del almacenamiento (Tabla 9.2).

Cabe mencionar que el almacenamiento a temperatura ambiente y con humedad relativa baja favorece la aparición de un defecto físico en forma de una pequeña trizadura o grieta en la piel de la papa, conocida como impresión de uña (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA], 2019; Kramm, 2017). Sin embargo, este defecto no se presentó en las muestras evaluadas puesto que la humedad relativa se mantuvo en 70%.

También se observaron daños por frío en la estructura física y la composición nutricional de los tubérculos de papa diploide. Puesto que, por debajo de 6 °C el proceso respiratorio se activa desdoblándose el almidón a azúcares reductores lo cual genera que los tubérculos cambien su color característico de amarillo a naranja (Tabla 9.2). Según Acuña y Cádiz (2011) en el proceso de fritura de estos tubérculos se produce un color café en las hojuelas lo cual es indeseable para el consumidor.

Así mismo, cabe señalar que la calidad de los tubérculos cosechados afecta su acondicionamiento y el almacenamiento, pues las papas sin madurez comercial son sensibles a daños por su alto contenido de azúcares reductores, los cuales también se generan, como se mencionó anteriormente, por la temperatura de almacenamiento. En tanto que las papas cosechadas en su momento óptimo tienen mayor contenido de materia seca y menor contenido de azúcares (Morales-Fernández, 2018; Vejarano y Morales, 2014).



**Tabla 9.2**

*Defectos presentados en los tubérculos almacenados*

Defectos	Observaciones	Registro fotográfico
Presencia de hongos	Los tubérculos con ojos muy profundos retuvieron humedad más residuos de tierra y desarrollaron hongos en los ojos.	
Podredumbre blanda	Los tubérculos con daños mecánicos por la cosecha incrementaron la tasa de respiración y la temperatura, originando la descomposición de tejidos (textura blanda), pérdidas de peso por liberación de agua, afectación por bacterias y menor vida útil.	 Daño externo →  Daño interno 
Cambios de color	El cambio de coloración de amarillo a naranja - café se presentó en algunos tubérculos a temperatura baja por la conversión de los almidones en azúcares reductores.	 → 
Brotación	Los tubérculos muy maduros iniciaron su brotación pronto, por lo cual se recomienda retirarlos del almacenamiento de papa para consumo con el fin de que no ocasionen daño o deterioro alguno a los otros tubérculos.	

La tasa de crecimiento de brotes (Tabla 9.2) fue baja a 5 °C y se aceleró a temperaturas altas. Para controlar el crecimiento de los brotes en la papa diploide, Crisci (1992) recomienda almacenar a baja temperatura (tubérculo-semilla y tubérculo para consumo) y con luz difusa (tubérculo-semilla); pues la brotación del tubérculo deshidrata, altera el sabor y afecta la vitamina C (FAO, 1993).

También se presentan otros deterioros fisiológicos en los tubérculos diferentes a los mencionados en la Tabla 9.2, que incrementan las pérdidas del producto, y se recomienda considerarlos y controlar las condiciones de almacenamiento para evitarlos. Como es el caso del deterioro por deshidratación o pérdida de agua que se produce en condiciones ambientales lo que genera



pérdida de peso y de calidad culinaria por su flacidez (Contreras, 1993; Crisci, 1992; Rizo y Palma, 2019). Otro defecto que se puede presentar es el corazón negro que se genera por elevadas temperaturas, falta de ventilación adecuada, exceso de humedad y este deterioro no puede verse hasta que se corta el tubérculo.

Adicionalmente, cuando las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas, los insectos como la polilla pequeña o palomilla (*Phthorimaea operculella*), polilla guatemalteca (*Tercia solanivora*) y áfidos (*Aphis* spp.); los patógenos (bacterias y hongos) y los roedores se alimentan de los tubérculos almacenados y deterioran o ensucian la papa diploide y reducen o afectan totalmente su calidad lo que genera pérdidas y desperdicios (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2015; FAO, 2019).

En cuanto a los tubérculos que muestran verdeamiento por el desarrollo de clorofila debido a la fotosíntesis ante la exposición a la luz, producen solanina, un glico-alcaloide tóxico amargo, en respuesta a golpes, a heridas y durante la brotación. Para evitar que este alcaloide se desarrolle se recomienda mantener los tubérculos con verdeamiento en la oscuridad, en un lugar fresco y seco (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

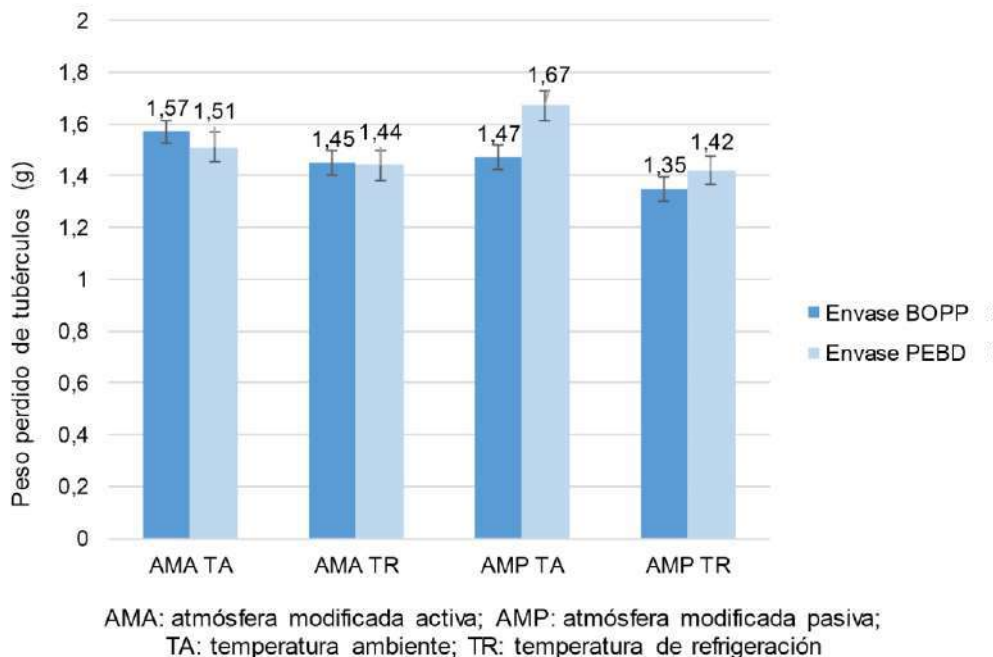
**Vida Útil de los Tubérculos Almacenados.** A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos por cada municipio evaluado.

**Municipio de Sibaté.** En la Figura 9.7 se observa que los genotipos envasados perdieron en promedio entre el día 0 y el inicio de su brotación, más peso en el envase PEBD en AMP a 18 °C (1,67 g) seguido por el envase BOPP en AMA a la misma temperatura (1,57 g). Pero perdieron menos peso los tubérculos en el envase BOPP en AMP a 5 °C (1,35 g) y en el envase PEBD a la temperatura de refrigeración (1,42 g).



**Figura 9.7**

Comparación de pérdida de peso de tubérculos envasados y procedentes del Municipio de Sibaté



Nota. Envase BOPP: polipropileno biorientado; Envase PEBD: polietileno de baja densidad.

Para ampliar la vida útil de la papa diploide, se evaluó la aplicación del envasado en AMA con mezcla de N<sub>2</sub> más CO<sub>2</sub> y un contenido reducido de O<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> altamente soluble en agua con propiedades bacteriostáticas y fungistáticas, retardó el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas. Sin embargo, no es totalmente inerte y puede influir sobre el color, la consistencia y otros atributos de la calidad de la papa (Parry, 1995; Wilson, 2007).

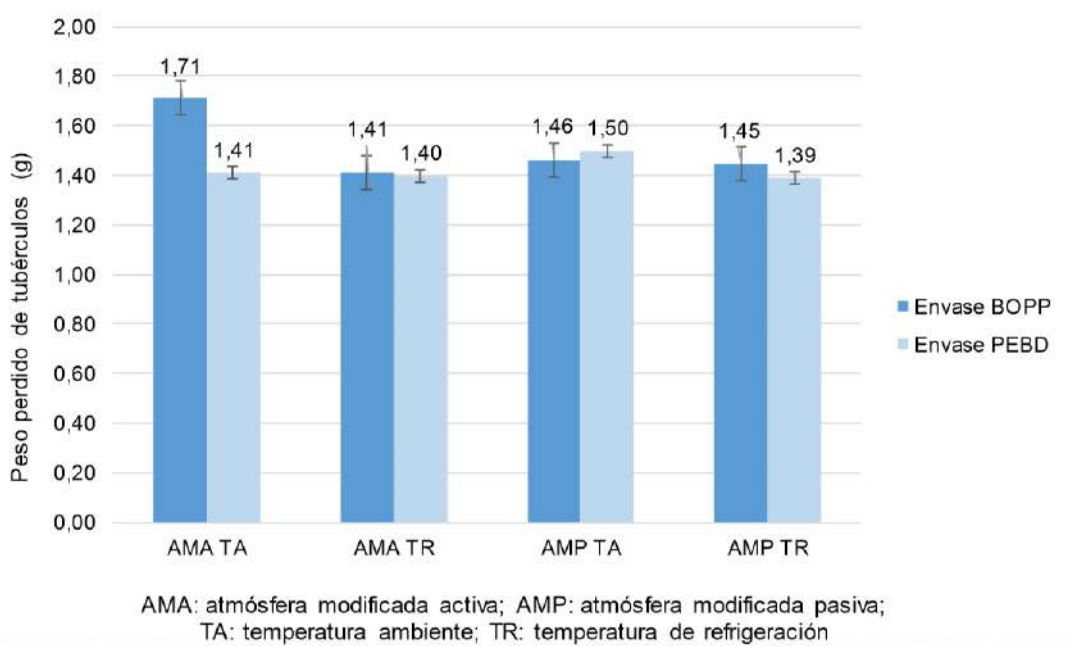
Considerando que en teoría la vida útil varía de 3 a 8 días, los genotipos cosechados en el Municipio de Sibaté produjeron promedios de vida útil entre 44 a 48 días con envase de BOPP a temperatura de refrigeración para AMP y AMA con mezcla de gases de 1% de O<sub>2</sub> y 10% de CO<sub>2</sub> (Figura 9.7). En cuanto a los genotipos envasados con PEBD en AMP y AMA a 18 °C produjeron promedios de vida útil más altos a los teóricos, entre 13 a 16 días (Suárez et al., 2017).



**Municipio de Granada.** En el inicio de la brotación de los tubérculos presentaron más pérdida de peso los que se encontraban en el envase BOPP con AMA a 18 °C (1,71 g), empero, los demás ensayos reflejaron pérdidas de peso cercanas en ambos tipos de atmósfera y el de menos valor fue en los genotipos con envases de PEBD en AMP a 5 °C (1,39 g) (Figura 9.8).

**Figura 9.8**

Comparación de pérdida de peso de tubérculos envasados y procedentes del Municipio de Granada



Nota. Envase BOPP: polipropileno biorientado; Envase PEBD: polietileno de baja densidad.

Los genotipos envasados en BOPP con AMP y AMA a 5 °C perdieron menos peso durante el almacenamiento, por cuanto el envase tuvo una buena permeabilidad y no permitió interacción con el exterior prolongando la vida útil de la papa diploide. Las pocas pérdidas de peso se generaron por la disminución de la respiración del tubérculo al tener controladas la temperatura y la humedad relativa del almacenamiento (Krochmal-Marczak et al., 2020).



Para los genotipos oriundos del Municipio de Granada y envasados en BOPP en refrigeración (5 °C) con AMP y AMA que contenía 5% O<sub>2</sub> y 10% CO<sub>2</sub> arrojaron un promedio de vida útil de los tubérculos de 48 a 49 días (Figura 9.8). Para los tubérculos envasados en PEBD tanto con AMP como en AMA obtuvieron promedios por arriba al teórico, entre 15 a 16 días de vida útil, pero sin diferencias significativas entre atmósferas modificadas utilizadas (Suárez et al., 2017).

**Comparación de Vida Útil Entre los Dos Municipios Evaluados.** Al contrastar la vida útil del almacenamiento de los genotipos procedentes de los Municipios de Sibaté y de Granada, se obtuvo para este último municipio mencionado, mayor prolongación de vida útil con el envasado en BOPP a 5 °C bajo AMA y AMP hasta 49 días bajo condiciones controladas. Las AMA y AMP en los envasados de PEBD a 18 °C arrojaron vida útil hasta 17 días (Figura 9.9). El interior del envase con mezcla gaseosa preservó el color y la textura, pero cuando la permeabilidad excedió del 5 a 6% de concentración de O<sub>2</sub>, inició la brotación debido a la activación de enzimas por cambios bioquímicos (Mani et al., 2014).

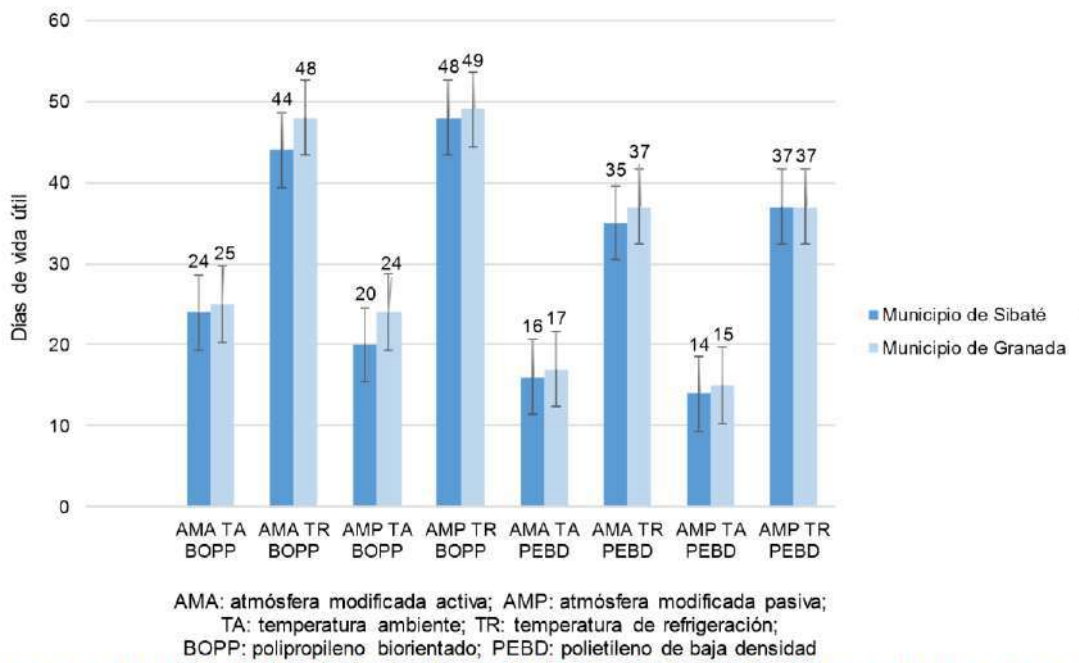
En la Figura 9.10 se observa una tendencia similar en el comportamiento de los tubérculos estudiados, las mejores condiciones de almacenamiento independientemente del genotipo fueron para el envase de BOPP con AMA para el Municipio de Sibaté y almacenado en refrigeración. El comportamiento de barrera BOPP presentó una mejor barrera que el PEBD que junto con la temperatura de refrigeración permitieron disminuir la tasa de respiración de las muestras, de esta forma los genotipos almacenados con la mezcla de gases con menor porcentaje de O<sub>2</sub> presentaron una mayor vida útil (Erturk, 2000).

Además, en los resultados del almacenamiento de papa diploide se hallaron diferencias altamente significativas ( $\alpha=0,01$ ) para los genotipos, el tiempo de evaluación (días), los tipos de envase, las temperaturas de almacenamiento; las interacciones de los genotipos por el tiempo de evaluación, entre atmósferas y genotipos, envases por genotipos y temperaturas por genotipos (Suárez et al., 2017).



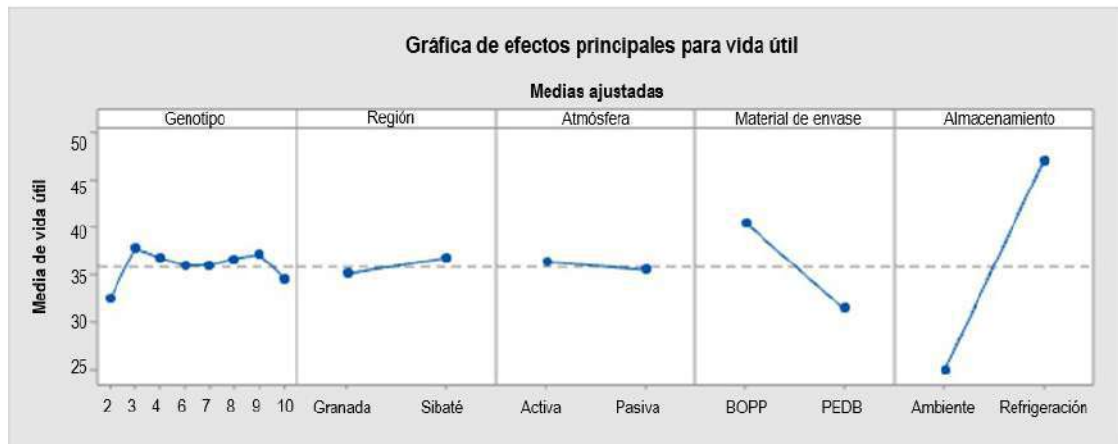
**Figura 9.9**

Medias ajustadas de los efectos principales para la vida útil de la papa diploide



**Figura 9.10**

Medias ajustadas de los efectos principales para la vida útil de la papa diploide



Nota. Basado en Suárez et al. (2017).

El almacenamiento con atmósferas modificadas y refrigeración disminuyen la velocidad de brotación y enraizamiento de las papas diploides, pero muchas veces no es posible su utilización por el costo (FAO, 2003; Khanbari y Thompson, 1996). No obstante, el uso del método de conservación por envases



BOPP con atmósfera modificada pueden extender la vida útil de los tubérculos. Es importante continuar con un estudio de factibilidad y de costos para evaluar la viabilidad de su implementación por los productores de papa diploide. Además, es necesario anotar que, en el caso de contar con sistemas de refrigeración, el costo por mantener temperaturas bajas incide en el precio de venta.

### **Estudios Sobre Uso de Películas y Recubrimientos Comestibles**

En vista de los inconvenientes de conservar la papa diploide por su rápida brotación y pérdida de nutrientes, se han realizado investigaciones de recubrimientos como otra opción de aumentar la vida útil. Por esto, Pino (1995) evaluó el uso de películas y recubrimientos en este tubérculo, pues este tipo de productos disminuyen la velocidad de deshidratación e inhiben el intercambio de gases en la respiración de los alimentos. Como resultado de su investigación, Pino (1995) aseguró que los tubérculos almacenados a 2 °C y 90% de humedad relativa con un tratamiento de fungicida y aplicación de cera, presentaron vida útil de 30 días con óptima calidad organoléptica.

Así mismo, Guancha et al. (2016) evaluaron las propiedades de una película o recubrimiento a base de *Aloe vera* L. y quitosano para la papa diploide durante 48 h. Estos autores sugirieron una proporción de 20% del gel de *Aloe vera* L., en mezcla de quitosano al 2,5% p/v, ya que con este recubrimiento se conservó el 70% de los carotenoides totales en los tubérculos. Adicionalmente, recomendaron continuar con los estudios para evaluar el intercambio de gases entre el tubérculo y su entorno; y analizar el efecto a temperaturas menores de 10 °C con este tipo de recubrimientos.

### **Conclusiones**

Las variables para tener en cuenta durante el corto período de almacenamiento de la papa diploide por su alta perecibilidad son la luz, la temperatura, la humedad relativa, la ventilación o aireación del sitio destinado para este fin y la tasa de respiración de los tubérculos. La falta de control de estas variables genera problemas en los tubérculos como deshidratación, asfixia, corazón negro, daños por frío, brotación, verdeamiento y deterioro por plagas y



enfermedades. Y el uso del método de conservación por envases BOPP con atmósfera modificada pueden extender la vida útil de los tubérculos. Se recomienda continuar con los estudios de conservación de la papa diploide en fresco para garantizar un mínimo de pérdidas nutricionales y buenas características organolépticas con un bajo costo del proceso.

### Referencias

- Alarcón, N.H. (2000). Corpoica - Efecto del potasio en la calidad de la papa para industria, en Usme-Cundinamarca. *Papas Colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental*. 3 (1-2), 78-84.
- Acuña, I. y Cádiz, F. (2011). Principales enfermedades de la papa en el almacenamiento y su manejo. *Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)* 83, 1-4. <https://tizon.inia.cl>
- Banse, J. (1980). *Técnicas de Almacenamiento de Papas*. (Boletín Técnico No. 34). Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA).
- Barreiro, J. y Sandoval, B. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Equinoccio
- Becerra, L., Navia, S. & Ñustez, C. (2007). Efecto de niveles de fosforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar "Criolla Guaneña" en el Departamento de Nariño. *Revista de la Asociación Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 51-60.
- Belanger, G., Walsh, J.R., Richards, J.E., Milburn, P.H. y Ziadi, N. (2002). Nitrogen fertilization and irrigation effects tuber characteristics of two potato cultivars. *American Journal Potato Research*. 79 (4), 269-279.
- Booth, R.H. y Shaw, R.L. (1989). *Principios de almacenamiento de la papa*. Centro Internacional de la papa (CIP).
- Cámara de Comercio de Bogotá [CCB]. (2015). *Manual papa*. CCB.
- Cerón, M.S., Álvarez, C.P., Prieto, L., Hernández, M.A., Cusgüen, I., Pérez, M.A., Caicedo, M., Becerra, E. y Chalabi, N. (2013). Sembrando la Semilla de Competitividad Sostenible en la Cadena: Papa criolla de Cundinamarca, Colombia. En P. Henríquez y H. Li Pun (Eds), *Innovaciones De Impacto: Lecciones De La Agricultura Familiar En América Latina y El Caribe* (pp.91 –



- 104). Banco Interamericano de Desarrollo (BID) e Instituto Interamericano de Cooperación (IICA).<http://bit.ly/37kw8Fo>
- Contreras, A. (1993). *Cosecha y almacenaje de papas* [Jornadas de Extensión Agrícola]. Manejo Agronómico del cultivo de la papa y las perspectivas del mercado. Universidad Católica de Temuco, Chile.
- Crisci, C. (1992). *Almacenamiento de papa*. (Serie técnica 23). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2013). *El cultivo de la papa, Solanum tuberosum Alimento de gran valor nutritivo, clave en la seguridad alimentaria mundial*. Sistema de información de precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y DANE.
- Echeverría, H.E. (2007). Papa. En H.E. Echeverría y F.O. García (Eds.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos* (pp.365-378). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Eltawil, M.A., Samuel, D.V.K., y Singhal, O.P. (2006). Potato storage technology and store design aspects. *Agricultural Engineering International*, 11, 1–18.
- Erturk, E. (2000). *Modified atmosphere packaging of fresh-cut sweetpotatoes* [Tesis de Doctorado Louisiana State University]  
[https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\\_disstheses/7352](https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/7352)
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. FAO.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, Del campo al mercado*. (Boletín de Servicios Agrícolas). FAO. <http://www.fao.org/3/y4893s/y4893s00.htm>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2019) *Materiales para capacitación en Semillas, Modulo 6: Almacenamiento de semillas*. FAO.
- Gómez, R. (2000). *Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papa*. Centro Internacional de la Papa (CIP).



- Guanca, M., Caicedo, C., Ruiz, E., y Valencia, M. (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y Aloe vera aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Informador técnico*, 80(1), 9-19. [http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/325/423](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/325/423)
- Hemberg, T. (1995). Chapter 11. Potato rest. En, P.H. Li (Ed.), *Potato physiology* (pp. 353 – 358.) Academic Press.
- Huaraca, H., Montesdeoca, F. y Pumisacho, M. (2009). *Guía para facilitar el aprendizaje sobre el manejo del tubérculo-semilla de papa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap) y Secretaria Nacional de ciencia y Tecnología del Ecuador (Senacyt).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (1996). *Norma Técnica Colombiana NTC 341-3 Industria alimentaria. Papa para consumo. Almacenamiento y transporte*. Icontec.
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2019). *Medidas de adaptación al cambio climático. Tema: Papa (Solanum tuberosum (Fichas Técnicas)*. INTA, Ministerio Agricultura y Ganadería Costa Rica, Adaptation Fund, Fundecooperación, MINAE, Dirección de Cambio Climático (DCC).
- Kalazich, J., Rojas, J.S., y González, H. (1994). Fundamentos de almacenamiento y conservación de papa [Curso Taller]. *Metodología para mejorar la producción y uso de tubérculos-semilla de papa en Chile* (Serie Remehue 51, pp. 109-125). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Khanbari, O.S., y Thompson, A.K. (1996). Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes. *Potato Research*, 39, 523–531. <https://doi.org/10.1007/BF02358471>
- Kramm, V. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile* (Boletín INIA 10). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) e Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).



- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., Krzysztofik, B., Danilčenko, H., y Jariene, E. (2020). The effects of temperatura on the quality and storage stalibity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. [Lam]) grown in central Europe. *Agronomy*, 10(11), 1665-1686  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10111665>
- Lancheros, D., Duque, J. y Beltrán, K. (2013). Innovación en la transferencia de tecnología Universidad – Empresa. Caso de éxito: Automatización de una línea de lavado para papa criolla. En Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES) (Eds.). *Memorias del World Engineering Education Forum [WEEF] Cartagena, Colombia*.
- Lescano, C. (1986). *Almacenamiento de papas*. Universidad Agraria La Molina.
- Li, W., Xiong, B., Wang, S., Deng, X., Yin, L. y Li, H. (2016). Regulation effects of water and nitrogen on the source-sink relationship in potato during the tuber bulking stage. *PloS one* 11(1), e0146877  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146877>
- Lora, R. (2005). *Efecto residual de la fertilización en la papa*. En Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa [Cevipapa] (Ed.) *Memorias I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa* (pp. 75 – 82). Cevipapa.
- Mahto, R. y Das, M., (2014). Effect of gamma irradiation on the physico-mechanical and chemical properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Kufri Sindhuri', in nonrefrigerated storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 37–45.
- Malagamba, P. (1999). Fisiología y Manejo de tubérculos-semillas de papa. En Centro Internacional de la Papa. [CIP] (Ed.). *Producción de tubérculos-semillas de papa*. (Manual de capacitación, Fascículo 2.2). CIP.
- Mani, F., Bettaieb, T., Doudech, N. y Hannachi, C. Physiological mechanisms for potato dormancy release and sprouting: a review. *African Crop Science Journal*, 22(2), 155-174.  
<https://www.ajol.info/index.php/acsj/article/view/104945>



- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 00002674 22/07/2013. Por el cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones.
- Montesdeoca, F. (2005). *Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de Calidad*. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos (PNRT) e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap).
- Morales-Fernández, S.D., Mora-Aguilar, R., Salinas-Moreno, Y., Rodríguez-Pérez, J.E., Colinas-León, M.T. y Lozoya-Saldaña, H. (2018). Crecimiento y contenido de azúcares de tubérculo de papa en cuatro estados de madurez en condiciones de invernadero. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 24(1), 53-67. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.029>
- Naranjo, H. (1986). Algunas sugerencias sobre cómo debe manejar su semilla de papa. En: *Memorias del IV Curso sobre tecnología del cultivo y manejo de semilla de papa* (pp. 147-177).
- Naranjo, H., Mastrocola, N. y Pumisacho, M. (2002). Poscosecha. En M. Pumisacho y S. Sherwood (Eds) *El cultivo de papa en Ecuador*, (pp. 171-187). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap) y Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Navas, G.E. y Díaz, C.A. (2012). *Criterios para la evaluación y producción de la papa criolla para la industria*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Ñústez, C.E. y Rodríguez, L.E. (2020). *Papa criolla (Solanum tuberosum Grupo Phureja): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). *Natural toxins food*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/natural-toxins-in-food>



- Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F. y Velázquez, J. (2002). Manejo Agronómico. En Pumisacho, M. y Sherwood, S. (Eds). *El cultivo de la papa en Ecuador* (pp. 51-82). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap), Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Parry, R.T. (1995). *Envasado de alimentos en atmósfera modificada*. Antonio Madrid Vicente.
- Pino, M. (1995). *Métodos para prolongar la vida útil de la papa criolla mediante tecnologías de encerado* [Tesis de pregrado, Universidad de la Sabana].
- Porras, P.D. y Herrera, C.A. (2015). *Modelo productivo de la papa criolla para los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Prieto, L., Álvarez, C.P., Cerón, M.S., Garnica, A.M., y Molina, Y. (2013). *Manual de procesamiento de la papa criolla*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Universidad de La Salle y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13451>
- Rizo, D. y Palma, N. (2019). *Guía: cultivando papa con buenas prácticas agrícolas*. Proyecto Gestión del Conocimiento para la producción sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala. Rikolto ONG, Provincia de Flandes Occidental de Bélgica y Bélgica para el Desarrollo. <https://latinoamerica.rikolto.org/es/noticias/guia-cultivando-papa-con-buenas-practicas-agricolas>
- Rhoades, R., Benavides, M., Recharte, J. y Booth, R. (1988). *Traditional potato storage in Peru: Farmers Knowledge and practices*. Centro Internacional de la papa (CIP).
- Rojas, R., Santos, J., Kalazich, J. y González, H. (1994). Sistemas de Almacenamiento y conservación de papas [Curso Taller]. *Metodología para mejorar la producción y uso de tubérculos-semilla de papa en Chile* (Serie Remehue 51, pp. 127-150). Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA) y Centro Internacional de la Papa (CIP).



- Santos, M. (2010). *Evaluación del crecimiento, desarrollo y componentes de rendimiento de cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del Departamento de Cundinamarca* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Sierra, C., Santos, J., France, A., Kalazich, J. y Contreras, C. (2013). *El cultivo de la papa en la región de Coquimbo. Manejo del suelo, fertilización y algunos otros factores de manejo agronómico* (Boletín INIA 266). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Suárez, J.A., Cerón M.S., Prieto L. y Rodríguez J. (2017). Almacenamiento de clones de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo *Phureja*) en atmósferas modificadas activas y pasivas. En P. Kromann, X. Cuesta, B.R. Montero, P. Cuasapaz, A. León-Reyes, A. Chulde, (Eds.), *Memorias VII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (pp. 91-92). <http://bit.ly/2uGC5Pp>
- Tester, R.F., Karkalas, J. y Qi, X. (2004). Starch - Composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Torres, L., Montesdeoca, F. y Andrade-Piedra, J. (2011). *Manejo del tubérculo-semilla*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://cipotato.org/papaenecuador/manejo-del-tuberculo-semilla/>
- Valencia, L., Trejo, D., Latorre, L., Mejía, D. y Hurtado, A. (2019). Influence of storage conditions on the quality of two varieties of native potato (*Solanum tuberosum* Group *Phureja*). *Dyna* 86 (209), 49-55. <https://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n209.72958>
- Vejarano, A.H. (1985). *Aspectos fisiológicos del tubérculo cosechado*. IV Curso Internacional sobre cultivo de la papa con énfasis en la producción de semilla. Universidad Agraria La Molina, Centro Internacional de la Papa [CIP] y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD].
- Vejarano, A.H. y Morales, C.G. (2014). Almacenamiento de la semilla de papa bajo condiciones de luz difusa. *Pueblo Continente* 25(2), 93-101. <http://200.62.226.189/PuebloContinente/article/view/267/235#>
- Wilson, C.L. (2007). *Intelligent and Active Packaging for Fruits and Vegetables*. CRC Press. Taylor y Francis Group.

