

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“PÉRDIDA DE PESO Y BROTAÇÃO DE TUBÉRCULOS DE PAPA
NATIVA Y SU RELACIÓN CON CARACTERES FENOTÍPICOS”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MANUEL ANTHONY LANDIVAR RODRÍGUEZ

LIMA – PERÚ

2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“PÉRDIDA DE PESO Y BROTAÇÃO DE TUBÉRCULOS DE PAPA
NATIVA Y SU RELACIÓN CON CARACTERES FENOTÍPICOS”**

Manuel Anthony Landivar Rodríguez

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Rolando Percy Egúsquiza Bayona
ASESOR

.....
Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, a mi madre (Irene), mi padre (Manuel), y mis hermanas (Giuliana y Fiorella) por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida y de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones de cada día y por ayudarme a culminar esta investigación.

Al Ingeniero Rolando Egúsquiza por su enorme paciencia y dedicación para la realización de esta investigación. Asimismo, al profesor Walter Salinas por su soporte y asesoramiento en todo momento.

A mis grandes amigos que me motivaron a avanzar y terminar con la tesis

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	Objetivo General	2
1.1.2.	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Las papas nativas en el Perú.....	3
2.1.1.	Composición nutricional de la papa nativa	4
2.2.	Cosecha de la papa	4
2.2.1.	Oportunidad de cosecha	5
2.2.2.	Procedimientos en la cosecha.....	7
2.3.	Almacenamiento de la papa	7
2.3.1.	Tipos de almacenamiento.....	8
2.3.2.	Condiciones del almacenamiento.....	9
2.3.3.	Factores agronómicos que afectan la calidad del tubérculo en el almacenamiento.....	10
2.3.4.	Pérdidas durante el almacenamiento y comercialización.....	11
2.4.	Aspectos Morfológicos del tubérculo y del brote de papa	12
2.5.	Fases Fenológicas de la papa en el almacenamiento.....	14
2.5.1.	Periodo de Reposo o dormancia.....	14
2.5.2.	Periodo de brotación.....	15
2.6.	Causas de la perecibilidad del tubérculo de papa en el almacenamiento	17
2.6.1.	Causas fisiológicas	17
2.6.2.	Causas físicas	20
2.6.3.	Cambios Químicos	21
III.	METODOLOGÍA.....	22
3.1.	Ubicación.....	22
3.2.	Análisis de Suelo	22
3.3.	Material vegetal.....	24
3.4.	Datos Climáticos	24
3.5.	Materiales utilizados.....	25
3.6.	Procedimientos	25

3.7.	Métodos.....	26
3.7.1.	Lavado.....	26
3.7.2.	Desinfección.....	26
3.7.3.	Evaluaciones.....	26
3.7.4.	Caracterización de brotes	27
3.8.	Análisis estadístico de resultados	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
4.1.	Condiciones de Temperatura y Humedad Relativa.....	32
4.2.	Pérdida de peso de tubérculos (P/P).....	35
4.3.	Agrupamiento de accesiones según su pérdida de peso	37
4.3.1.	Análisis de las accesiones con pérdida de peso menor al promedio general (Grupo 1 – PP baja).....	39
4.3.2.	Análisis de las accesiones con pérdida de peso mayor al promedio general (Grupo 2 – PP alta).....	44
4.3.3.	Análisis de las accesiones con pérdida de peso superior al promedio general (Grupo 3 – PP muy alta).....	48
4.4.	Caracterización de brotes	53
4.4.1.	Forma de los brotes	53
4.4.2.	Color Principal de los brotes	53
4.4.3.	Color secundario de los brotes	54
4.4.4.	Pubescencia en los brotes	55
4.4.5.	Ramificación de brotes.....	55
4.5.	Índice de Brotación según el agrupamiento de accesiones	56
4.6.	Peso fresco total de brotes según el agrupamiento de accesiones a los cinco meses de almacenamiento	57
4.7.	Porcentaje de pérdida de peso por brotación según el agrupamiento de accesiones.....	58
4.8.	Análisis de correlación de variables numéricas	60
4.8.1.	Relación entre la pérdida de peso y el número de ojos de los tubérculos	60
4.8.2.	Relación entre la pérdida de peso de los tubérculos y el índice de brotación	62
4.8.3.	Relación de la pérdida de peso de los tubérculos y del peso de brotes	63
4.9.	Análisis de variables categóricas.....	64
4.9.1.	Pérdida de peso y el color de piel.....	64
4.9.2.	Pérdida de peso y la forma general del tubérculo	67

4.9.3. Pérdida de peso y el color de pulpa.....	69
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	74
VIII. ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición promedio en 100 gramos de papa fresca	4
Tabla 2: Principales causas de pérdidas de papa en el Mercado Mayorista de Lima	12
Tabla 3: Efecto de la temperatura sobre el tiempo de cicatrización	20
Tabla 4: Análisis del suelo en donde se recolecto los tubérculos usados para este estudio	23
Tabla 5: Características y descriptores para color de brotes	27
Tabla 6: Características y descriptores usados para el color de los brotes	28
Tabla 7: Descriptores usados para la forma del brote	29
Tabla 8: Grupo identificados con características similares de pérdida de peso	30
Tabla 9: Recategorización de los descriptores de color de piel, forma general y color de pulpa del tubérculo	31
Tabla 10: Valores mínimos, máximos y promedios de la temperatura y humedad relativa en los meses de evaluación	32
Tabla 11: Valores mínimos, máximos y promedios de la Temperatura y Humedad Relativa en el ambiente	34
Tabla 12: Estadísticas descriptivas de la pérdida de peso de los tubérculos de papas nativas en el promedio total de las 311 muestras durante 21 semanas de evaluación	37
Tabla 13: Agrupación de accesiones según su pérdida de peso (PP) durante 21 semanas .	38
Tabla 14: Estadísticas descriptivas semanales de las accesiones con baja pérdida de peso (grupo 1)	40
Tabla 15: Diez accesiones con mejor capacidad de conservación de las 311 evaluadas durante 5 meses	42
Tabla 16: Estadísticas descriptivas semanales de las accesiones con alta pérdida de peso (grupo 2)	45
Tabla 17: Estadísticas descriptivas semanales de accesiones con muy alta pérdida de peso (grupo 3)	49
Tabla 18: Estadísticas descriptivas del número de ojos por tubérculo de los grupos evaluados	56
Tabla 19: Estadísticas descriptivas del número de brotes por tubérculo de los grupos evaluados	56
Tabla 20: Estadísticas descriptivas del índice de brotación de los tubérculos de los grupos de evaluación	57

Tabla 21: Estadísticas descriptivas del peso fresco de brotes promedio por tubérculo de los 3 Grupos.....	58
Tabla 22: Estadísticos descriptivos de la pérdida de peso por brotación de los 3 Grupos ..	59
Tabla 23: Matriz de Correlaciones entre la Pérdida de Peso y el Número de Ojos, Índice de Brotación y Peso de Brotes.....	60
Tabla 24: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por su número de ojos promedio	61
Tabla 25: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por el índice de brotación	63
Tabla 26: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 Accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por el Peso de Brotes	64
Tabla 27: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis del Color de Piel de los tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de Peso.....	64
Tabla 28: Prueba de Comparación Múltiple de Dunn de los Colores de Piel de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso	65
Tabla 29: Porcentaje de Pérdida de Peso Mensuales observados en las 311 Accesiones distribuidas por el color de piel	66
Tabla 30: Color de Piel de las Accesiones que Presentaron Pérdidas de peso menores a 20% después de cinco meses de Almacenamiento	66
Tabla 31: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis de la Forma General de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso.....	67
Tabla 32: Porcentaje de Pérdida de Peso mensuales observados en las 311 Accesiones distribuidas por la Forma General de sus tubérculos.....	68
Tabla 33: Forma General de las Accesiones que presentaron pérdidas de peso menor a 20% después de cinco meses de almacenamiento	68
Tabla 34: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis del Color de Pulpa de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso....	69
Tabla 35: Prueba de Comparación Múltiple de Dunn del Color de Pulpa de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de Peso	70
Tabla 36: Porcentaje de Pérdida de Peso Mensual con Respecto al Color de la Pulpa de los Tubérculos Evaluados.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elementos Externos del Tubérculo de Papa.....	13
Figura 2: Elementos Internos del Tubérculo	13
Figura 3: Elementos del Brote de papa.....	14
Figura 4: Edad fisiologica del tuberculo de papa	17
Figura 5: Ubicación de almacén	22
Figura 6: Secuencia de Labores para la Instalación y Análisis	25
Figura 7: Representación de los Colores Princial de los Brotes.....	28
Figura 8: Representación de la pubescencia de los brotes.....	29
Figura 9: Forma del Brote en Condiciones de Luz difusa.....	29
Figura 10: Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio en la Molina (Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt. UNALM; extraído de Senamhi)	33
Figura 11: Humedades relativas máximas, mínimas y promedio en la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt. UNALM (extraído de Senamhi).....	33
Figura 12: Variación semanal de la Temperatura y Humedad Relativa promedio en el ambiente de almacenamiento de los tubérculos experimentales	35
Figura 13: Grupos de Variación de la Pérdida de Peso de los Tubérculos de papas nativas respecto al promedio general.....	38
Figura 14: Variación de la Pérdida de peso promedios, máximos y mínimos semanales de las accesiones grupo 1.....	41
Figura 15: Variación de la Pérdida de Peso de 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 1.....	42
Figura 16: Accesoión B2 (Yuracc tabardillo) al inicio y al final de la evaluación	43
Figura 17: Accesoión 510 (Chogpa blanca) al inicio y al final de la evaluación	43
Figura 18: Accesoión B48 (Jampi papa) al inicio y al final de la evaluación	43
Figura 19: Accesoión 36 (Muru piña) al inicio y al final de la evaluación	43
Figura 20: Porcentaje de Pérdida de peso semanales de las medias, máximas y mínimas del grupo 2.....	46
Figura 21: Variación de la pérdida de peso de las 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 2.....	46
Figura 22: Accesoión B133 (Shagsha pamapamachay) al inicio y al final de la evaluación	47
Figura 23 : Accesoión B197 (Quitipsho) al inicio y al final de la evaluación	47
Figura 24: Accesoión 456C (Yana tullu) al inicio y al final de la evaluación	47

Figura 25: Accesoión B325 (Wacuy juytu) al inicio y al final de la evaluación.....	48
Figura 26: Porcentaje de Pérdida de peso semanales de las medias, máximos y mínimos del grupo 3.....	50
Figura 27: Variación de la pérdida de peso de 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 3.....	51
Figura 28: Accesoión B11 (Amarilla yema de huevo) al inicio y al final de la evaluación..	52
Figura 29: Accesoión 132 (Rampi) al inicio y al final de la evaluación	52
Figura 30: Accesoión B35 (Rampi) al inicio y al final de la evaluación.....	52
Figura 31: Accesoión 725 (Pacla) al inicio y al final de la evaluación	52
Figura 32: Formas del brote presentes en las papas nativas del BGR.....	53
Figura 33 : Colores principales de los brotes en las papas nativas del BGR.....	54
Figura 34: Presencia de color secundario en los brotes de las papas nativas del BGR.....	54
Figura 35 : Presencia de pubescencia en los brotes de las papas nativas del BGR.....	55
Figura 36: Ramificación de los brotes de las papas nativas del BGR	55
Figura 37: Gráfico de cajas del índice de brotación de los grupos de evaluación y el total	57
Figura 38: Grafica de caja del peso fresco de brotes de los tres grupos y el total.....	58
Figura 39: Grafica de caja del % Perdida por brotación de los tres grupos y el total	59
Figura 40: Dispersión de los valores de pérdida de peso, número de ojos y de la relación entre ambas características	60
Figura 41: Dispersión de los valores de pérdida de peso, Índice de Brotación y de la relación entre ambas características	62
Figura 42: Dispersión de los valores de pérdida de peso, peso de brotes y de la relación entre ambas características	63
Figura 43: Gráfico de Violín del Porcentaje de Pérdida de Peso según el Color de Piel del tubérculo	67
Figura 44: Gráfico de Violín del porcentaje de pérdida de peso según la forma general del tubérculo	69
Figura 45: Gráfico de violín del porcentaje de pérdida de peso según el color de pulpa del tubérculo	71

RESUMEN

La presente investigación se realizó para ampliar el conocimiento de la pérdida de peso de tubérculos de 311 accesiones de papas nativas almacenadas al medio ambiente, bajo luz difusa durante cinco meses, entre primavera y verano. Se relacionó con características de brotación y las diferencias atribuidas a la forma, color de piel y color de pulpa como probables indicadores de las diferencias en su conservación. Con datos de pérdida de peso durante 21 semanas, se realizó análisis Clúster que permitió clasificar grupos de accesiones con características de pérdida de peso similares e identificar accesiones con pérdidas de peso extremas. Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre el porcentaje de pérdida de peso y las variables numéricas (índice de brotación, número de ojos y peso de brotes), pruebas de comparación no paramétricas de Kruskal – Wallis y comparaciones múltiples de Dunn entre el porcentaje de pérdida de peso y las variables categóricas de color de piel, forma general, color de pulpa. Se obtuvo que existe un amplio rango de diferencias de pérdida de peso durante todos los meses de almacenamiento y grupos de accesiones según sus características de pérdida de peso (baja, alta y muy alta). Hasta el quinto mes, se identificaron 83 accesiones con muy buena capacidad de conservación por su baja pérdida de peso (13.6-24.8%) y 20 accesiones con alta pérdida de peso (34.9 a 78.7%). Se encontraron correlaciones significativas del porcentaje de pérdida de peso con el índice de brotación y el número de ojos. La forma general y color de piel no son características para estimar la pérdida de peso, sin embargo, a nivel de promedios, los tubérculos de piel blanca tienden a perder menos peso que los de piel amarilla. Los tubérculos con pulpa amarilla presentaron una mayor pérdida de peso que los de pulpa blanca.

Palabras Clave: Almacenamiento, accesiones, pérdida de peso, brotación, variables numéricas, variables categóricas

ABSTRACT

The present investigation was carried out to expand the knowledge of the weight loss of tubers of 311 accessions of native potatoes stored in the environment, under diffused light for five months, between spring and summer. It was related to sprouting characteristics and the differences attributed to the shape, skin color and pulp color as probable indicators of the differences in its conservation. With weight loss data for 21 weeks, a cluster analysis was performed that allowed classifying groups of accessions with similar weight loss characteristics and identifying accessions with extreme weight loss. Pearson's correlation analyzes were performed between the percentage of weight loss and the numerical variables (sprouting index, number of eyes and weight of shoots), non-parametric comparison tests of Kruskal - Wallis and Dunn's multiple comparisons between the percentage of weight loss and the categorical variables of skin color, general shape, flesh color. It was found that there is a wide range of differences in weight loss during all the months of storage and groups of accessions according to their weight loss characteristics (low, high and very high). Until the fifth month, 83 accessions with very good conservation capacity due to their low weight loss (13.6-24.8%) and 20 accessions with high weight loss (34.9 to 78.7%) were identified. Significant correlations of percentage weight loss with sprouting index and number of eyes were found. The general shape and skin color are not characteristics to estimate weight loss, however, at the average level, white-skinned tubers tend to lose less weight than yellow-skinned ones. The tubers with yellow pulp presented a higher weight loss than those with white pulp.

Key Words: Storage, accessions, weight loss, sprouting, numerical variables, categorical variables

I. INTRODUCCIÓN

La papa es una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo entero por ser uno de los alimentos más consumidos y porque colabora con el fortalecimiento de la seguridad alimentaria de la humanidad; además, es un tubérculo de consumo popular adaptado en diferentes condiciones climáticas y suelos. En el Perú es el principal cultivo en superficie sembrada y es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, en el que destaca el grupo de papas nativas por su variabilidad en formas, colores, sabores y por ser fuente de recursos genéticos que brindan alternativas para mejorar la productividad, resistencia a plagas y adaptación para enfrentar los efectos del cambio climático.

Una de las mayores necesidades del país es la de vincular la riqueza genética de las papas nativas en oportunidades económicas. Se considera que la masificación del consumo y el desarrollo de segmentos de negocios son alternativas visibles para elevar el nivel de vida de sus productores. Por un lado, se realizan esfuerzos por preservar esta diversidad y, por otro lado, existen empresas privadas que desarrollan experiencias de comercialización y exportación que, en su conjunto requieren resolver algunas limitaciones como son la estacionalidad y perecibilidad del tubérculo de papa.

Las papas nativas son de oferta estacional, generalmente se encuentran durante cuatro a cinco meses al año; esta característica afecta la comercialización y genera discontinuidad de la oferta para el consumidor. Sin embargo, existen muchas zonas en las que se puede producir papa todo el año y desarrollos tecnológicos de manejo en pos cosecha, los cuales con adecuada planificación pueden incrementar el periodo de oferta. Sin embargo, es importante adecuar el manejo poscosecha adaptando las características y principios fisiológicos del tubérculo cosechado para garantizar la continuidad de la oferta, precios estables y una comercialización y exportación competitiva que requiere, a su vez, mayores exigencias en cuanto a la calidad y con ello la necesidad de mayor investigación.

El desarrollo de los tubérculos en el almacenamiento es diferente, pues es una respuesta de la interacción del genotipo de cada variedad con las condiciones presentes durante su producción, cosecha y del ambiente de almacenamiento. Las papas están sujetas a pérdidas

durante su vida autónoma, ya que en los procesos de poscosecha obtienen energía de sus propias reservas. Estas pérdidas se manifiestan en el desarrollo de brotes, pérdida de peso por transpiración y respiración y por posibles problemas sanitarios que puedan presentar. Existe insuficiente conocimiento de la magnitud de diferencias en las características de poscosecha entre y dentro de las numerosas variedades de papas nativas en relación a las necesidades de mercados específicos al igual que las diferencias que ocurren en centros de acopio localizados en la sierra y costa.

Por lo expuesto, en el presente trabajo de investigación se procura ampliar el conocimiento de las características poscosechas de 311 accesiones de papas nativas del Banco de Germoplasma Regional de Huánuco (BGR), almacenados en un ambiente con luz difusa durante cinco meses en condiciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el distrito de La Molina.

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Contribuir con el conocimiento de las características de poscosecha de tubérculos de papas nativas

1.1.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la pérdida de peso de accesiones de papas nativas cultivadas en Huánuco y conservadas en el Banco de Germoplasma de la UNALM
- Caracterizar los brotes de tubérculos de las accesiones en estudio
- Agrupar accesiones de acuerdo a las características de pérdida de peso
- Relacionar la pérdida de peso con las características del tubérculo

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Las papas nativas en el Perú

La papa es el tercer alimento de importancia a escala mundial después del trigo y el arroz (MINAM, 2019). La producción de papa en Perú en el 2019 fue de 5.3 millones de toneladas manteniéndolo como principal productor de papa en América Latina y posiciona al Perú en el Puesto 14 a nivel mundial en el que los mayores productores son China, Rusia, India, Polonia, Estados Unidos, Ucrania, Alemania, Países Bajos, Bielorrusia, Francia, Irán, Turquía y Canadá (MINAGRI, 2020).

Las papas nativas son aquellas originarias de los centros de diversidad del cultivo gracias a la domesticación y selección local la cual ha desarrollado caracteres especiales y específicos altamente valorados como calidad culinaria, resistencia a plagas y enfermedades y adaptación a condiciones climáticas (Graves, 2006). Existen más de 4000 variedades de papas nativas que se siembran en las altiplanicies andinas de Perú, Bolivia y Ecuador las cuales se cultivan por sus formas, texturas y colores en altitudes de 3500 a 4200 metros (MINAM, 2019). Estas papas poseen características distintas a las papas modernas como el color intenso de la piel o por el mayor contenido de materia seca. Algunas de las variedades nativas presentan hasta 35% de materia seca (Egúsqüiza, 2014).

La domesticación de la papa tuvo lugar en el Perú, al norte del Lago Titicaca. Desde este centro se dispersó hacia el sur (Bolivia, Argentina, Chile) y hacia el norte que incluye los actuales departamentos de Huánuco, Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno donde continuó su evolución y diversificación (Hawkes, 1990; Morales, 2007 citados por Remon y Peña, 2018).

En los andes peruanos hay dos tipos de sistemas de siembra, en uno se siembran pocas variedades las cuales son las más comerciales y conocidas entre las papas nativas como la “amarilla tumbay”, “huayro”, “camotillo”, “huamantanga”, “peruanita”; en otro se siembra un grupo numeroso y diverso en forma de mezcla, este grupo se denomina “chagro” en la que cada familia siembra entre 10 a 100 cultivares y se asegura la producción y contrarresta

sequias prolongadas y enfermedades en general (biótico o abiótico) (Durand, 2012 citado por Gutierrez, 2016).

2.1.1. Composición nutricional de la papa nativa

Según el CIP (2012), La papa es uno de los cultivos más importantes en términos económicos y sociales; son una fuente de carbohidratos bajo en grasa. También son fuente de hierro, zinc, cantidades importantes de vitamina C y proporciona más proteínas que el maíz y casi el doble de calcio estando sancochada (CIP, 2012). Según Franco (2002) citado por la FAO (2010), señala que una papa de aproximadamente 70 gramos tiene alrededor de la mitad de los requerimientos diarios de vitamina C para una persona.

Moreno et al. (2015) indican que los colores anaranjados y amarillos indican la presencia de carotenos; los colores rosados, morados y azules indican a las antocianinas que se observan en la piel o en la pulpa. Se agrega que la papa es un alimento rico en nutrientes, antioxidantes naturales y calorías que como parte de una dieta balanceada fortalece nuestro organismo frente a enfermedades incluyendo el Covid-19 (Andina, 2020). La composición nutricional puede variar según sea la variedad, localidad, manejo agronómico e incluso por el modo de preparación a nivel casero y procesamiento industrial (FAO, 2008 citado por Morillo, 2018). En la tabla 1 se presenta la composición promedio en 100 gramos de papa fresca.

Tabla1: Composición promedio en 100 gramos de papa fresca

	Humedad	78.0 g	
Proteína	2.1 g	Cenizas	1 g
Almidón	18.5 g	Grasas	0.1 g
	Minerales	Vitaminas	
Potasio	560 mg	B1	0.1 mg
Fosforo	50 mg	B2	0.04 mg
Calcio	9 mg	B6	0.25 mg
Sodio	7 mg	Vitamina C	20 mg
Hierro	0.8 mg	Niacina	1.5 mg

Fuente: La papa en el Perú (Egusquiza,2014)

2.2.Cosecha de la papa

Es la operación de campo que consiste en extraer los tubérculos del suelo, considerando, aspectos técnicos de madurez, apariencia comercial y la oferta y demanda del mercado (Ramos, 2014). Según Inostroza et al. (2017), la cosecha es una de las labores más costosas ya que requiere de mayor número de personal y una mejor organización.

Las modalidades de cosecha son manuales o mecanizadas: La cosecha manual se realiza cuando las condiciones del terreno no son aptas para realizarlas de otra modalidad de extracción como terrenos de pendiente elevada o cuando no se dispone de tracción animal (Egúsqüiza, 2014). Se efectúa utilizando con una picota o azadón procurando evitar los cortes de los tubérculos (Guglielmetti y Gamboa, 1984). En caso de contarse con animales, puede ser realizado por un caballo, mula o por una pareja de bueyes (Egúsqüiza, 2014).

La cosecha mecanizada es más recomendada utiliza la incorporación de medios mecánicos para disminuir los costos, mejorar la calidad y eficiencia de esta labor (Inostroza et al., 2017). Según Egúsqüiza (2014), se hace uso frecuente de cosechadoras de cadena que mejora la eficiencia y reduce el tiempo de la cosecha.

Es importante tener consideraciones como la época y condiciones adecuadas para evitar pérdidas durante la cosecha (Guglielmetti & Gamboa, 1984). Se recomienda tener presente las siguientes características del tubérculo de papa:

- a. Los tubérculos están compuestos por una cantidad elevada de agua, una piel delgada y susceptible a golpes y maltratos (Orena y Santos, 2012).
- b. Los tubérculos luego de ser cosechados tienen un metabolismo intenso, especialmente si son cosechados inmaduros (Orena y Santos, 2012).
- c. Es necesario reconocer que la papa tiene dos edades: edad cronológica y fisiológica (Orena y Santos, 2012). La edad cronológica se refiere a la edad del tubérculo desde su cosecha y se expresa en unidades de tiempo como días, semanas o meses sin referencia a las condiciones ambientales (Inostroza, 2009). La edad fisiológica se refiere al periodo transcurrido desde el inicio de tuberización (Orena y Santos, 2012) y es dependiente tanto del tiempo como de las condiciones ambientales. “Los tubérculos pueden tener la misma edad cronológica pero diferentes edades fisiológicas, similarmente, los tubérculos con la misma edad fisiológica pueden diferir en la edad cronológica” (Inostroza, 2009).

2.2.1. Oportunidad de cosecha

La cosecha puede ser anticipada o posterior a la madurez fisiológica de la planta en función a los siguientes factores

- a) Madurez:** La planta madura cuando la mayor parte de las hojas muestran color amarillento, cuando pierde todas las hojas o cuando no muestra follaje verde (Egúsqüiza, 2014). Los tubérculos maduros no se pelan, la piel está firme o no desprenden la cascara cuando se presionan (Guglielmetti y Gamboa, 1984 y Egúsqüiza, 2014). Cuando se necesita cosechar antes de la madurez, debe cortarse el follaje una o dos semanas antes de realizar la extracción de los tubérculos (Egúsqüiza, 2014). La cosecha también puede hacerse posterior a la madurez cuando no hay problemas de plagas en el suelo (Egúsqüiza, 2014).
- b) Tamaño:** Usualmente los productores cosechan cuando la mayor parte de los tubérculos presentan tamaño comercial, este es definido por el mercado (Egúsqüiza, 2014). Se puede realizar una cosecha temprana cuando el tubérculo ha alcanzado un tamaño comercial; en condición inmadura la piel se desprende, se daña con facilidad y su resistencia al almacenaje es baja (Guglielmetti y Gamboa, 1984).
- c) Precio:** Si el precio es ventajoso y la tendencia es hacia “la baja”, es posible anticipar la cosecha (Egúsqüiza, 2014). Para evitar el pelado de la piel se debe cortar el follaje y retirarlo por lo menos dos semanas antes del escarbe o cosecha. Durante este periodo la “piel” se fija mejor a la pulpa (Egúsqüiza, 2014). Si el precio es bajo y la tendencia es a subir, es posible retrasar la cosecha por un tiempo más allá del punto de madurez tomando en cuenta los riesgos de plagas y enfermedades (Morillo, 2018).
- d) Clima:** En la costa no existe riesgos climáticos. En la sierra del Perú se toma en cuenta los factores como las lluvias y las heladas para decidir la oportunidad de la cosecha, ya que no es deseable la cosecha con lluvias porque dificulta el trabajo y el barro cubre los tubérculos (Egúsqüiza, 2014).
- e) Sanidad:** Por presencia de plagas o enfermedades en los tubérculos se puede anticipar la cosecha, ya que, si se encuentra daños de polillas, ranca o pudriciones en los tubérculos y se cuenta con condiciones favorables para su desarrollo, se justifica el corte inmediato del follaje (Egúsqüiza, 2014).
- f) Recursos:** Como se mencionó anteriormente, esta labor requiere de un costo elevado por equipos, herramientas e infraestructura necesaria (Inostroza et al., 2017 y Egusquiza,

2014). En promedio se requiere de 30 jornales/ha y en casos de cosecha mecánica se requiere de 15 a 20 operarios/ ha (Egúsqüiza, 2014).

2.2.2. Procedimientos en la cosecha

- ❖ **Corte del follaje:** Es una labor que tiene como objetivo la interrupción del crecimiento de los tubérculos, evitar la diseminación de enfermedades transmisibles en el suelo, evitar la infección de virus transmitidos por pulgones cuando la producción se destina a semilla (Inostroza et al., 2017).

- ❖ **Recojo y selección de la papa:** Es la etapa en la que los productores seleccionan y clasifican la papa destinada al mercado, el consumo familiar o para semilla (Ramos, 2014). Se realiza en el campo cosechado o en almacén al mismo tiempo que se elimina tubérculos dañados o con enfermedades (Ramos, 2014).

- ❖ **Secado:** Se refiere al periodo en el cual las papas pasan por una ventilación para eliminar el agua libre que traen desde el campo (Inostroza y Mendez, 2008). Es necesario considerar la temperatura y la humedad del aire que se utilizara en el proceso, ambos determinan el punto de rocío que equivale a la temperatura en la que la humedad del aire se condensa (Banse, 1980).

2.3. Almacenamiento de la papa

El almacenamiento del tubérculo de papa permite hacerla disponible cuando se la necesita; hasta cierto punto reemplaza la producción continua, la cual es imposible en muchas regiones (Booth & Shaw, 1989). Sin embargo, es posible reducir los periodos de almacenamiento prolongando e incrementando los periodos de producción. El almacenamiento es necesario para su distribución en el consumo humano, para uso como tubérculo-semilla y para su procesamiento. Se debe tener presente que la calidad de las papas no puede mejorar con un buen almacenamiento, solo limita las pérdidas del producto (Crisci, 1992). La demanda puede ser para el consumo local o para mercados de exportación (Booth & Shaw, 1989). Las comunidades campesinas seleccionan sus papas cosechadas para el autoconsumo familiar y los almacenan en sus viviendas o depósitos. Sus almacenes son

variados y están ligados a las condiciones climáticas y a la prevención de pérdidas ocasionadas por roedores, la deshidratación y la putrefacción (Tapia & Fries, 2007).

2.3.1. Tipos de almacenamiento

Las técnicas de almacenamiento están dirigidas a lograr el mínimo de pérdidas, durante el máximo periodo de tiempo (Crisci, 1992). Se debe considerar la cantidad de tubérculos a guardar y las características de las instalaciones (Tapia & Fries, 2007). Si la producción es de baja calidad, las pérdidas aumentarían por más que las condiciones de almacenamiento sean las óptimas, esto quiere decir que la calidad del producto final determinaría el tiempo de almacenaje (Crisci, 1992).

- **Almacenamiento en campo con camellones:** Es uno de los métodos más simples, consiste en dejar los tubérculos en campo sin cosechar (Crisci, 1992). Esta práctica es realizada en la producción de otoño en terrenos con camellones bien formados, disminuyen los riesgos de verdeado, daños por quemaduras o heladas; sin embargo, no se pueden controlar las temperaturas y los daños por enfermedades e insectos (Crisci, 1992). Es importante que el suelo sea permeable, tenga buen drenaje y siempre deben estar cubiertos por una capa de suelo (Inostroza y Mendez, 2008).
- **Almacenamiento bajo techo:** Son ambientes hechos de diversos materiales en los que se procura obtener el máximo de ventilación natural y el mínimo de irradiación de calor (Crisci, 1992). Los almacenes rústicos de luz difusa pueden ser de bajo costo, los tubérculos reciben luz de forma indirecta o bajo sombra y se trata de evitar las corrientes de aire frío para impedir que se deshidraten; también, algunos lugares usan cuartos cerrados con tragaluces en el techo (Ramos, 2014).
- **Almacenamiento en estantes, bandejas o trojas:** Se trata de acondicionar espacios como bodegas con compartimentos más pequeños, es muy usado en la producción de semillas (Inostroza y Mendez, 2008). En el caso de cajones o bandejas, sirven para facilitar el transporte del material. Se trata de manejar la luz para generar brotes vigorosos y cortos (Inostroza y Mendez, 2008).

2.3.2. Condiciones del almacenamiento

Según Crisci (1992), “para todas las formas de almacenamiento, con excepción de la cámara frigorífica, las condiciones son un conjunto de factores externos e internos. El externo está conformado principalmente por las temperaturas máximas y mínimas diarias, la cantidad de horas diarias con temperatura por debajo de 10 °C, horas sol, humedad relativa del aire, lluvias y vientos. Se debe contar con esta información para los meses que durará el almacenamiento, previo a la selección del método o de los métodos a utilizar. El ambiente interior es el que se debe controlar para asegurar las mejores condiciones de almacenamiento”.

- **Ventilación:** Generalmente las pérdidas se deben a las pudriciones por mala selección de tubérculos y a la mala ventilación. Según Inostroza y Mendez (2008), se debe tener en cuenta la humedad del aire, pues si es de 95% o un poco menos, la pérdida de peso es menor que con porcentajes de inferiores a 85%. La papa fresca recién cosechada y almacenada sin buena ventilación crea una atmosfera con bajo O₂ y con alto CO₂, lo cual causa un proceso anaeróbico (O₂ < 2%) y fomenta procesos de fermentación que produce descomposición de tejidos (Pumisacho y Sherwood, 2002, citado por Morillo, 2018).
- **Temperatura y humedad relativa:** El control de la temperatura y humedad es de extrema importancia. Las condiciones ideales para lograr la máxima conservación, según Crisci (1992), son: de 2 a 4 °C para papa semilla, de 5 a 6 °C para la papa de consumo fresco y de 7 a 8 °C cuando es para el procesado con una humedad relativa de 90%; sin embargo, para Inostroza y Mendez (2008), las mejores condiciones de conservación son de 4.5 °C de temperatura y una humedad relativa de 85 a 90 %. Según Burton (1963); Booth y Shaw (1981); Rastovski, (1987a); Van Es y Hartmans, (1987) citados por Pinhero y Yada (2016), luego de los 15 °C la respiración aumenta bruscamente. La temperatura de las papas, en caso sean almacenadas en pilas, se elevará por la respiración; mientras más grande sea la pila, mayor será el diferencial de temperatura de las papas y el ambiente (Inostroza y Mendez, 2008). Morillo (2018) concluye que “la velocidad de respiración de la papa disminuye con el uso combinado de control de baja temperatura, alta humedad relativa y circulación de aire; lo que ocasiona que los tubérculos conserven mayor peso y contenido de materia seca, presenten menor porcentaje de brotación y el contenido de azúcares reductores no incrementa significativamente en las variedades rubí y fripapa 99”.

2.3.3. Factores agronómicos que afectan la calidad del tubérculo en el almacenamiento

a) Sanidad del cultivo: Si el aspecto sanitario es bien manejado a lo largo del cultivo, es más probable que su calidad y su vida post cosecha sea mayor. Existen enfermedades como el tizón tardío, fusariosis, pudriciones bacterianas, etc., que al estar presentes en campo pueden afectar los tubérculos que serán almacenados en ambientes comunes y propagarse. Es importante eliminar los tubérculos afectados (Crisci, 1992).

b) Manejo de malezas: El control de malezas en campo es importante ya que su presencia dificulta la cosecha y puede provocar daños en los tubérculos (Inostroza y Mendez, 2009).

c) Fertilización: Un manejo adecuado de los fertilizantes es importante para un adecuado desarrollo del cultivo. Las deficiencias y excesos de fertilizantes provocan un desbalance de nutrientes y genera una baja calidad de los tubérculos (Oryarzún et al., 2002 citado por Campos, 2014).

- Nitrógeno: Se concentra principalmente en los tubérculos, aproximadamente un 80 % del nitrógeno absorbido se encuentra en ellos (Inostroza, Méndez, Espinoza y Acuña, 2017). Un exceso de nitrógeno prolonga de la fase vegetativa, reduce la resistencia al almacenamiento, reduce la materia seca y genera abundante follaje el cual reduce la producción de tubérculos (Inostroza et al., 2017 y Oryarzún et al., 2002 citado por Campos, 2014). El bajo nivel de nitrógeno aumenta la sensibilidad a daños mecánicos.

- Fosforo: Es esencial para la calidad y rendimientos de los cultivos, en la papa promueve una rápida formación de tubérculos y crecimiento radicular. La deficiencia de fosforo retarda el crecimiento apical, se reduce la formación de almidón en los tubérculos promoviendo la formación de manchas necróticas de color castaño disperso e toda la pulpa (Oryarzún et al., 2002 citado por Campos, 2014).

- Potasio: A diferencia del nitrógeno y el fosforo no cumple una función estructural, pero cumple una función como catalizador de muchas reacciones. Participa en la fotosíntesis, producción de energía, balance iónico, etc. (Sierra et al., 2002 citado por Campos, 2014). La deficiencia de este elemento causa que se genere un color oscuro cuando se cortan o fríen; el potasio evita la acumulación de los aminoácidos cuya oxidación causa esta coloración

(YARA, 2021). Esto se produce más pronunciadamente cerca del anillo vascular en el final del estolón del tubérculo (YARA, 2021). Este fenómeno no se produciría al contener más del 18% de K₂O en la materia seca (Inostroza et al., 2017 y YARA, 2021).

- Calcio: Es un elemento fundamental tanto estructural como metabólicamente. Es importante para la estructura celular, mejora estabilización de membranas, estabilización de hormonas, disminuye la incidencia de enfermedades como el tizón y la Erwinia, mayor resistencia a la deshidratación de tubérculos y mejor tuberización de tubérculos. (Maldonado, 2017). Las cantidades extraídas de calcio son bajas en relación con su presencia en la mayoría de suelos, sin embargo, su importancia fisiológica no se mide con la cantidad presente en la planta. Su buena disponibilidad contribuye a una mayor resistencia al almacenamiento, además existe una relación entre calcio y efecto del etileno (Inostroza et al., 2017). El potasio y el nitrógeno son los más extraídos por la papa siendo seguido por el calcio y el magnesio (Westermann, 2005, citado por Campos, 2014).

d) Madurez del cultivo: Cuando se cosecha antes de concluir el desarrollo vegetativo, debe eliminarse el follaje verde con al menos tres semanas de anticipación para asegurar la firmeza de la piel de los tubérculos, de lo contrario, las papas serán más sensible a daños (Inostroza y Mendez, 2009).

e) Daños mecánicos por manipuleo o transportes: Son causados por herramientas o por los implementos usados en la labor de cosecha o en las diferentes labores de mantenimiento del cultivo como el aporque, desmalezado y otros (Inostroza y Mendez, 2008). Las lesiones causadas facilitan el ingreso de patógenos que a la larga ocasionan problemas en el almacenamiento (Inostroza y Mendez, 2008).

2.3.4. Pérdidas durante el almacenamiento y comercialización

Las pérdidas poscosecha son consecuencias de las interacciones de factores físicos como daños mecánicos que pueden ser tubérculos golpeados o con manchas negras; factores fisiológicos que se ven influenciados por la variedad, duración, condiciones de almacenamiento y pérdidas causadas por enfermedades como la sarna común, verrugas y otros (Pumisacho y Sherwood, 2002, citados por Morillo, 2018).

Según Brandes et al. (1997) citados por Bernet et al. (2008), las principales pérdidas en el Mercado Mayorista de Lima (tabla 2) se dan por pudrición, verdeamiento, excesiva

permanencia en el mercado, golpes, robos, mala clasificación, pérdidas en la venta y pérdida de peso causada por la pérdida de agua (14%), esto también depende del tipo de envase usado en la comercialización. La factibilidad económica depende de del precio de venta y del costo de producción, dependido también del rendimiento del campo. Con un costo de producción razonable, se debe esperar una rentabilidad de entre 15 a 40 % (Bernet et al., 2008).

Tabla 2: Principales causas de pérdidas de papa en el Mercado Mayorista de Lima

Causas de Perdida			
Pudricion	27%	Golpes	11%
Verdeamiento	22%	Robo	6%
Perdida de peso por pérdida de agua	14%	Mala clasificacion	5%
Excesiva permanencia en el mercado	12%	Perdida en la venta	3%
total		100%	

Fuente: Brandes et al (1997)

2.4.Aspectos Morfológicos del tubérculo y del brote de papa

El tubérculo de papa es un tallo modificado subterráneo altamente especializado en el almacenamiento de sustancias de reserva de alto valor nutricional. Se caracteriza por tener entrenudos fuertemente comprimidos por la expansión lateral de la porción sub apical del estolón (Inostroza, 2009 y Egusquiza, 2014).

Según Egusquiza (2014) las formas de tubérculos más comunes son redondas, ovales y oblongas, sin embargo, existen variedades con formas comprimida, largas, aplanadas, clavadas, reniformes, fusiformes, etc. Los colores de piel más comunes son el blanco, crema, amarillo, rosado, rojo y morado. Según Inostroza (2009), la papa tiene dos extremos: el basal o talón que está ligado al estolón y en el lado opuesto está el extremo apical o distal.

Los ojos se encuentran distribuidos en forma de espiral y se concentran en el extremo apical formando un complejo apical (Inostroza, 2009). La forma y numero de los ojos puede variar dependiendo de la variedad (Huaman, 2007). Las cejas pueden varias dependiendo de la variedad, pueden ser elevadas, superficiales o profundas (Inostroza, 2009).

El peridermo o piel es una capa delgada protectora en el exterior, sus elementos se observan en la figura 1. Según Navarre y Pavek (2014), el peridermo está compuesta de tres capas: felema (corcho), la capa más externa, que está suberizada; felogeno (cambium de corcho) justo debajo del felema; y felodermo, la capa más interna justo debajo del felógeno. En la

superficie se la piel se encuentran las lenticelas por las cuales se efectúa el intercambio gaseoso (Inostroza, 2009).

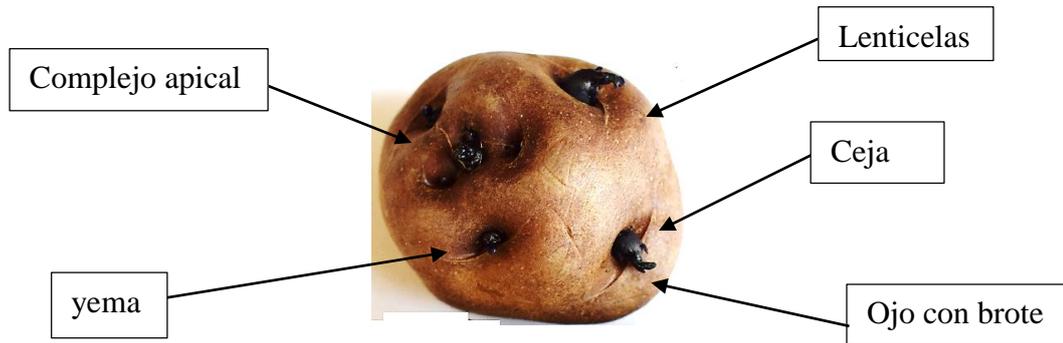


Figura 1: Elementos Externos del Tubérculo de Papa

La corteza esta inmediatamente debajo de la piel y se caracteriza por contener principalmente proteínas y almidones. En la figura 2, se muestra el sistema vascular o anillo vascular que conecta los ojos del tubérculo entre sí. Debajo del anillo vascular se encuentra el parénquima de reserva y la medula es la parte central del tubérculo (Inostroza, 2009).

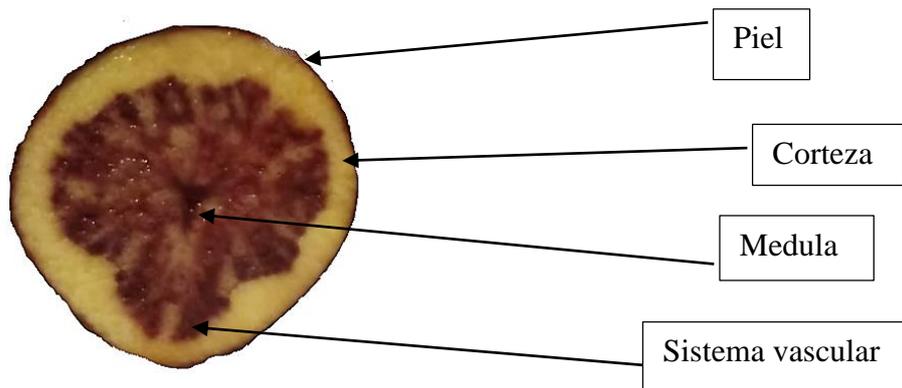


Figura 2: Elementos Internos del Tubérculo

Los brotes crecen de las yemas de los ojos de los tubérculos y el color de una característica varietal. Cuando se exponen a la luz indirectamente se tornan verdes (Inostroza, 2009). El número de brotes de los tubérculos depende de su tamaño, de su variedad y las condiciones de almacenamiento (Egusquiza, 2014). En la figura 3 se muestran las partes de un brote.

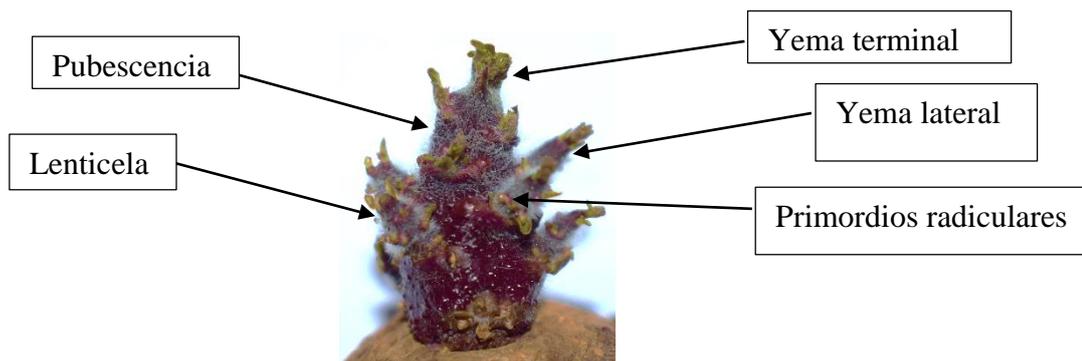


Figura 3: Elementos del Brote de papa

2.5.Fases Fenológicas de la papa en el almacenamiento

2.5.1. Periodo de Reposo o dormancia

Durante esta etapa el tubérculo no emite brotes, aunque este expuestos en condiciones óptimas para su crecimiento. Los factores que influyen en la duración de este periodo son la variedad, condiciones manejo agronómico y ambientales, madurez, temperatura de almacenamiento y daños físicos recibidos durante la cosecha (Orena y Santos, 2012). El factor principal que influye en el periodo de reposo es la temperatura de almacenamiento (Burton, 1963, citado por Altamirano,2016).

Según Malagamba (1997), citado por Rodríguez y Moreno (2010), la dormancia se inicia con el inicio de la tuberización (Reposo fisiológico) o desde el momento de la separación del tubérculo de la planta madre (Reposo cronológico). Inostroza (2009) menciona que “el tubérculo pasa por un proceso continuo tanto morfológico como fisiológico en el que tiene dos edades diferentes: una edad cronológica y otra fisiológica. La edad cronológica se refiere a la edad del tubérculo desde su inicio de tuberización o desde su cosecha. Se expresa en días, semanas o meses sin referencia a las condiciones ambientales. La edad fisiológica, por otro lado, se refiere al proceso de desarrollo de brotes. Depende tanto de la edad cronológica de los tubérculos y de las condiciones ambientales. Los tubérculos pueden tener la misma edad cronológica, pero sus edades fisiológicas pueden ser diferentes. Similarmente, los tubérculos con la misma edad fisiológica pueden diferir en su edad cronológica”.

La dormancia está regulado por las concentraciones de los promotores e inhibidores de crecimiento (hormonas vegetales), los cuales cambian con la edad fisiológica y el tiempo transcurrido después de la cosecha (Viola et al., 2007; Suttle, 2007, citados por Rodríguez y

Moreno, 2010). Los niveles de ácido abscísico (ABA) incrementan en la formación del tubérculo y se mantienen constantes durante la dormancia, luego disminuye con el crecimiento activo de los brotes y con ello los niveles de citoquinina y ácido giberélico (AG) (Sonnewald, 2001 citado por Rodríguez y Moreno, 2010). Las citoquininas se encuentran presentes en todo el tubérculo y se distribuyen uniformemente entre el tejido apical, lateral y internodal durante la dormancia (Turnbull y Hanke, 1985; Suttle, 2002 citados por Rodríguez y Moreno, 2010). El periodo de dormancia involucra tanto el periodo de reposo como el subsiguiente de quiescencia ya sea por causas endógenas o exógenas. Una vez concluido el reposo, no puede brotar debido a condiciones como temperatura o fotoperiodo desfavorable (Martínez, 1987 citado por Altamirano, 2016).

2.5.2. Periodo de brotación

Con la pérdida de la dormancia los niveles de citoquininas tienen un aumento leve en los niveles basales de los brotes apicales y el tejido adyacente. En almacenamiento, los tubérculos son sensibles a las citoquininas exógenas (Turnbull y Hanke, 1985; Suttle, 2002 citados por Rodríguez y Moreno, 2010). El ácido indol acético (AIA) se relaciona con la inducción de brotes, ya que su concentración aumenta en las yemas de los tubérculos durante la pérdida de la dormancia, contrastando la acción del ABA (Soruce et al., 2005 citado por Rodríguez y Moreno, 2010). El incremento de ácido giberélico (AG) endógeno es evidente una vez se inicia el crecimiento de los brotes, también tiene un papel fundamental en el control del crecimiento del brote (Coleman et al., 2001; Suttle, 2004b; Viola et al., 2007 citados por Rodríguez y Moreno, 2010). La brotación se divide en 3 etapas, estas se pueden apreciar en la figura 4.

i. Brotación apical: Es la etapa en que emerge y crece un brote en el ápice del tubérculo el cual en condiciones de oscuridad tiene la capacidad de inhibir el desarrollo de otros brotes del mismo tubérculo (Orena y Santos, 2012). Este brote apical es el más distante al sitio de la inserción del estolón, es decir en el ojo apical (Egúsqüiza, 2014).

ii. Brotación Múltiple: Este estado se manifiesta una vez rota la dominancia apical, se produce el crecimiento de los demás brotes del tubérculo. La dominancia apical termina con el tiempo naturalmente o puede acelerarse eliminando el brote apical o aumentando la temperatura de almacenamiento (Orena y Santos, 2012). Un tubérculo que está al inicio de este periodo o al término de la dominancia apical se considera como fisiológicamente joven.

Por el contrario, aquel tubérculo que encuentra al final de esta etapa de brotación múltiple se considera fisiológicamente viejo (Altamirano, 2016).

- Efecto del tamaño del tubérculo: El vigor y tamaño del brote depende del tamaño del tubérculo (Túpac Yupanqui, 1978 citado por Altamirano, 2016). El número de brotes aumenta con el tamaño del tubérculo debido a que el ritmo de acumulación de materia seca de los brotes individuales es constante y proporcional al tamaño del tubérculo. Para el caso de un tubérculo con brotación múltiple es una función inversa del número de brotes en crecimiento y estará relacionado positivamente con el tamaño del tubérculo (Túpac Yupanqui, 1978 citado por Altamirano, 2016).
- Efecto de la temperatura: “La tasa de crecimiento de brotes se incrementa por aumento de temperatura desde los 4°C hasta los 15°C, y aun hasta los 25°C” (Túpac Yupanqui, 1978 citado por Altamirano, 2016) pero adicionales a 30°C causan una reducción en la proporción de crecimiento asociado con muerte del ápice del brote (Headford, 1962 citado por Altamirano, 2016). La brotación no se produce cuando la temperatura entre 2 a 4 °C o menos (Mamani, 1993 citado por Altamirano, 2016). Según Inostroza y Méndez (2008) los problemas de temperatura y humedad relativa en los almacenes pueden causar brotación excesiva, lo cual trae consigo deshidratación y translocación de nutrientes para la formación de los brotes.

iii. Senectud: Es el estado en el que el tuberculo entra en la etapa de envejecimiento fisiológico (Egúsquiza, 2014). En este estado los brotes comienzan a ramificarse, el tuberculo ha perdido reservas, se ve flacido, arrugado y en caso mas extremos se puede observar que de los brotes emergen pequeños tuberculos (Orena y Santos, 2012 y Egúsquiza, 2014).



Figura 4: Edad fisiológica del tubérculo de papa

Fuente: Orena (2015)

2.6. Causas de la perechibilidad del tubérculo de papa en el almacenamiento

2.6.1. Causas fisiológicas

Las papas almacenadas sufren cambios por procesos fisiológicos como son la suberización, respiración, transpiración, brotación y cambios en su composición química (Orena, 2015). Los estados fisiológicos del tubérculo se describen por la apariencia en que se encuentra desde que es fisiológicamente joven hasta el llamado envejecimiento fisiológico (Wiersema, 1979). La duración e intensidad de estos procesos está influenciado por las condiciones del cultivo, la duración del almacenamiento y por las condiciones del almacén (Beukema y Van der Zaag, 1979 citados por Altamirano, 2016).

a) Respiración: El término respiración indica el intercambio de gases entre un organismo y su medio ambiente. En sentido estricto, se define como la oxidación de sustancias orgánicas en el interior de las mitocondrias acompañadas de la liberación de energía (Lira, 2007); es decir, el aprovechamiento del oxígeno atmosférico para metabolizar compuestos de almacenamiento (azúcares y almidón) para formar productos derivados como CO₂, agua y energía (calor) (Lira, 2007). La energía liberada en la respiración sale en forma de calor

ya que si no fuera liberado la temperatura de la papa se elevaría teóricamente por lo menos 0. 25° C cada 24 horas (Burton et al, 1992 citado por Altamirano, 2016).

La tasa de respiración de las papas depende de la temperatura de almacenamiento, la madurez de los tubérculos, ocurrencia de las heridas, contenido de azúcares y grado de brotación. Este proceso tiende a ser más lento entre los 2° C a 4°C, fuera de este rango el proceso aumenta ya sea menor o mayor (Orena, 2015). Por su parte, Burton (1963); Booth y Shaw (1981); Rastovski, (1987a); Van Es y Hartmans, (1987) citados por Pinhero y Yada (2016) mencionan que la frecuencia respiratoria es mínima a aproximadamente 5 ° C y aumenta lentamente hasta aproximadamente 15 °C, por encima del cual la respiración aumentar bruscamente; la actividad enzimática de la invertasa que hidroliza la sacarosa en glucosa y fructuosa es también alta en temperaturas de almacenamiento bajas, a 0°C es como si estuviese a 20°C por tener la misma frecuencia respiratoria.

Es igualmente importante también que los lugares de almacenamiento presenten buena aireación para que el oxígeno desplace al CO₂ producido en la respiración. La acumulación de CO₂ por encima del 4% causa el corazón negro que eventualmente produce pudrición y afecta la calidad de procesamiento de las papas almacenadas al alterar el color para la producción de chips (Gottschalk y Ezhekiel, 2006 citados por Pinhero y Yada, 2016).

Los tubérculos inmaduros presentan inicialmente tasas de respiración muy altas, que disminuyen a medida que maduran (Burton, 1964; Bethke y Busse, 2010 citados por Navarre y Pavek, 2014). Las tasas de respiración disminuyen más rápidamente durante los primeros 2 meses después de la cosecha y alcanzan un mínimo aproximadamente 4 meses después de la cosecha; posteriormente en almacenamiento, la frecuencia respiratoria aumenta de forma gradual independientemente que se produzca o no la brotación la cual es menor en los casos en que se evita (Isherwood y Burton, 1975 citados por Navarre y Pavek, 2014). Según Egusquiza (2014), el tubérculo puede estar maduro antes de la cosecha o después de la cosecha. El reposo fisiológico es desde el inicio de tuberización hasta el inicio de brotación, sin embargo, este suceso es distinto en cada tubérculo y según su variedad (Inostroza, 2009 y Egusquiza 2014). Existen variedades que inician la tuberización de forma precoz, por lo que maduran más temprano que otras (Egusquiza, 2014).

La pérdida de materia seca también se ve afectada por la temperatura de almacenamiento por regular el ritmo respiratorio. En el tubérculo hay conversión de almidón a azúcar y viceversa, este es sustrato primario de la respiración por lo que la pérdida de materia seca

aumenta conforme aumenta la respiración (Burton, et al, 1992 citado por Altamirano, 2016). A 10°C la pérdida de materia seca por respiración representa aproximadamente el 1-2 % del peso fresco durante el primer mes y el 0.8% por mes a partir de entonces, pero se eleva alrededor del 1.5 % por mes cuando la brotación está avanzada (Burton, 1963; Booth y Shaw, 1981; Rastovski, 1987a; van Es y Hartmans, 1987a citados por Pinhero y Yada, 2016).

b) Transpiración: Se refiere a la pérdida de agua del tubérculo que ocurre por la difusión de vapor hacia la atmosfera del almacén (Mamani, 1993, citado por Altamirano, 2016). Los tubérculos contienen entre 75 a 80 % de humedad. La pérdida de agua de los tubérculos almacenados disminuye la calidad y el valor del producto al disminuir el peso para la venta (Navarre & Pavek, 2014).

La tensión de vapor de agua bajo la piel porosa de los tubérculos corresponde a la del aire saturado, es decir, como el aire está bajo el punto de saturación entonces se produce inevitablemente la evaporación del agua de los tubérculos. El agua del tubérculo se pierde debido a la diferencia de presión de vapor (DPV) entre la humedad contenida dentro del tubérculo y la humedad ambiental. La capa externa de la piel es una barrera multicelular que reduce la difusión del agua desde el tubérculo hacia la atmosfera (Schreiber et al., 2005 citado por Navarre y Pavek, 2014). Dado que la humedad relativa dentro del tubérculo es cercana al 100 %, la magnitud de la DPV depende mucho de la Temperatura y la humedad relativa de la atmosfera del almacenamiento.

c) Cicatrización o Suberización: En las primeras semanas, después de la cosecha, ocurre este proceso en el que ocurre una gran actividad en los tejidos del tubérculo para terminar de formar la piel que los protege o para cicatrizar las heridas producidas en durante la cosecha (Orena, 2015). Dependiendo de la temperatura, el tiempo puede variar entre 14 y 30 días (Banse, 1980). En la tabla 2 se presenta cifras del efecto de la temperatura sobre el tiempo de cicatrización. Las condiciones adecuadas para este proceso son de temperaturas alrededor de 15°C, humedad relativa de 90% y una buena ventilación (Orena, 2015). Por esta razón luego de la cosecha, los tubérculos se exponen al ambiente natural para el secado y suberización (Orena, 2015).

Tabla 3: Efecto de la temperatura sobre el tiempo de cicatrización

Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Tiempo de cicatrización
15 a 18	90 a 95	10 días
12 a 15	90 a 95	14 días
10	-	30 días
5	-	no se produce

Fuente: Técnicas de almacenamiento en papas (Bremer, 1973)

2.6.2. Causas físicas

- Pérdida de peso de los tubérculos: : Las papas pierden agua por evaporación y transpiración; si la pérdida es grande se produce una pérdida económica doble que sería por calidad (consistencia y valor culinario) y peso (Crisci, 1992). Los cortes, raspaduras o similares causan un aumento sustancial de la pérdida de peso. Según Lulau y Orr (1995), citado por Navarre y Pavek (2014), menciona que una abertura o herida de menos del 5% en la superficie del tubérculo puede duplicar la pérdida de agua. La cicatrización es importante para restablecer una resistencia eficaz de la difusión del vapor de agua.
- Pérdida de peso por factores sanitarios: Las pérdidas luego del periodo de almacenamiento se deben mayormente al daño de microorganismos, hongos y plagas post cosecha (León, 1996 citado por Altamirano, 2016). Es por ello que es importante que la desinfección del almacén y la selección previa de los tubérculos. Las enfermedades que pueden presentarse en los tubérculos son podredumbres húmedas como *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia spp.*, *Phytophthora infestans* o *Fusarium spp* (Crisci, 1992).
- Pérdida de peso por brotación: La brotación puede causar pérdidas de peso relativamente altas. Muy aparte de pérdida directa que causan por su formación también es importante la pérdida que causan por la evaporación del agua a través de su superficie (Crisci, 1992). Según Burton (1966) citado por Navarre y Pavek (2014) los brotes son los principales sitios de pérdida de agua, ya que la resistencia de la epidermis del brote al movimiento del agua es mucho menor que la de la peridermis.

Para el mercado para fresco se pueden tomar medidas para controlar la brotación controlando la temperatura de almacenamiento en frío. El almacenamiento de los tubérculos a 3-4 °C mantiene la latencia durante un largo periodo y desacelera el crecimiento de los brotes luego que se pierde la latencia (Wiltshire y Cobb, 1996 citados por Navarre y Pavek, 2014).

2.6.3. Cambios Químicos

Los cambios químicos más importantes que ocurren son las relaciones entre el almidón y los azúcares. La relación puede variar mediante tres maneras: a) Hidrolisis de los almidones en azúcares; b) Condensación de los almidones en azúcares; y, c) Oxidación de azúcar durante la respiración.

En los tubérculos almacenados a temperaturas inferiores a 5°C se produce la transformación de almidón en azúcares; sin embargo, estas papas pueden recuperar sus cualidades culinarias (los azúcares se transforman a almidones) sometiéndose unos 7 días previos a su venta a temperaturas entre 6 a 21°C relaciones (Rodríguez,1961, citado por Altamirano, 2016). El contenido de azúcar afecta el sabor y condiciones culinarias; esto, en el almacenaje, depende de la variedad y la temperatura. Dos tipos de azúcares se encuentran en el tubérculo de papa: uno es la sacarosa que genera el sabor dulce característico de papas almacenadas a baja temperatura (papa dulce, pastosa y descolorida); el otro es el azúcar reductor que se acumula más lentamente y llega a su máximo contenido luego de la sacarosa, las papas con alto contenido de azúcar reductor desarrollan un color oscuro indeseable al freírse (Inostroza y Mendez, 2009).

El contenido de almidón afecta la textura y su valor industrial. El almidón es constantemente usado en la respiración y en la formación de brotes, por ese motivo constantemente decrece en cada célula. El contenido de vitamina C también se reduce durante el almacenaje, sobre todo durante el primer mes (Inostroza y Mendez, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en instalaciones del Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas (PIPS-RT) de la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicado en el distrito de La Molina, departamento de Lima. El almacenamiento de los tubérculos se inició el 13 de agosto del 2020 y finalizó el 8 de enero del 2021. Las coordenadas del PIPS-RT son:

- Latitud: 12° 4'45.48"S
- Longitud: 76°56'45.32"W
- Altitud: 783 msnm



Figura 5: Ubicación de almacén

Fuente: Google Maps (2021)

3.2. Análisis de Suelo

En la tabla 4 se muestra los resultados de análisis de suelo de caracterización realizado en la Laboratorio de suelos de la UNALM.

Tabla 4: Análisis del suelo en donde se recolecto los tubérculos usados para este estudio

C.E.		Análisis Mecánico			Clase	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%					
pH	(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural	CIC	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	de	de	Sat. De
(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g				Cationes	Bases	Bases	
4.08	0.23	0	10.23	3.2	315	63	29	8	Fr.A.	21.6	2.27	0.38	0.76	0.07	4.12	7.6	3.48	16

Este análisis de suelo presenta características físicas y químicas representativas vistas en un suelo típico de las alturas, propio de zonas principales donde se produce papas nativas. A rasgos generales se puede observar las siguientes características:

- Este suelo tiene una buena aireación por su gran contenido de arena (franco arenoso), por lo cual podría adaptarse bien a cultivos como la papa. Suelos arenosos favorecen el crecimiento de raíces, pero debe complementarse con el manejo adecuado de riego y nutrientes. El contenido de M.O. es elevado, mejora las propiedades físicas del suelo.
- El pH 4 de este suelo es fuertemente ácido. Los suelos ácidos son suelos muy pobres en P (reacciona con el Fe y Al) y otros cationes como Ca, Mg y K por lo cual se debe aplicarlos, también podría haber toxicidad con Mn por aumento de su disponibilidad.
- La conductividad eléctrica en nos indica un valor de 0.23, sin embargo, para mayor precisión se considera una conductividad en pasta saturada (CE pasta= 0.46 dS/m). Este valor es bajo y es ideal para el desarrollo óptimo de raíces.

3.3. Material vegetal

Se utilizó tubérculos de 311 accesiones del Banco de Germoplasma Regional (BGR) de Huánuco que mantiene la UNALM en la localidad de Rayancaña, provincia de Huánuco, distrito de Yacus. Los tubérculos fueron cosechados en campo del agricultor Sr. Raymundo Palacios Ponciano, Presidente de la Asociación de Agricultores Pozo – Pozo y ubicado a una altitud de 4100 msnm.

La colección del germoplasma BGR se sembró el mes de octubre del 2019 y se cosechó en estado de madurez a los 10 meses de su siembra. Para uso del presente experimento, se seleccionaron tubérculos representativos, de tamaño mediano y en buenas condiciones físicas y sanitarias.

3.4. Datos Climáticos

Los datos climáticos de temperatura y humedad relativa se registraron con ayuda de un termómetro hidrómetro ubicado en el almacén. Los datos obtenidos se presentarán en los resultados y serán comparados con los datos registrados de la estación meteorológica Alexander Von Humbolt de la Molina durante la evaluación.

3.5. Materiales utilizados

- Baldes o recipientes para desinfección
- Insecticida Metamidophos
- Lista de descriptores morfológicos del tubérculo de papa propuesto por Huamán (2007)
- Guantes de hule
- Cuchilla pequeña
- Marcadores indelebles
- Recipientes de espuma blancos de 15 x 10 cm
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes y lapicero
- Balanza electrónica con dos decimales
- Etiquetas de papel
- Hojas bond
- Termómetro higrómetro de máxima y mínima

3.6. Procedimientos

La presente investigación se llevó a cabo bajo la siguiente secuencia (Figura 6):

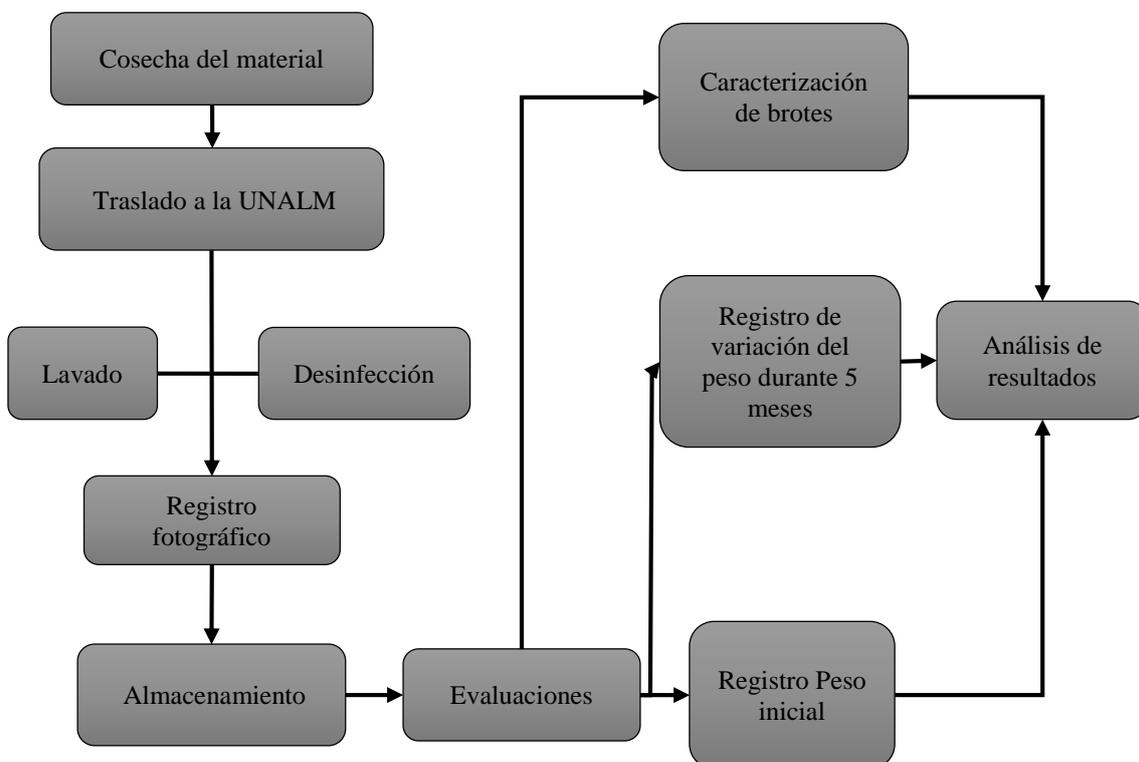


Figura 6: Secuencia de Labores para la Instalación y Análisis

3.7. Métodos

3.7.1. Lavado

Una vez teniendo las papas en la universidad se procedió al lavado de los tubérculos con agua, procurando eliminar los restos de tierra adheridos a la piel y en los ojos de la papa con cuidado sin dañarlo.

3.7.2. Desinfección

Luego del lavado y eliminación de tierra, se procedió a la inmersión de los tubérculos en una solución con insecticida Metamidophos. Luego de la desinfección se llevó los tubérculos al almacén en las oficinas del Programa de Raíces y Tuberosas.

3.7.3. Evaluaciones

Se evaluó 311 accesiones correspondientes a igual número de morfotipos diferentes entre sí; se emplearon tres tubérculos de papa de cada accesión. Las papas en evaluación se mantuvieron en recipientes individuales los cuales se dispusieron en anaqueles de un estante en un ambiente con luz difusa. Se tomó una fotografía a los 3 tubérculos de cada accesión, para que se pueda ver el cambio en su aspecto físico durante los 5 meses de evaluación.

El pesado se efectuó con ayuda de una balanza electrónica. Las evaluaciones se realizaron con una frecuencia semanal registrando, al mismo tiempo, el peso de cada tubérculo de cada accesión. En la evaluación final se registró la pérdida de peso total y se realizará la caracterización de brotes.

- Pérdida de peso Total: Corresponde a la diferencia de pesos promedio de tres tubérculos al inicio y al final del periodo experimental que consistió en el registro de pesos realizados durante 21 semanas (5 meses).
- Índice de brotación (IB): Se determinó mediante la relación número promedio de brotes y el número promedio de ojos multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje. Se expresa de la siguiente manera.

$$IB = (\text{Numero promedio de brotes} / \text{Numero promedio de ojos}) * 100$$

- **Peso fresco de brotes:** Es el peso total promedio de brotes de los tres tubérculos. Consiste en la extracción de brotes y pesaje en una balanza de precisión con aproximación de 0.01 gr.
- **Pérdida de peso por brotación (PPBr):** se determinó dividiendo el peso fresco del brote (Pfb) entre la diferencia entre el peso inicial del tubérculo (Pi) y el peso final del tubérculo (Pf), todo por 100%. Se expresa en porcentaje:

$$PPBr = (Pfb/(Pi-Pf)) * 100$$

3.7.4. Caracterización de brotes

Luego del pesado final de tubérculos, se contó el número de brotes bajo la consideración de brotes a aquellos con más de 5.0 mm. La forma, peso del brote, color del brote y el índice de brotación son elementos utilizados para la descripción y caracterización morfológica de las variedades de papa. Para la caracterización de brotes se tomó de referencia los descriptores propuestos por Huamán (2007). En la tabla 5 se observa los descriptores para el color.

Tabla 5: Características y descriptores para color de brotes

Color Predominante	Color Secundario del brote	Distribución del Color secundario del brote
1 Blanco (incluye áreas verdeadas)	0 Ausente	0 Ausente
3 Rosado	1 Blanco (incluye áreas verdeadas)	1 En la base
5 Rojo	3 Rosado	2 En el ápice
7 Morado	5 Rojo	3 Distribuido a lo largo
9 Violeta	7 Morado	
	9 Violeta	

Nota: Fuente: Extraído de Huamán (2007)

Con ello se realizará una nueva propuesta de evaluación de brotes en condiciones de luz difusa. Se tomó las muestras observadas como base para la propuesta de evaluación con las siguientes características:

Color del brote: La evaluación del color se realizó al menos un mes después de que inicie la brotación debido a que al inicio tiene un color blanquecino que posteriormente cambia al color característico y expresa o no un color secundario. El color secundario se encontró presente en algunos en los nudos y presentaban un color crema; en ciertos casos presentaban una tonalidad verdosa por ser más sensibles a la luz difusa.

Pubescencia: Ciertas accesiones presentan una superficie cubierta de pelos finos y suaves. En algunos casos observados, su presencia es más abundante que en otros.

Ramificación: Se refiere a la presencia de tallos laterales emergidos del brote principal. En el tiempo del almacenamiento se vio que no todos los brotes presentaban ramificaciones.

Tabla 6: Características y descriptores usados para el color de los brotes

Color principal	Color secundario	Pubescencia	Ramificación
1 Crema	0 Ausente	0 Ausente	0 Ausente
3 Marrón	1 Crema en los nudos	1 Escaso	1 Presente
5 Vino tinto		2 Abundante	
7 Morado			
9 Negruzco			

Fuente: Elaboración Propia



Figura 7: Representación de los Colores Principal de los Brotes



Figura 8: Representación de la pubescencia de los brotes

Forma del Brote: Para este caso se relacionó la forma del brote con la relación entre el ancho del brote con el largo del brote. Se clasifico según su relación de la siguiente manera:

Tabla 7: Descriptores usados para la forma del brote

Forma del brote	Relación largo/ancho
1 Bulboso	De 1 a 1.5/ 1
2 Cónico corto	De 1.5 a 2 /1
3 Cónico Largo	De 2.1 a 3 / 1
4 Largo	De 3.1 a 5 / 1
5 Muy largo	De 5 a mas /1

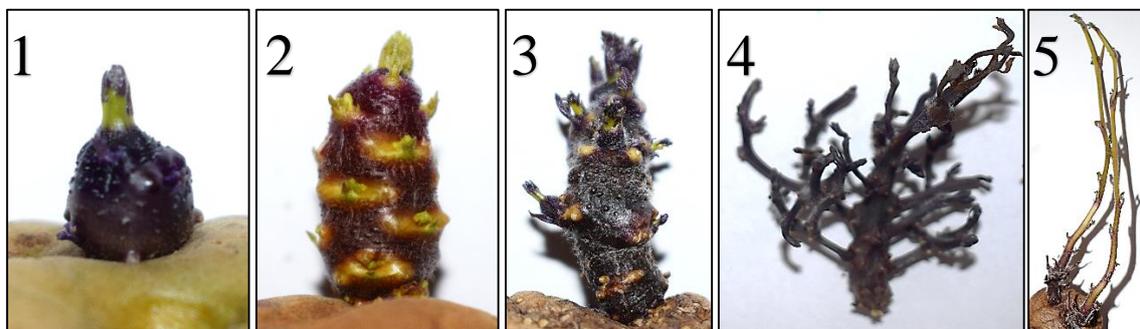


Figura 9: Forma del Brote en Condiciones de Luz difusa

3.8. Análisis estadístico de resultados

Para el análisis estadístico se realizaron pruebas descriptivas y exploratorias de los datos. El análisis estadístico consistió en la descripción univariada, bivariada y multivariada de los datos tanto numéricos como gráficos, para finalmente usar modelos estadísticos que permitan explicar el comportamiento y las relaciones entre las principales variables en estudio. Se utilizó el software libre R versión 4.0.2 y el R Studio versión 1.4.0.

Se realizó una identificación de grupos, como se observa en la tabla 8, de acuerdo a sus características similares de pérdida de peso y se agruparon por medio de un análisis clúster. Estos 3 agrupamientos se tratarán en el capítulo de resultados y discusiones

Tabla 8: Grupo identificados con características similares de pérdida de peso

Grupo	Descripción
1	Baja pérdida de peso (PP baja). Es menor que el promedio general de la pérdida de peso
2	Alta pérdida de peso (PP Alta). Está por encima de la pérdida de peso del promedio general
3	Muy Alta pérdida de peso (PP Muy alta). Está muy por encima que la pérdida de peso del promedio general

Para el análisis de correlación de variables numéricas (porcentaje de pérdida de peso con el número de ojos, el índice de brotación y peso de brotes) se realizó un análisis de correlación de Pearson con la significancia de cada una de estas correlaciones. Para el análisis de variables categóricas se presentó una recategorización (adaptándolas y asociándolas a las más perceptibles e identificables por el ama de casa y el público en general) de los descriptores del tubérculo (color de piel, forma general del tubérculo y color de pulpa) y se relacionó con el porcentaje de pérdida de peso. Se realizaron pruebas no paramétricas de comparación de Kruskal – Wallis y la prueba de comparación múltiple de Dunn. En la tabla 9 se presenta la recategorización de estos descriptores.

Tabla 9: Recategorización de los descriptores de color de piel, forma general y color de pulpa del tubérculo

Color de piel	Forma General	Color de pulpa
1 blanco	1 redondeada	1 blanco
2 amarillo	2 alargada	2 amarillo
3 rojizos		3 pigmentados
4 oscuros		
5 bicolor		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Condiciones de Temperatura y Humedad Relativa

Las figuras 10 y 11 muestran la temperatura y la humedad relativa recolectadas desde el mes de agosto del 2020 hasta enero del 2021 las cuales grafican una tendencia creciente por el cambio de estación de invierno a primavera e inicios del verano del 2021. Las temperaturas máximas tuvieron un gran aumento hacia el inicio del verano llegando incluso hasta 30 °C a finales de enero. Por otra parte, la humedad también mostró una tendencia ligera a disminuir hacia el inicio del verano en la que se registró que la humedad mínima tiende a descender aún más coincidente con coincide con las temperaturas más altas; finalmente, la humedad máxima se mantuvo constante. En la tabla 10 se observan los datos mensuales.

Tabla 10: Valores mínimos, máximos y promedios de la temperatura y humedad relativa en los meses de evaluación

Mes	Temperatura			Humedad relativa		
	mínimo T(°C)	promedio T(°C)	máximo T(°C)	mínimo T(°C)	promedio T(°C)	máximo T(°C)
2020						
Agosto	12.75	15.36	19.87	62.39	80.72	89.87
Septiembre	12.48	15.80	20.82	60.63	80.28	90.93
Octubre	13.94	17.38	22.73	58.16	78.27	90.35
Noviembre	13.73	17.92	23.46	55.23	76.43	90.13
Diciembre	17.25	20.13	24.71	58.87	77.11	88.90
2021						
Enero	18.40	22.21	27.71	50.55	72.89	88.58

Fuente: Elaboración propia, extraído de Estación Von Humboldt

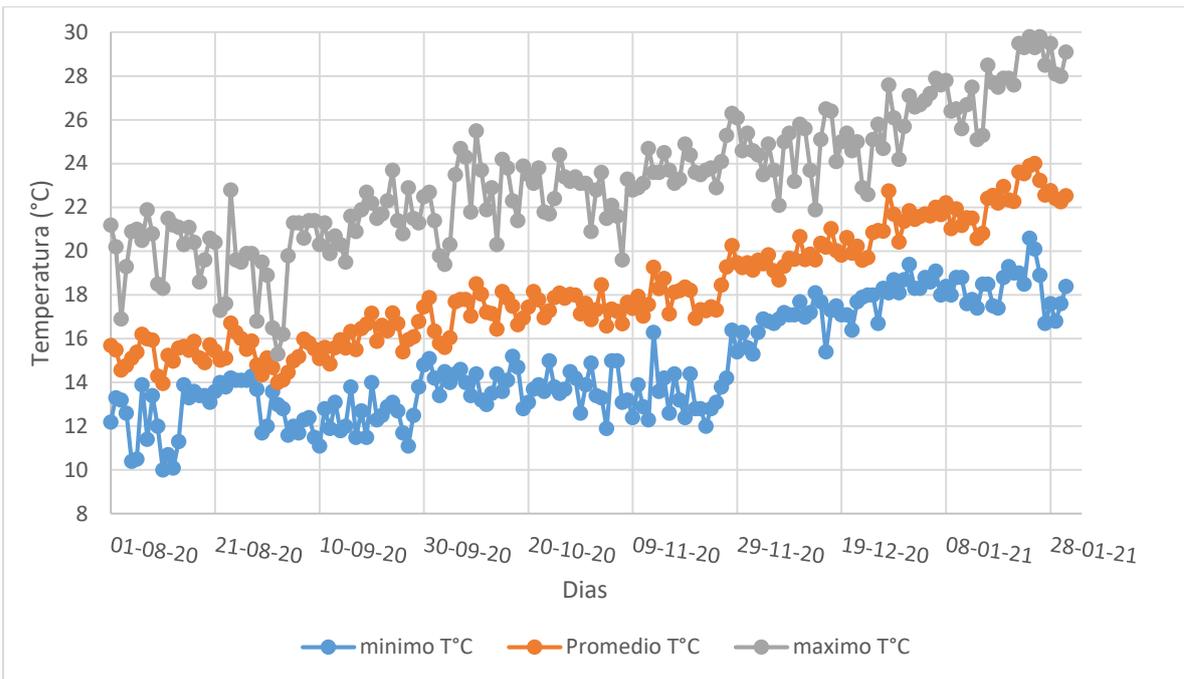


Figura 10: Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio en la Molina (Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt. UNALM; extraído de Senamhi)

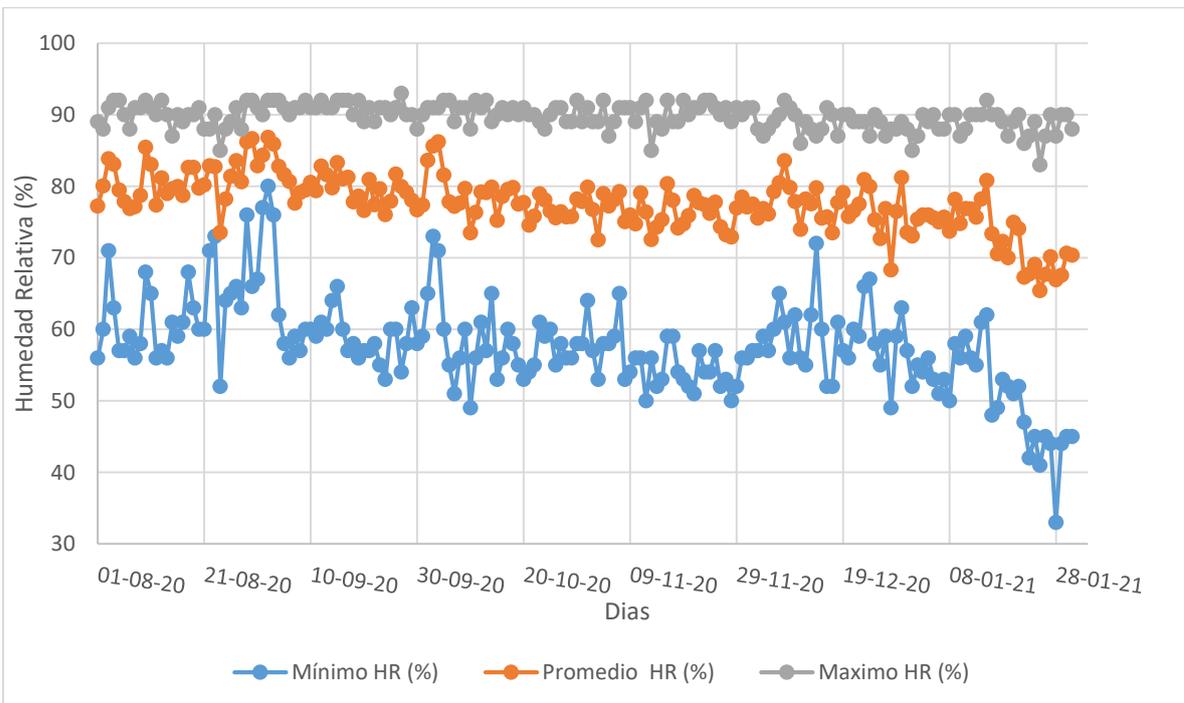


Figura 11: Humedades relativas máximas, mínimas y promedio en la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt. UNALM (extraído de Senamhi)

En la Figura 12, se presenta la variación de la temperatura y la humedad relativa promedio registrados en el termómetro higrómetro colocado en la parte central del anaquel del ambiente con el cual se realizó lecturas diarias desde el 24 de agosto del 2020 hasta la última evaluación. En la tabla 11 se muestran los datos mínimos, máximos y promedios de las temperaturas y humedades mensuales registrados por el termómetro higrómetro. La humedad promedio por mes tiene un oscila entre los 64 y 73 % teniendo mayor humedad en los meses de septiembre y octubre. Esto es generado por la humedad exterior y la humedad generada por la pérdida de humedad de los tubérculos, pues según Mamani (1993) y Navarre y Pavék (2014), hubo movimiento de vapor de agua hacia la atmosfera del almacén y como la humedad del almacén estuvo debajo del punto de saturación, la evaporación es inevitable. Sin embargo, esta ventilación también es favorable según Navarre y Pavék (2014) para la eliminación del CO₂ del ambiente. Posteriormente el promedio fue 65 y 67% en los meses de primavera y verano. El almacén presentó un ambiente fresco debido al ingreso de aire del exterior por una pequeña ventana a un lado de la habitación. El comportamiento variable de la humedad puede deberse a ingreso de aire el cual puede favorecer el ambiente, según Gottschalk y Ezhekiel (2006) citados por Pinhero y Yada (2016), el oxígeno desplaza al CO₂ producido por la respiración de los tubérculos.

Tabla 11: Valores mínimos, máximos y promedios de la Temperatura y Humedad Relativa en el ambiente

Mes	Temperatura			Humedad Relativa		
	mínima T(°C)	promedio T(°C)	máxima T(°C)	mínima HR (%)	promedio HR (%)	máxima HR (%)
2020						
Agosto	20.1	20.17	20.3	64	66.33	68
Septiembre	18.6	19.99	22.6	63	69.80	72
Octubre	19.6	21.38	22.8	61	68.43	73
Noviembre	21.4	22.44	24.1	60	64.16	70
Diciembre	23.4	24.11	25.4	61	65.46	70
2021						
Enero	24.8	25.515	26.1	64	67.25	69

Fuente: Elaboración propia, registrado por el termómetro higrómetro en el ambiente.

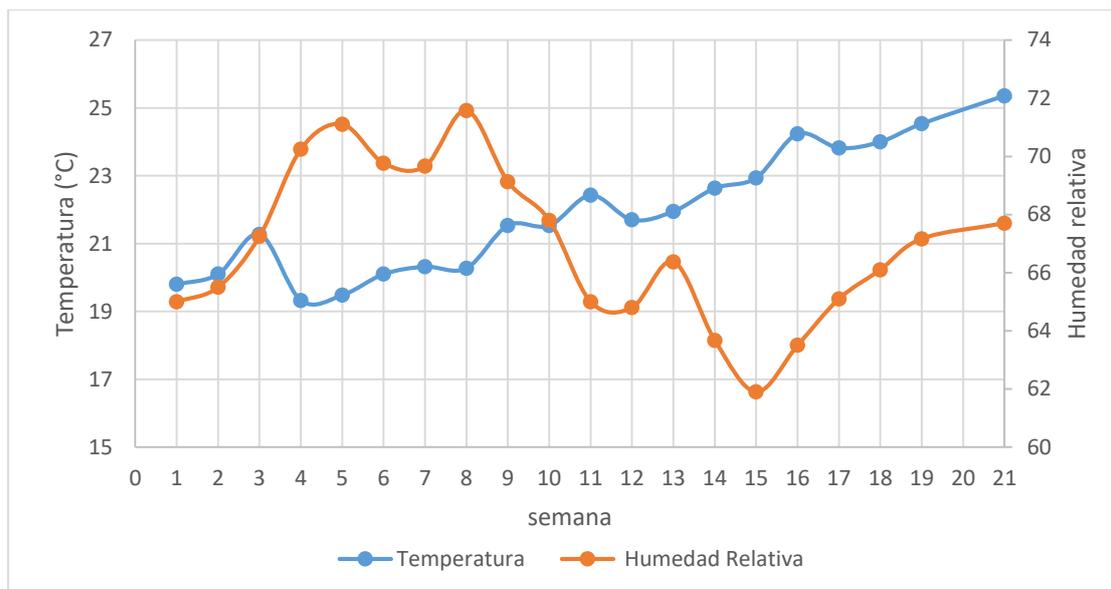


Figura 12: Variación semanal de la Temperatura y Humedad Relativa promedio en el ambiente de almacenamiento de los tubérculos experimentales

Por otro lado, las características de suelo también pueden afectar la pérdida de peso de los tubérculos, ya que el buen crecimiento y desarrollo de los tubérculos está fuertemente vinculado con las propiedades químicas las cuales influyen en la nutrición del cultivo y la interacción de los elementos en el suelo como el calcio, el cual reduce la deshidratación de los tubérculos (Maldonado, 2017). Además, las propiedades físicas también son importantes para asimilación del agua y la respiración de los tubérculos y raíces que son importantes para evitar problemas sanitarios.

4.2. Pérdida de peso de tubérculos (P/P)

En la tabla 12, se muestran las estadísticas descriptivas de la pérdida de peso promedios generales del total de accesiones durante las semanas de evaluación en los que, como es de esperar, se observa un incremento en la pérdida de pesos. El rango de datos indica una gran variación en la pérdida de peso dentro de las muestras, las cuales se incrementaron con el tiempo hasta llegar a una diferencia de 65 % entre la muestra con mayor pérdida (78.7 %) y la muestra de menor pérdida (13.6 %).

El aumento de la temperatura semanal, inicialmente de 20 °C en la semana 1 y 25.4 °C en la semana 21, ocasionó un aumento de la pérdida de peso que se observa en la tabla 11 ya que aumenta la tasa respiratoria, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Pinhero y Yada (2016) y Schippers (1977) citado por Navarre y Pavek (2014). Por otro lado, la

humedad relativa del ambiente al no superar el 74%, según Inostroza y Mendez (2008), favorece la pérdida de peso ya que la humedad es inferior a 85%.

En general la pérdida de peso semanal fue constante hasta la semana 7, la pérdida semanal es de 0.96 % en promedio. Luego, hasta la semana 12 de evaluación, la pérdida de peso semanal aumentó con valores promedio de 1.1 % a 1.6 %. Posteriormente, la pérdida se hizo mayor (aumentó de 1.7 % a 2 % hasta la semana 16). Finalmente, a partir de la semana 17 la tasa de pérdida de peso superó el 2% llegando a valores de 2.54 % por semana en promedio. Esto concuerda con lo mencionado por Isherwood y Burton (1975), que mencionan que luego de 4 meses después de la cosecha aumenta la tasa de respiratoria gradualmente lo cual favorece el consumo de reservas y lleva a una mayor pérdida de peso.

La pérdida de peso promedio diario mostró una tendencia descendente hasta la semana 5 (0.12%). Posterior a ello se observó un incremento gradual hasta la semana 15 (0.24%) con excepción de la semana 8 (0.14%) donde se observó una baja. En la semana 16 se presentó un incremento en la tasa de PP diaria a 0.29% por día, esto debido a que también hubo un incremento en la temperatura promedio en esa semana. Sin embargo, la tasa de pérdida diaria desciende en la semana 17 a 0.27% por día. Finalmente, los 3 últimos resultados muestran un incremento gradual hasta terminar la evaluación. Cabe mencionar, que tanto la semana 8 y 17 presentan bajas en la pérdida diaria por las variaciones de temperatura y humedad relativa en dichas semanas las que, a su vez, se muestran en la figura 12.

En las transacciones comerciales de papa en las que se practica un periodo de almacenamiento, es posible de aceptar una inevitable pérdida de peso no mayor al 10% para evitar mayores pérdidas monetarias. De acuerdo a los resultados y a las condiciones del presente experimento, la pérdida de peso del total de papas nativas podría almacenarse como máximo entre 9 a 10 semanas (2 meses y medio) en luz difusa y al medio ambiente de la costa central. El resultado final obtenido al quinto mes de evaluación fue de 30.73%, valor cercano al estudio realizado por Altamirano (2016) que obtuvo un resultado de 32.43% de pérdida de peso al quinto mes de evaluación en un ambiente de luz difusa; asimismo, luego de 2 meses de evaluación obtuvo un promedio de 9.2% de pérdida de peso en un ambiente con luz difusa.

Tabla 12: Estadísticas descriptivas de la pérdida de peso de los tubérculos de papas nativas en el promedio total de las 311 muestras durante 21 semanas de evaluación

Semana	Pérdida de peso (%) diario	Pérdida de peso (%) acumulado	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1	0.19	1.32	0.81	0.36	5.57
2	0.16	2.42	1.37	0.82	9.54
3	0.13	3.36	1.77	1.13	12.10
4	0.12	4.24	2.09	1.46	14.03
5	0.12	5.07	2.41	1.77	17.16
6	0.13	6.01	2.78	2.12	20.41
7	0.15	7.05	3.18	2.50	23.72
8	0.14	8.02	3.56	2.96	26.97
9	0.16	9.16	3.98	3.47	30.39
10	0.17	10.38	4.44	3.97	33.96
11	0.19	11.71	4.90	4.56	37.68
12	0.20	13.12	5.33	5.19	41.08
13	0.22	14.64	5.77	5.85	45.00
14	0.24	16.35	6.24	6.59	49.10
15	0.24	18.01	6.64	7.39	52.13
16	0.29	20.01	7.24	8.31	57.58
17	0.27	21.93	7.62	9.20	60.96
18	0.33	24.26	7.78	10.82	64.46
19	0.36	26.80	8.29	11.79	69.91
21	0.39	30.73	9.05	13.59	78.77

4.3. Agrupamiento de accesiones según su pérdida de peso

Se observó diferentes respuestas de pérdida de peso en las muestras como resultado de la naturaleza genética de las accesiones con el ambiente y su manejo, lo cual concuerda con Crisci (1992) y Egusquiza (2014).

El análisis de agrupamiento identificó tres grupos con características similares de pérdida de peso cuya variación se muestra en la figura 13 conjuntamente con la variación de la pérdida de peso promedio general.

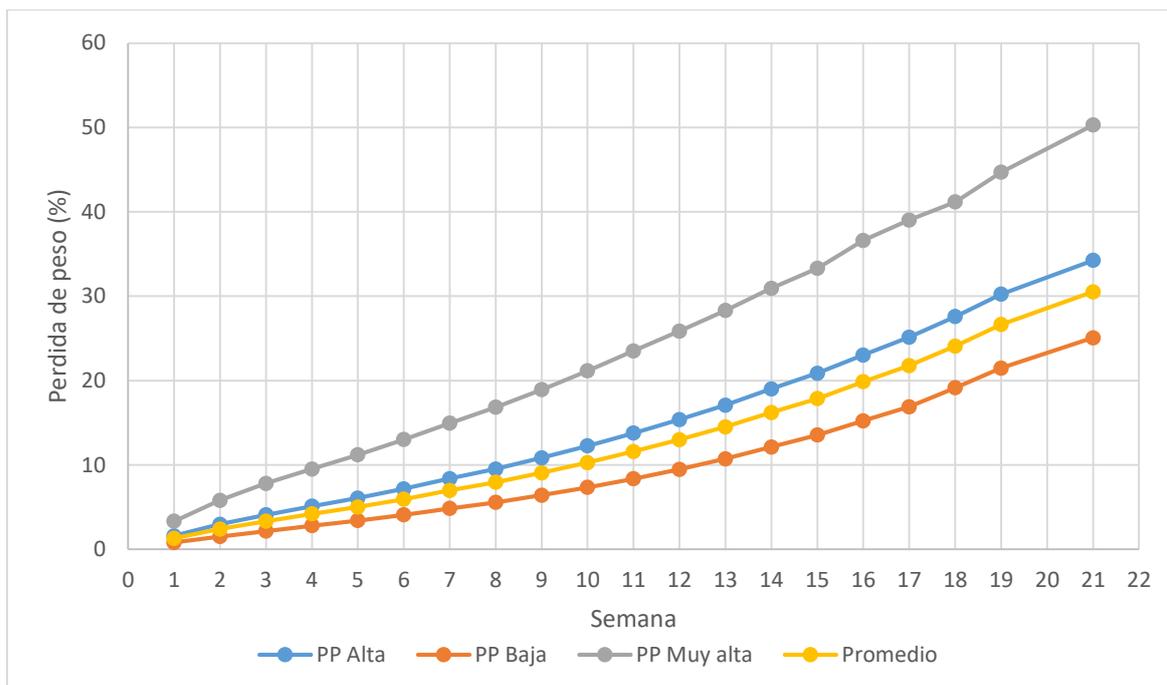


Figura 13: Grupos de Variación de la Pérdida de Peso de los Tubérculos de papas nativas respecto al promedio general

Las cantidades de accesiones correspondientes a cada grupo se presentan en la tabla 13. El grupo 1 está conformado por 161 accesiones las cuales corresponden al 52 % del total de accesiones estudiadas. El grupo 2, conformado por 130 accesiones, corresponden al 42 % del total y solo el 6 % corresponden al grupo 3 en los cuales la pérdida de peso promedio está muy por encima del promedio general. Estos resultados eran previsibles por la gran variación que existe dentro del germoplasma de papas nativas.

Tabla 13: Agrupación de accesiones según su pérdida de peso (PP) durante 21 semanas

Grupo	Resultado
1 (PP baja)	Conformado por 161 accesiones
2 (PP Alta)	Conformado por 130 accesiones
3 (PP Muy alta)	Conformado por 20 accesiones

4.3.1. Análisis de las accesiones con pérdida de peso menor al promedio general

(Grupo 1 – PP baja)

Este grupo representa a las accesiones con mayor capacidad de conservación, en la tabla 14 se muestra las estadísticas descriptivas de las pérdidas de peso diario del grupo 1. Esta respuesta se puede atribuir a que tiene una mejor madurez y menor tasa de respiración. La madurez de los tubérculos de este grupo ha sido óptima en promedio, ya que la pérdida fue menor. La tasa de respiración de estas accesiones se considera menor, por lo cual hay menor gasto de energía y de humedad durante la evaluación.

Según los promedios semanales, hubo una pérdida que aumenta 0.73% semanal en promedio hasta la semana 10 (7.33%). Luego, desde la semana 11, las pérdidas de peso se incrementaron a 1.37% semanal en promedio hasta la semana 17 (16.89%). Posteriormente, desde la semana 18 las pérdidas son superiores a 2% semanales hasta el final de la evaluación en el que la pérdida de peso promedio total llegó a 25.06 %.

Se observó que la pérdida de peso diaria fue relativamente semejante durante ocho semanas (dos meses). Posteriormente la tasa de pérdida de peso diaria se incrementó gradualmente hasta la semana 17 (0.24%). Finalmente, desde la semana 18 la tasa de pérdida diaria se elevó a valores superiores de 0.3% hasta el final de la evaluación.

Teniendo en cuenta la factibilidad económica, es posible considerar un mayor tiempo de almacenamiento al medio ambiente a las accesiones de este grupo. Tomando en cuenta un máximo de pérdida de peso del 10 %, se recomendaría almacenar estos tubérculos un periodo máximo de 2 meses y 3 semanas (11 semanas) en un ambiente con luz difusa en la costa central.

Tabla 14: Estadísticas descriptivas semanales de las accesiones con baja pérdida de peso (grupo 1)

Semana	Pérdida de peso (%) diario	Pérdida de peso (%) acumulado	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1	0.11	0.80	0.21	0.36	1.47
2	0.10	1.52	0.35	0.82	2.50
3	0.09	2.16	0.50	1.13	3.53
4	0.09	2.79	0.63	1.46	4.42
5	0.09	3.40	0.76	1.77	5.18
6	0.10	4.08	0.90	2.12	6.14
7	0.11	4.85	1.05	2.49	7.12
8	0.10	5.56	1.18	2.96	8.04
9	0.12	6.40	1.33	3.47	9.13
10	0.13	7.33	1.50	3.97	10.44
11	0.15	8.36	1.69	4.56	11.66
12	0.16	9.48	1.88	5.19	12.81
13	0.18	10.72	2.11	5.85	14.22
14	0.20	12.12	2.39	6.59	16.59
15	0.20	13.54	2.70	7.39	18.92
16	0.24	15.22	3.08	8.31	21.74
17	0.24	16.89	3.46	9.20	24.79
18	0.32	19.15	3.92	10.82	27.93
19	0.33	21.47	4.43	11.79	30.98
21	0.36	25.06	5.17	13.59	37.92

Dentro de estas 161 accesiones, se tienen valores con mayores y menores pérdidas que lo obtenido en promedio. En la figura 14 se puede observar la pérdida de peso promedio, máximo y mínimo del grupo 1 al cual se le añadió una línea de tendencia lineal con la ecuación $y = 1.147x - 2.5563$ y un R^2 de 95%. Esta ecuación nos indica que la pérdida de peso aumentara 1.147% por cada semana transcurrida. El coeficiente de determinación (R^2) es elevado y cercano a uno, lo cual indica que este modelo es confiable al 95% para hacer la predicción de pérdida de peso en las accesiones de en este grupo. Este resultado es esperado, ya que proviene de un análisis clúster de accesiones con respuestas similares de pérdida de peso.

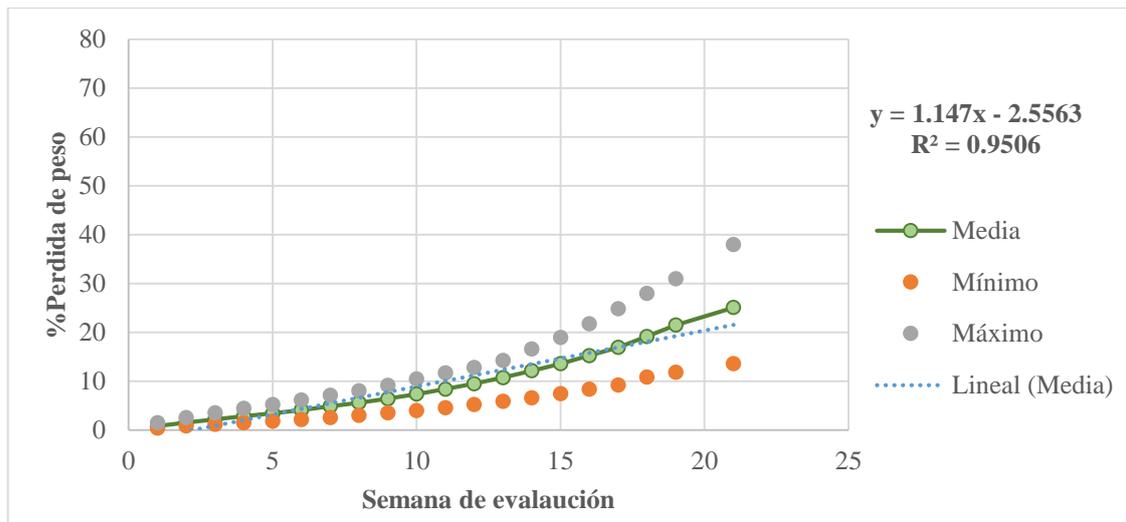


Figura 14: Variación de la Pérdida de peso promedios, máximos y mínimos semanales de las accesiones grupo 1

Sin embargo, existen accesiones que superan el 30% de pérdida de peso al final de la evaluación. El agrupamiento estadístico incorporó estas accesiones por su similitud en sus características de pérdida de peso. Por lo tanto, es necesario hacer una división que identifique este comportamiento en dos subgrupos de los cuales uno es inferior y el otro superior al promedio de pérdida de peso del grupo 1. El subgrupo inferior cuenta con 83 accesiones y su pérdida de peso luego de 21 semanas varió desde 13.6 a 24.8%; por otro lado, el subgrupo superior (con mayor pérdida de peso) estuvo conformado por 78 accesiones y su pérdida de peso luego de 21 semanas varió de 25.2% a 37.9%.

El subgrupo inferior tiene una pérdida de peso promedio de 20.9% luego de 21 semanas; por otro lado, el subgrupo superior tuvo una pérdida de peso promedio de 29.4% luego de 21 semanas. Cabe destacar que hasta la semana 12 la tasa de PP semanal es semejante, después la tasa de PP es elevada en el subgrupo superior mientras que en el subgrupo de mayor interés (con menor pérdida de peso) se mantiene constante.

En la figura 15 se muestra las 10 accesiones extremas (máximas y mínimas) del grupo 1. En los datos obtenidos, se observó una pérdida de peso con una tendencia similar en general. La de mayor pérdida de peso fue la accesión 640 con 37.91% y la que menos perdió peso fue la accesión 36 con 13.59%. En la tabla 15 se presenta las diez accesiones con mejor capacidad de conservación del grupo 1 y del total, estas no pasaron del 17% luego de 21 semanas en estas condiciones. Además de ello, considerando un máximo de 10% de pérdida para una mayor rentabilidad económica, es posible concluir que estas 10 accesiones se pueden conservar al medio ambiente hasta 4 meses en promedio (16 semanas).

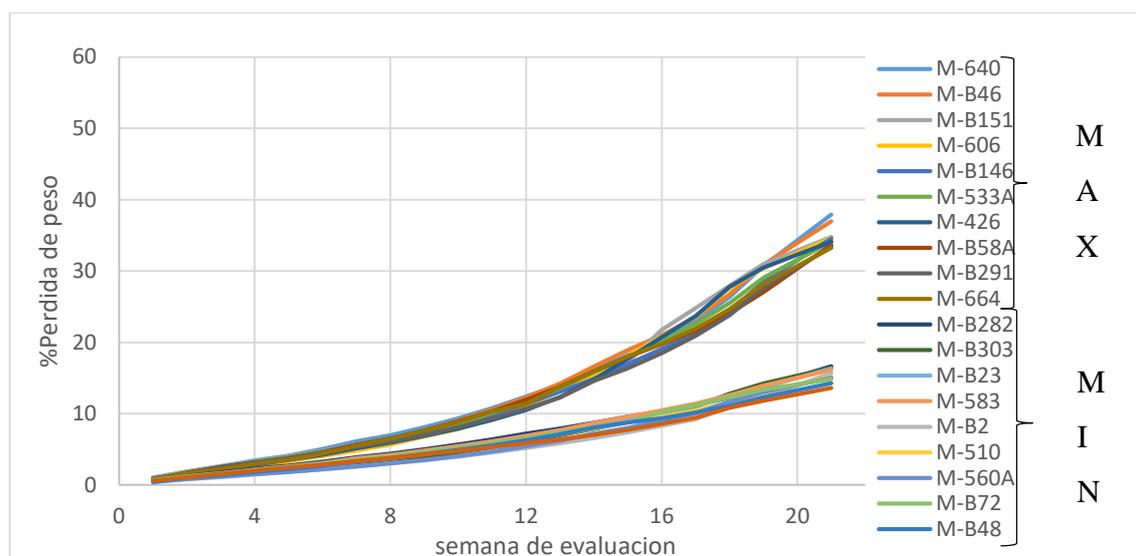


Figura 15: Variación de la Pérdida de Peso de 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 1

Tabla 15: Diez accesiones con mejor capacidad de conservación de las 311 evaluadas durante 5 meses

Accesión	Nombre nativo	Pérdida de peso (%) acumulada por mes				
		1	2	3	4	5
36	Muru piña	2	3.8	5.9	8.6	13.6
B48	Jampi papa	1.8	3.8	6.3	9.4	14.3
B72	s/n	2.1	4	6.6	10.3	14.9
560A	s/n	1.5	3	5.4	9	15
510	Chogpa blanca	1.9	3.8	6.4	9.6	15.2
B2	Yuracc tabardillo	1.5	3	5.2	8.3	15.7
583	Manca cuta	2.1	4.2	6.9	10.5	16.1
B23	s/n	2	3.9	6.5	10.1	16.3
B303	Añaspa uman	1.7	3.4	6.1	9.9	16.4
B282	Yana piña	2.3	4.4	7.2	10.3	16.6

En las figuras 16, 17, 18 y 19 se presentan las diferencias de apariencias de 4 accesiones al inicio y al final de las evaluaciones; se aprecia que las diferencias físicas son mínimas. Existen ciertas arrugas que se pueden observar las cuales no son muy marcadas. Su consistencia se mantiene firme con un ligero ablandamiento al tacto; los brotes que presentan son cortos, apicales, sin ramificaciones y poco desarrollados. Las accesiones 510, B48 y 36 son las que presentaron mejor aspecto físico con pocas arrugas, brotes cortos y con menor pérdida de humedad.



Figura 16: Accesoión B2 (Yuracc tabardillo) al inicio y al final de la evaluación

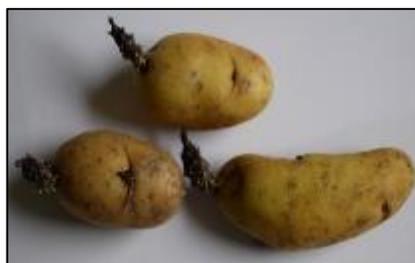
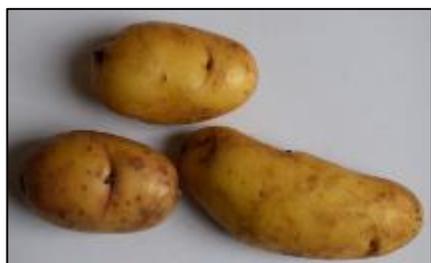


Figura 17: Accesoión 510 (Chogpa blanca) al inicio y al final de la evaluación



Figura 18: Accesoión B48 (Jampi papa) al inicio y al final de la evaluación



Figura 19: Accesoión 36 (Muru piña) al inicio y al final de la evaluación

4.3.2. Análisis de las accesiones con pérdida de peso mayor al promedio general (Grupo 2 – PP alta)

El grupo representa a las accesiones con baja capacidad de conservación. En la tabla 16 se muestran las estadísticas descriptivas y la pérdida de peso promedio diario del grupo 2. Estos resultados se pueden atribuir a que poseen una mayor tasa de respiración, por lo cual hay un mayor gasto de energía y de humedad durante la evaluación. Adicionalmente, se puede considerar que estas accesiones presentan una madurez fisiológica mayor característica respecto al resto de las accesiones por el periodo que se mantuvieron en campo (sobremaduros).

Según los promedios semanales, hubo una pérdida que aumentó 1.13% semanal en promedio hasta la semana 8 (9.52%). Luego desde la semana 9, las pérdidas se incrementaron a 1.52% semanal en promedio hasta la semana 13 (17.09%). Finalmente, a partir de la semana 14 las pérdidas aumentaron en promedio 2.2% por semana hasta el final de la evaluación.

La pérdida de peso diario se inició con 0.23% en la semana 1 y desciende hasta la semana 5 con 0.14%. Desde la semana 6, con excepción de la semana 8, va aumentando hasta la semana 16 (0.31%). En la semana 17 hubo una pequeña baja a 0.3% por día, sin embargo, los valores aumentaron en las siguientes semanas hasta el final de la evaluación. La interacción con la temperatura y la humedad relativa del ambiente mostraron una gran influencia en estos resultados.

Tomando en cuenta una pérdida de peso que no exceda el 10%, se recomienda al comerciante almacenar estos tubérculos durante un periodo no mayor de 2 meses (8 a 9 semanas) en un ambiente con luz difusa en la costa central.

Tabla 16: Estadísticas descriptivas semanales de las accesiones con alta pérdida de peso (grupo 2)

Semana	Pérdida de peso (%) diario	Pérdida de peso (%) acumulado	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1	0.23	1.61	0.53	0.71	3.11
2	0.19	2.96	0.81	1.92	5.28
3	0.16	4.08	0.97	2.67	6.74
4	0.15	5.10	1.06	3.46	7.68
5	0.14	6.07	1.17	3.93	8.57
6	0.16	7.17	1.35	4.34	10.17
7	0.17	8.38	1.59	4.80	11.92
8	0.16	9.52	1.82	5.26	13.55
9	0.19	10.84	2.09	5.78	15.49
10	0.20	12.25	2.38	6.39	17.64
11	0.22	13.78	2.70	7.15	19.99
12	0.23	15.38	3.00	7.88	22.37
13	0.25	17.09	3.30	8.69	24.89
14	0.28	19.02	3.62	9.62	27.56
15	0.26	20.86	3.96	10.36	30.36
16	0.31	23.03	4.41	11.20	34.10
17	0.30	25.15	4.74	12.11	37.11
18	0.35	27.58	4.98	13.15	39.20
19	0.38	30.24	5.24	14.53	43.32
21	0.40	34.25	5.53	17.28	50.22

Dentro de estas 130 accesiones del grupo 2, se tienen valores con mayores y menores pérdidas que lo obtenido en promedio. En la figura 20 se puede observar las pérdidas de peso promedio, máximas y mínimas del grupo 2 al cual se le añadió una línea de tendencia lineal con la ecuación $y = 1.5864x - 2.0184$ y un R^2 de 97%. Esta ecuación nos indica que la pérdida de peso aumentará 1.584 por cada semana transcurrida. El coeficiente de determinación (R^2) es cercano a uno, lo que indica que este modelo es confiable al 97 % para hacer la predicción de pérdida de peso de este grupo.

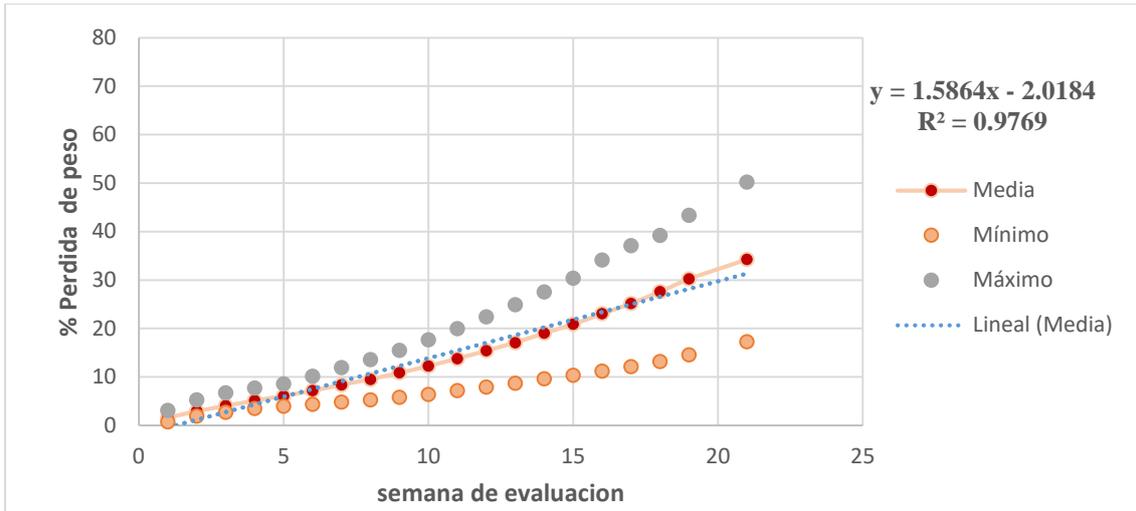


Figura 20: Porcentaje de Pérdida de peso semanales de las medias, máximas y mínimas del grupo 2

Existen accesiones que tienen una elevada pérdida en este grupo los cuales han sido incorporados por sus características de pérdida de peso, sin embargo, muchos llegan a perder más del 30% (Promedio total). En la figura 21 se muestra las 10 accesiones extremas (máximas y mínimas) del grupo. La que más peso perdió fue la accesión B133 con 50.21% y la que menos peso perdió fue la B325 con 17.27%.

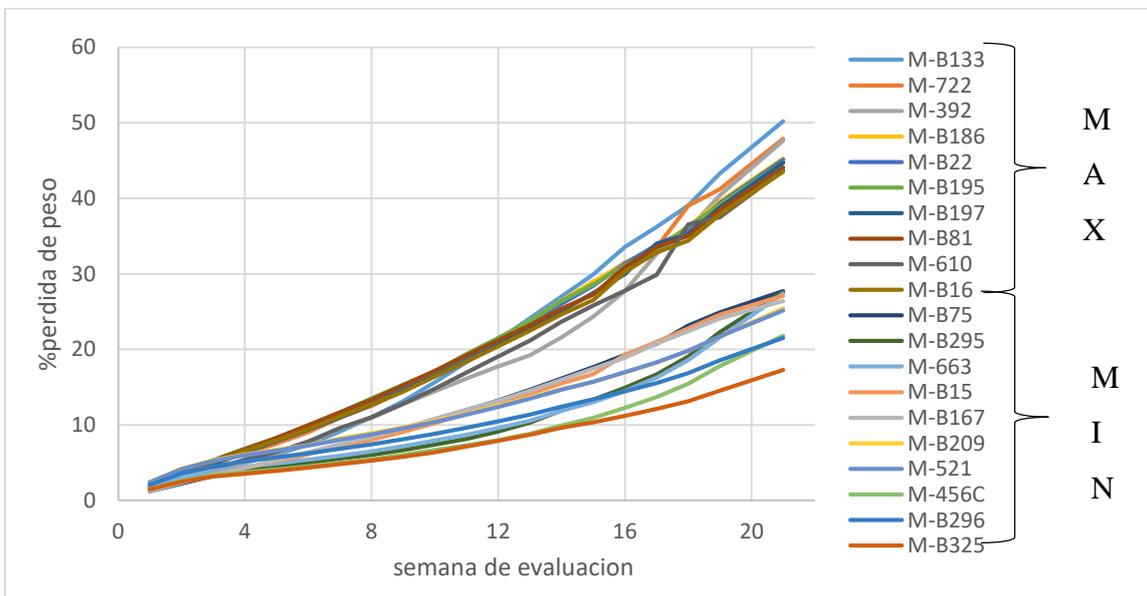


Figura 21: Variación de la pérdida de peso de las 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 2

En las figuras 22 y 23 se aprecia el cambio en la apariencia física de los tubérculos de 2 accesiones que se encuentran entre los de mayor pérdida de peso dentro del grupo 1. Por otro lado, las figuras 24 y 25 presentan dos accesiones que pertenecen a las que menos pérdida de peso dentro mostraron dentro de este grupo. Los cambios se pueden notar a simple vista. Las accesiones B133 y B197 muestran desde el inicio la presencia de brotes pequeños; en el final, presentan arrugas pronunciadas y brotes más desarrollados y ramificados. La consistencia del tubérculo en algunos casos fue blanda por la pérdida de humedad. Contrariamente las accesiones 456C y B325 presentaron arrugas poco pronunciadas y brotes cortos y poco ramificados, su consistencia en estos casos fue blanda al tacto.



Figura 22: Accesoión B133 (Shagsha pamapamachay) al inicio y al final de la evaluación



Figura 23 : Accesoión B197 (Quitipsho) al inicio y al final de la evaluación



Figura 24: Accesoión 456C (Yana tullu) al inicio y al final de la evaluación



Figura 25: Accesoión B325 (Wacuy juytu) al inicio y al final de la evaluación

4.3.3. Análisis de las accesiones con pérdida de peso superior al promedio general (Grupo 3 – PP muy alta)

El grupo representa las accesiones con muy mala capacidad de conservación. En la tabla 17 se muestran las estadísticas descriptivas y las pérdidas de peso promedio diario del grupo 3. Estos resultados se pueden atribuir a que el reposo fisiológico de este grupo finalizó antes de su almacenamiento, ya que en su mayoría presentaron al menos un brote emergido. Adicionalmente, se puede considerar que presentaron mayor madurez fisiológica respecto a las accesiones de los grupos 1 y 2 por el periodo que se mantuvieron en campo; esto influyó en el incremento de su tasa de respiración, gasto de energía y humedad.

La pérdida de peso semanal se inició con 3.32% en la semana 1 y aumentó hasta la semana 8 con un promedio de 1.93% semanal. Luego, la pérdida de peso aumentó en promedio 2.35 % semanal desde la semana 9 (18.91%) hasta la semana 15 (33.3%). Finalmente, la pérdida de peso semanal se muestra muy superior llegando a perder más del 50 % de su peso inicial en su última evaluación. La pérdida de peso diario en cada semana es descendente desde la semana 1 hasta la semana 5 y posteriormente aumenta hasta el final de la evaluación con pérdidas diarias de 0.56 en la última semana.

En este caso la capacidad de almacenamiento es muy limitada. Teniendo en cuenta la factibilidad económica se recomienda su pronta comercialización después de su cosecha. Considerando un máximo de pérdida de peso del 10%, se recomienda no exceder un mes (4 semanas) de almacenamiento en un ambiente con luz difusa en la costa central.

Tabla 17: Estadísticas descriptivas semanales de accesiones con muy alta pérdida de peso (grupo 3)

Semana	Pérdida de peso (%) diario	Pérdida de peso (%) acumulado	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1	0.47	3.32	1.06	2.15	5.57
2	0.36	5.81	1.77	3.78	9.54
3	0.28	7.81	2.14	5.34	12.10
4	0.24	9.52	2.32	7.00	14.03
5	0.24	11.19	2.59	8.64	17.16
6	0.26	13.01	2.99	10.36	20.41
7	0.28	14.95	3.44	11.36	23.72
8	0.27	16.83	3.91	12.48	26.97
9	0.30	18.91	4.39	13.70	30.39
10	0.32	21.16	4.99	15.00	33.96
11	0.34	23.52	5.56	16.37	37.68
12	0.34	25.87	6.06	17.84	41.08
13	0.35	28.30	6.63	19.35	45.00
14	0.38	30.94	7.17	21.17	49.10
15	0.34	33.30	7.67	22.56	52.13
16	0.47	36.61	8.58	24.16	57.58
17	0.35	39.03	8.98	25.70	60.96
18	0.31	41.17	9.06	27.83	64.46
19	0.50	44.68	10.00	30.54	69.91
21	0.56	50.28	11.19	34.98	78.77

El grupo 3 presenta 20 accesiones de las cuales existen aquellos que muestran pérdidas significativamente superiores al promedio. En la figura 26 se presenta las pérdidas de peso máximas, mínimas y promedio, también se observa una línea de tendencia lineal en el promedio que muestra la ecuación $y = 2.2956x - 0.4078$ y un R^2 de 99%. Esta ecuación indica que la pérdida de peso aumentará en 2.29 por cada semana transcurrida. El coeficiente de determinación (R^2) es muy cercano a uno, lo cual indica que este modelo es confiable al 99% para hacer la predicción de pérdida de peso de este grupo.

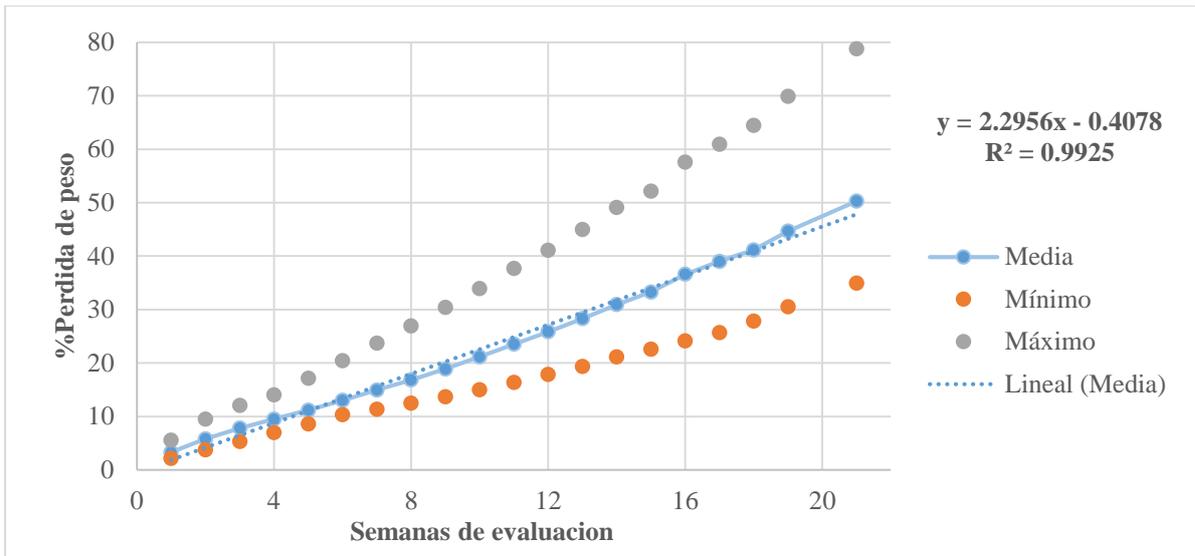


Figura 26: Porcentaje de Pérdida de peso semanales de las medias, máximos y mínimos del grupo 3

De las accesiones que presenta este grupo, hay algunas que presentan excesiva pérdida de peso; es decir, la velocidad de pérdida de agua es elevada lo cual indica una pésima capacidad de conservación en términos generales. Esto, según Navarre y Pavek (2014), Inostroza y Mendez (2008) y Egúsqiza (2014) esta atribuido a las condiciones de almacenamiento, estado de maduración, tasa respiratoria y su respuesta varietal.

En la figura 27 se muestra la respuesta al almacenamiento de las accesiones del grupo 3; se aprecia que algunas accesiones tuvieron pérdidas menores al 50% en la última evaluación; sin embargo, esto sucede ya que el agrupamiento estadístico muestra respuestas similares entre ellos. Sin embargo, como se mencionó, hay resultados extremos como las accesiones B11 y B132 que perdieron 78.7% y 69.1 % (respectivamente) de su peso inicial al final de la evaluación.

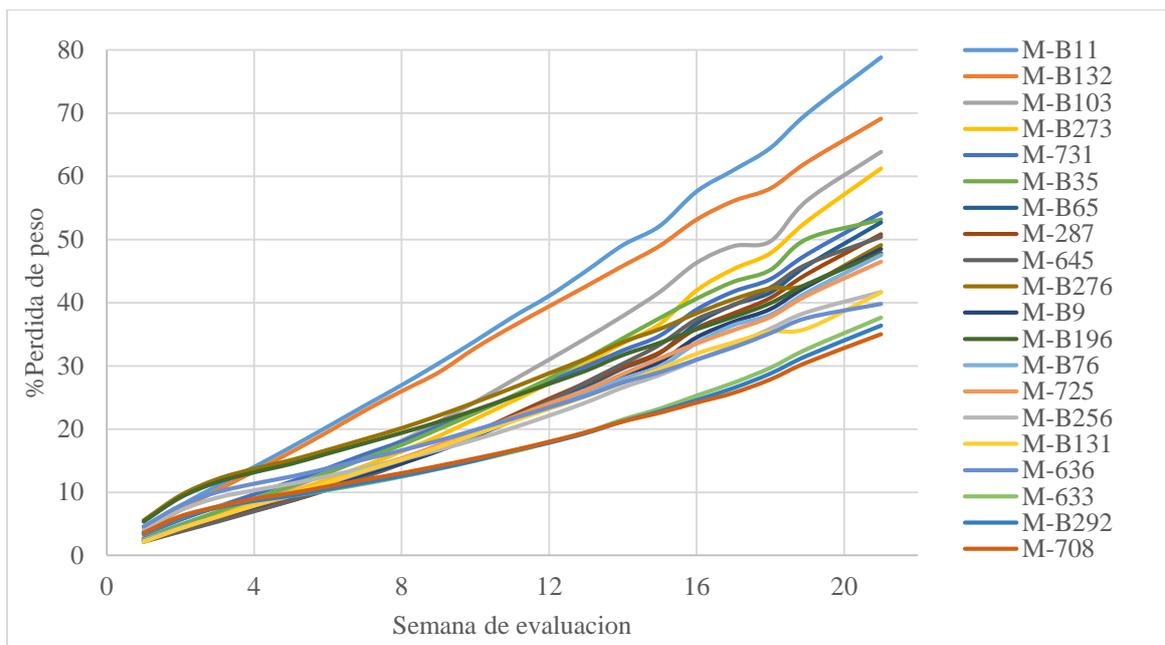


Figura 27: Variación de la pérdida de peso de 10 accesiones con mayor y menor pérdida de peso dentro del Grupo 3

En las figuras 28, 29, 30, 31 se presenta las diferencias de apariencia de 4 accesiones al inicio y al final de las evaluaciones. Las diferencias físicas son muy notorias, presentan arrugas fuertemente marcadas, brotes desarrollados y ramificados en su mayoría. En estos casos se pudieron encontrar tubérculos muy blandos, pero también varios que presentaron una consistencia dura y rígida debido a que su contenido de humedad había bajado drásticamente. En algunos casos estas condiciones pueden agravarse por presencia de una pudrición seca como se dio en el caso de la accesión B35. En varias accesiones al inicio de la evaluación los tubérculos ya se encontraban brotados y las condiciones de temperatura favorecieron para el desarrollo de estas tal como lo menciona Yupanqui (1978) y con ello contribuyeron a una mayor pérdida de humedad por la mayor superficie de transpiración.



Figura 28: Accesoión B11 (Amarilla yema de huevo) al inicio y al final de la evaluación



Figura 29: Accesoión 132 (Rampi) al inicio y al final de la evaluación



Figura 30: Accesoión B35 (Rampi) al inicio y al final de la evaluación



Figura 31: Accesoión 725 (Pacla) al inicio y al final de la evaluación

4.4. Caracterización de brotes

4.4.1. Forma de los brotes

Las formas corto cónicas y largo cónicas fueron las de mayor frecuencia (41.48% y 38.59% respectivamente). Las formas largo, bulboso y muy largo se mostraron con significativa menor frecuencia (19.9%). En la figura 32 se grafica el número de accesiones y frecuencias en barras de las formas encontradas.

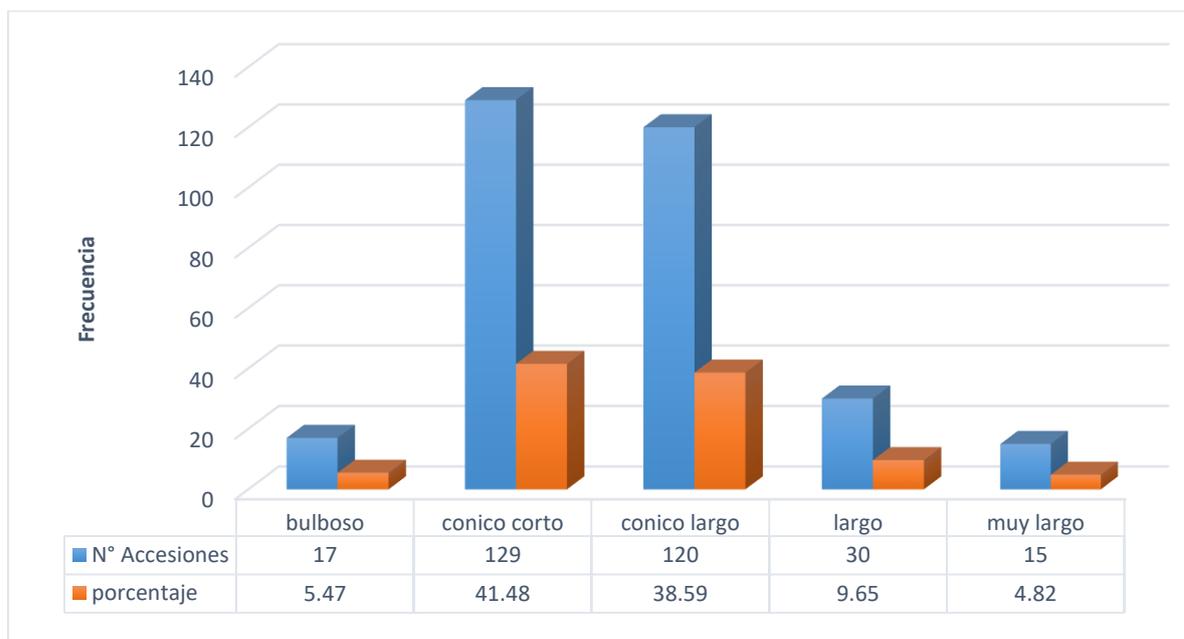


Figura 32: Formas del brote presentes en las papas nativas del BGR

4.4.2. Color Principal de los brotes

En el color principal del brote se mostraron en mayor proporción los colores morado (33.12%), vino tinto (32.15) y Negruzco (29.9); mientras que en menor proporción se mostraron los colores marrón y crema (4.8%). En la figura 33 se puede observar en gráfico de barras con las frecuencias de los colores principales de los brotes.

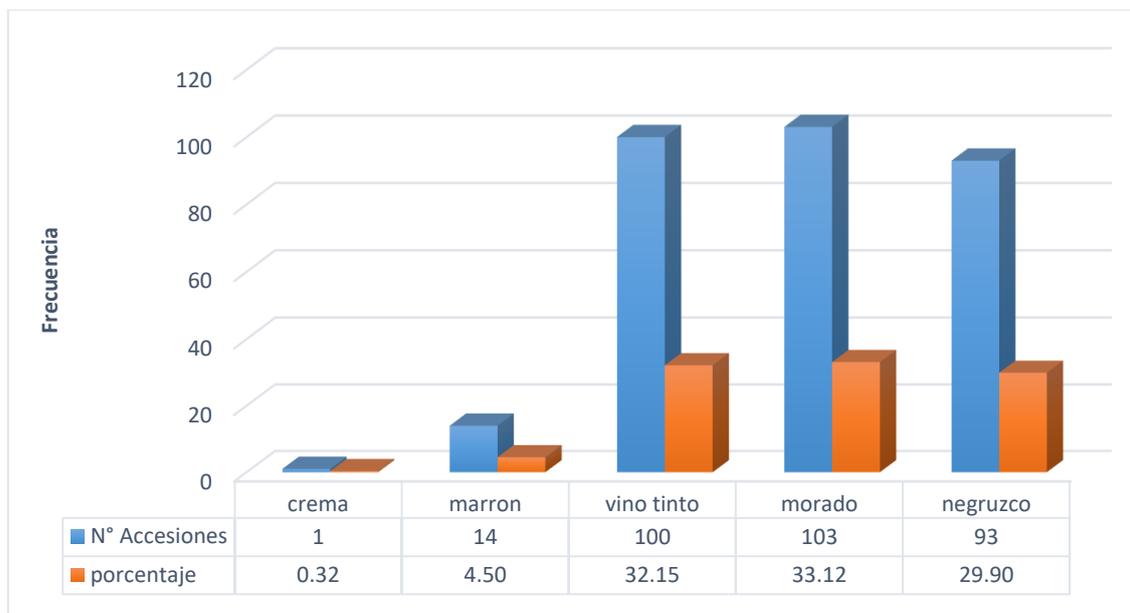


Figura 33 : Colores principales de los brotes en las papas nativas del BGR

4.4.3. Color secundario de los brotes

Como se puede apreciar en la figura 34, un mayor porcentaje de brotes (74.9%) de las papas nativas no presentaron un color secundario. Los brotes que presentaron un color adicional solo lo tuvieron en los nudos donde empiezan a desarrollarse yemas secundarias y fueron de color crema.

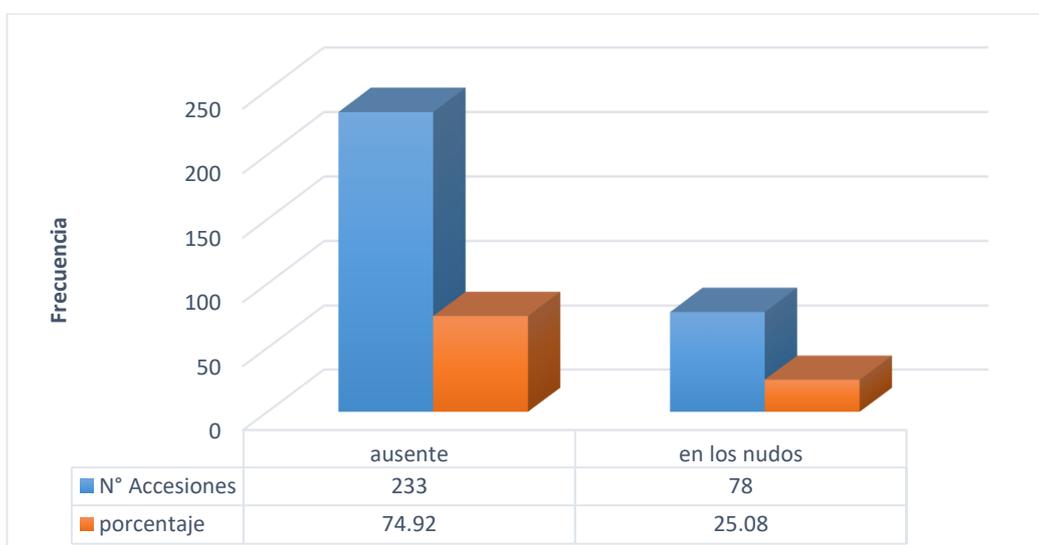


Figura 34: Presencia de color secundario en los brotes de las papas nativas del BGR

4.4.4. Pubescencia en los brotes

Con la pubescencia en los brotes se observó que hubo una gran proporción presento pubescencia escasa (53%); mientras que hubo también, aunque en menor proporción, pubescencia abundante y brotes sin pubescencia con la misma frecuencia (23,47%). En la figura 35 se puede observar un gráfico de barras de la presencia de pubescencia en los brotes.

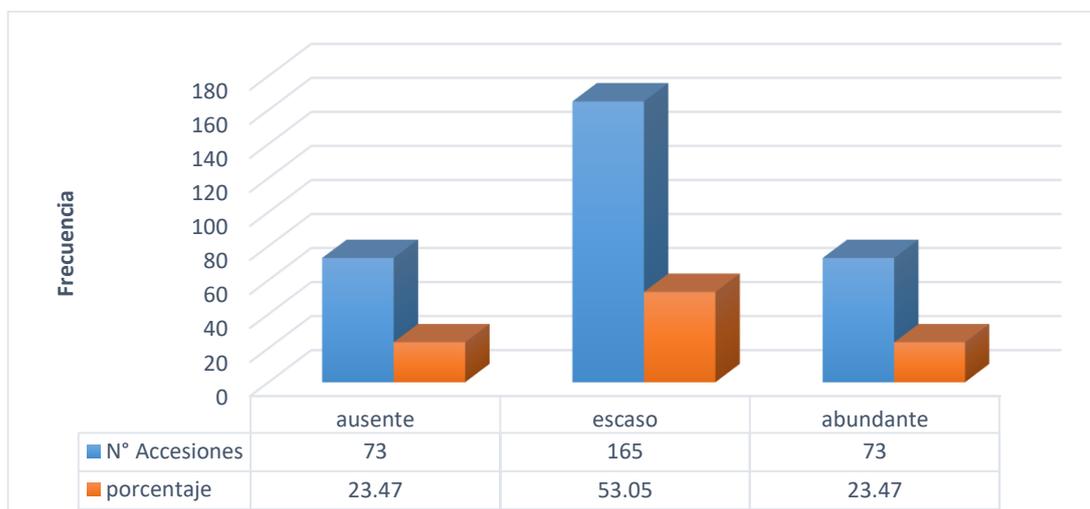


Figura 35 : Presencia de pubescencia en los brotes de las papas nativas del BGR

4.4.5. Ramificación de brotes

Los brotes presentaron ramificación en gran porcentaje de accesiones (80.06%) mientras que solo un 19.9% del total de accesiones presentaron brotes sin ramificación. En la figura 36 se puede observar el gráfico de barras de la ramificación de los brotes del número y porcentaje de accesiones con y sin ramificación de los brotes.

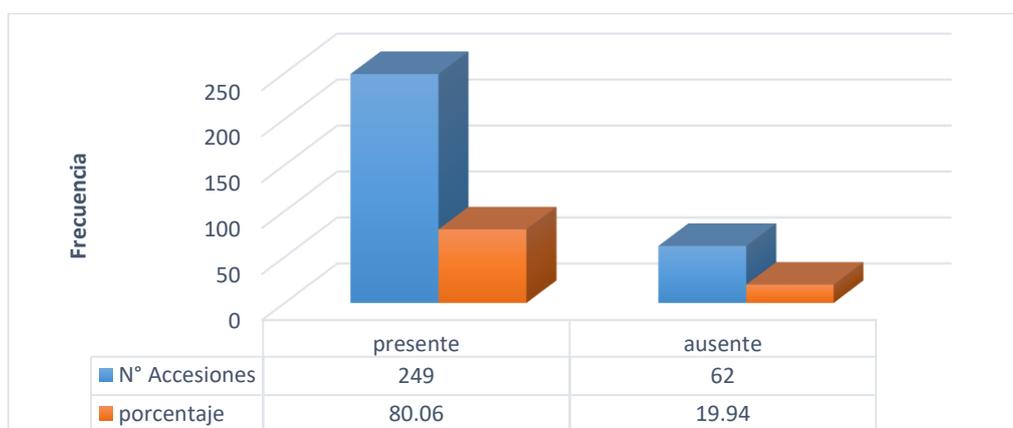


Figura 36: Ramificación de los brotes de las papas nativas del BGR

4.5. Índice de Brotación según el agrupamiento de accesiones

En las tablas 18 y 19 se muestran las estadísticas descriptivas del número de ojos y del número de brotes por tubérculo de cada agrupamiento; con esta información disponible es posible determinar los índices de brotación. El número promedio de ojos no muestra una diferencia significativa entre los grupos, a pesar de ello, entre los valores máximos y mínimos se observa amplia variación. Por un lado, los de PP Baja (grupo 1) fueron las accesiones con menor número de ojos y número de brotes; por otro lado, los de PP muy alta (grupo 3) poseen más ojos y mayor número de brotes emitidos.

Tabla 18: Estadísticas descriptivas del número de ojos por tubérculo de los grupos evaluados

Grupo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1 Baja	8.672	2.415	4.333	17.000
2 Alta	9.432	3.338	4.667	29.333
3 Muy alta	9.767	2.570	6.000	15.333
Total	9.06	2.867	4.333	29.333

Tabla 19: Estadísticas descriptivas del número de brotes por tubérculo de los grupos evaluados

Grupo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1 Baja	3.372	1.774	1	11
2 Alta	4.349	2.004	1	12
3 Muy alta	4.958	1.645	2	7.667
Total	3.882	1.94	1	12

En la tabla 20 y figura 37 se muestran las estadísticas descriptivas y el gráfico de cajas del índice de brotación de los grupos evaluados. El índice de brotación promedio del total de accesiones fue de 43.39% en condiciones de luz difusa. En condiciones similares, Altamirano (2016) obtuvo un valor de 55.04 % en promedio de cinco variedades. Las accesiones con PP muy alta tuvieron un mayor índice de brotación. Este grupo fue el que en promedio tuvo un mayor número de brotes por ojos del tubérculo, lo cual indica una relación directa entre la pérdida de peso y el índice de brotación. Dentro de la amplia variación

observada, hubo casos puntuales como en el grupo 2 donde la accesión B112 (Alga mancañahui) mostro un índice de brotación del 100 %.

Tabla 20: Estadísticas descriptivas del índice de brotación de los tubérculos de los grupos de evaluación

Variable	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1 Baja	39.61	17.62	8.57	88.24
2 Alta	46.85	15.39	12.00	100.00
3 Muy alta	51.43	16.37	32.43	80.95
Total	43.396	17.085	8.571	100

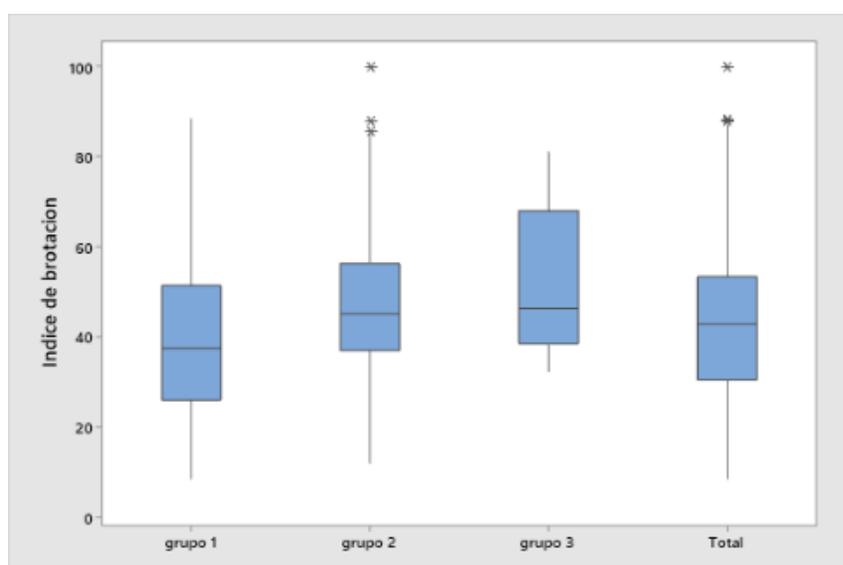


Figura 37: Gráfico de cajas del índice de brotación de los grupos de evaluación y el total

4.6. Peso fresco total de brotes según el agrupamiento de accesiones a los cinco meses de almacenamiento

En la tabla 21 se presenta las estadísticas descriptivas de los pesos frescos de brotes promedio por tubérculo a los 153 días de almacenamiento. En total se obtuvo un peso de brotes de 3.14 gr los cuales son bajos comparados con los obtenidos por Altamirano (2016) que obtuvo 7.7 gr en promedio. La mayoría de tubérculos en estas condiciones (luz difusa) tienden a no ser de gran tamaño y peso. Se observa en los resultados que no hay una diferencia significativa entre las medias de los grupos. La distribución de los resultados se aprecia en el gráfico de

cajas de la figura 38. Se puede observar que hay un caso puntual que llego a 10.13 gr en el segundo grupo.

Tabla 21: Estadísticas descriptivas del peso fresco de brotes promedio por tubérculo de los 3 Grupos

Grupo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1 Baja	3.078	1.549	0.830	7.740
2 Alta	3.260	1.607	0.743	10.135
3 Muy alta	2.880	1.795	0.367	7.655
Total	3.1415	1.5883	0.3667	10.135

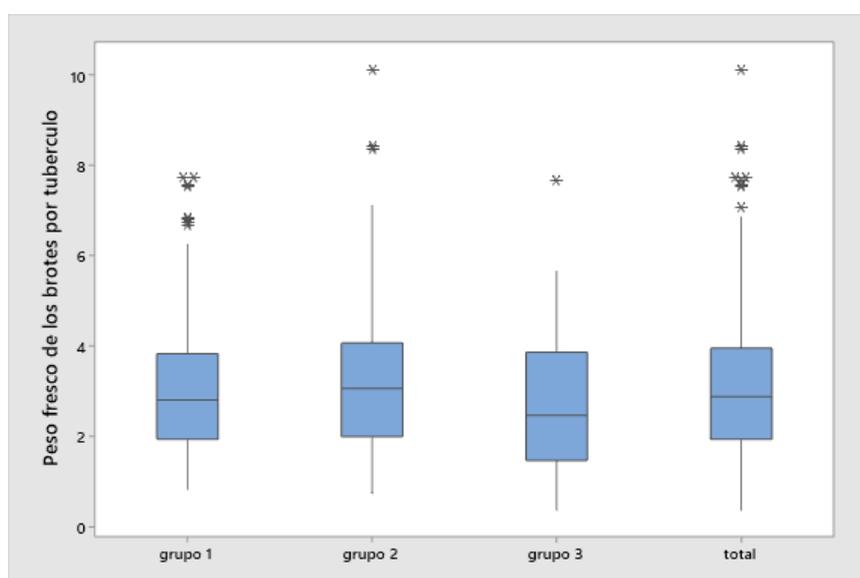


Figura 38: Grafica de caja del peso fresco de brotes de los tres grupos y el total

4.7. Porcentaje de pérdida de peso por brotación según el agrupamiento de accesiones

La pérdida de peso por brotación mostró alta variación atribuida a las características propias de las variedades al peso. En general, los brotes de los tubérculos se mantuvieron cortos, con bajos porcentajes de agua, sin demandar altos niveles de translocación de agua y nutrientes, debido a que la luz inhibe la elongación de entrenudos.

En la tabla 22 se presenta las estadísticas descriptivas del porcentaje de la pérdida de peso por brotación. Se observa que en promedio el grupo 1 es el que tiene mayor porcentaje de pérdida por brotación, es decir, en este grupo el 20.7% de pérdida de peso se debe a la emisión de brotes. El grupo 3 fue el que menos peso perdió por la brotación, esto quiere decir que la mayor pérdida de peso de este grupo fue por la pérdida de agua (a través de su

superficie) durante el almacenamiento. Se puede decir que aquellos tubérculos que tienen mayor número de ojos y brotes no necesariamente son aquellos que tienen mayor pérdida de peso en el almacenamiento. En condiciones similares, Altamirano (2016) obtuvo que la variedad que más peso perdió (Tumbay) luego de 5 meses de almacenamiento fue la que menor pérdida de peso por brotación tuvo.

El valor máximo del grupo 1 y el valor mínimo del grupo 2 corresponden a casos puntuales alejados de su promedio grupal, B265 (Ganto juytu) y 392 (Añaspa uman) respectivamente. Esto se puede apreciar mejor en el gráfico de cajas de la figura 39. En la caja total se puede apreciar que la mayor cantidad de accesiones tiene un porcentaje de pérdida de peso por brotación entre 14.8 y 22.

Tabla 22: Estadísticos descriptivos de la pérdida de peso por brotación de los 3 Grupos

Grupo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
1 Baja	20.785	4.651	8.689	39.503
2 Alta	17.175	5.000	2.086	29.211
3 Muy Alta	10.543	4.407	1.472	17.784
Total	18.617	5.502	1.472	39.503

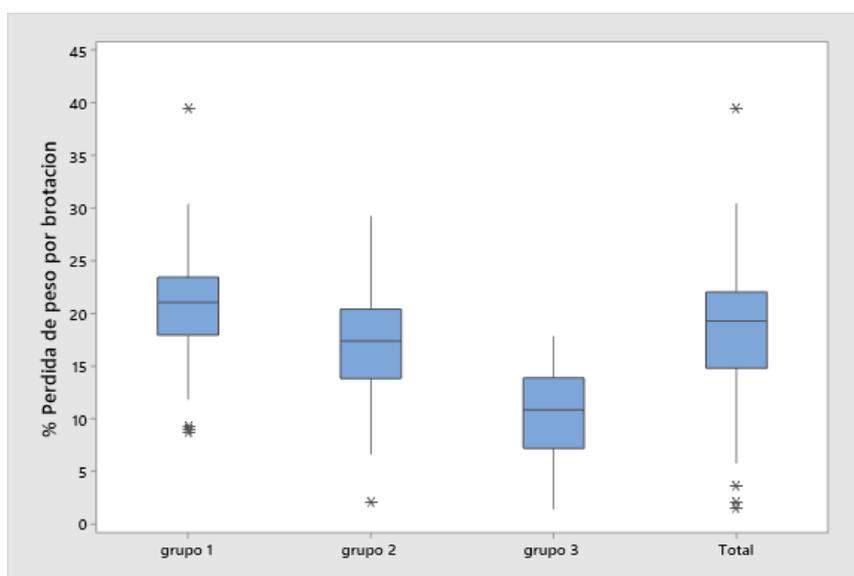


Figura 39: Gráfica de caja del % Perdida por brotación de los tres grupos y el total

4.8. Análisis de correlación de variables numéricas

En la tabla 23 se observa la matriz de correlaciones entre el porcentaje de pérdida de peso, índice de brotación, el peso de brotes del tubérculo, y el número de ojos del tubérculo de las 311 accesiones.

Tabla 23: Matriz de Correlaciones entre la Pérdida de Peso y el Número de Ojos, Índice de Brotación y Peso de Brotes

	% Pérdida de peso	índice de brotación	Peso de brotes	Nº Ojos
% Pérdida de peso	1	0.276***	0.100 ^{ns}	0.15**
índice de brotación		1	0.139*	-0.102 ^{ns}
Peso de brotes			1	0.198***
Nº Ojos				1

(^{ns}) No significativa; (*) Significativa; (**) Medianamente significativa; (***) Altamente significativa

4.8.1. Relación entre la pérdida de peso y el número de ojos de los tubérculos

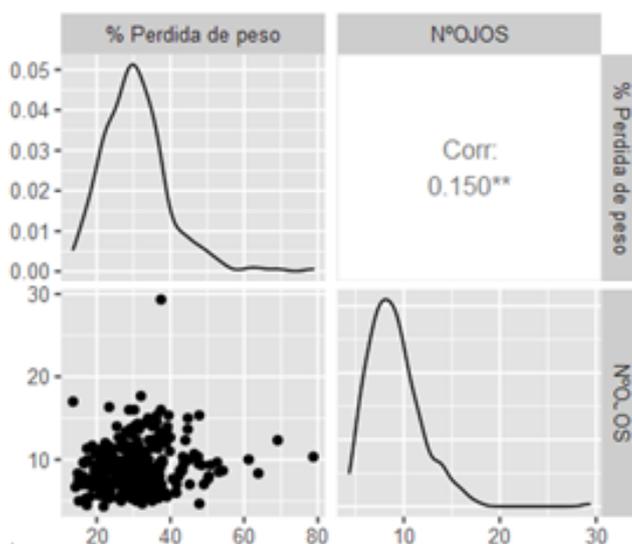


Figura 40: Dispersión de los valores de pérdida de peso, número de ojos y de la relación entre ambas características

En la figura 40 se muestra la dispersión de los valores de la pérdida de peso, número de ojos y de la relación entre ambas características. Existe una correlación significativa entre el número de ojos y el % pérdida de peso de los tubérculos. La relación entre la pérdida de peso y el número de ojos de los tubérculos se aprecia igualmente en la tabla 24 que muestra la variación de la pérdida de peso durante 5 meses de todas las muestras distribuidas por el

rango de valores del número de ojos. La pérdida de peso general por mes se observa que en general el primer mes es de 4.519%, en el segundo mes es de 8.493% y en el tercer mes es cuando la pérdida de peso se incrementa exponencialmente hasta llegar al quinto mes.

En los dos primeros grupos, con 146 accesiones (46.94%), observamos los tubérculos que tienen menor número de ojos (4-8 ojos) y son unos de los que presentaron menor porcentaje de pérdida de peso; los tres siguientes grupos con mayor número de ojos (8-14 ojos), con 152 accesiones (48.87%), presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso. Luego, las accesiones con 14 ojos a más son las que mayor pérdida de peso tuvieron con la notable excepción de 2 accesiones que siempre presentaron menor pérdida de peso aun cuando tienen más ojos (16-18). Estas dos accesiones son la 36 y B289. La accesión 36 es la que menor peso perdió durante toda la evaluación con 13.59% en el quinto mes aun presentando un número de ojos alto (17); sin embargo, la accesión B289 (Chinchis juytu) con 18 ojos presentó una pérdida de peso alta con 32.008% en el quinto mes. Finalmente, solo la accesión B200 (Puca chinchis) presentó 29 ojos y una pérdida de peso alta desde el primer mes hasta la última evaluación.

Tabla 24: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por su número de ojos promedio

N° ojos	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
4-6	49	4.173	7.448	11.963	18.340	29.536
6-8	97	3.541	6.893	11.594	18.261	28.852
8-10	88	4.455	8.576	14.035	21.295	31.876
10-12	44	4.368	8.309	13.415	20.142	30.363
12-14	20	4.797	9.095	14.752	21.976	33.201
14-16	10	6.295	11.009	17.251	25.036	35.861
16-18	2	3.512	6.764	10.640	15.234	22.801
28-30	1	5.007	9.849	16.806	25.825	37.462
total	311	4.519	8.493	13.807	20.764	31.244

4.8.2. Relación entre la pérdida de peso de los tubérculos y el índice de brotación

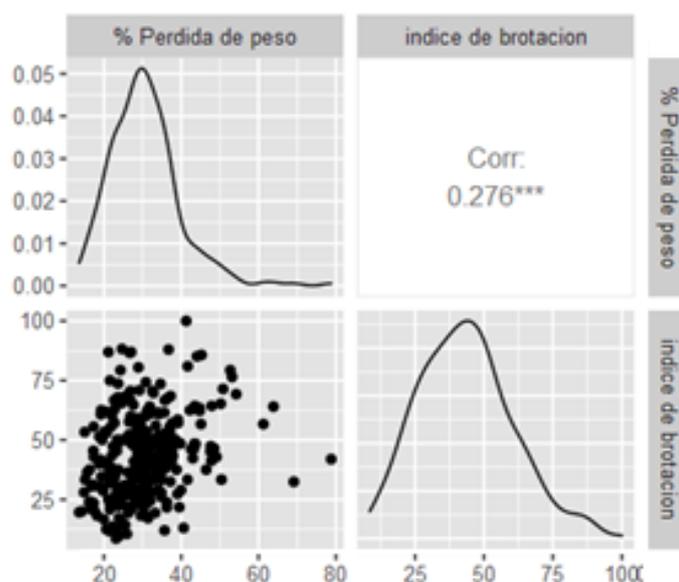


Figura 41: Dispersión de los valores de pérdida de peso, Índice de Brotación y de la relación entre ambas características

En la figura 41 y tabla 25, se presenta los porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por el índice de brotación las cuales explican el resultado de correlación altamente significativa entre el índice de brotación y el % pérdida de peso de los tubérculos. En general, se puede afirmar que la pérdida de peso será mayor cuando mayor es el índice de brotación. En la tabla 25 se puede observar a dos accesiones que tienen menos de 10% del índice de brotación y tienen menor pérdida de peso en promedio desde el inicio, estas son las accesiones 632 (Shulu warmi) y B166 (Yana shagsha tarma).

El índice de brotación es dependiente del grado de dominancia apical de los brotes, se aprecia que la dominancia apical finaliza mayormente a partir del segundo mes que es cuando incrementa la pérdida de peso cada mes en promedio. En el caso de las accesiones con hasta 30% de índice de brotación, la pérdida de peso hasta el tercer mes es razonable para su comercialización. El último grupo solo presento una accesión la cual fue del 100% y presento una pérdida de 41.286% en la última evaluación, esta accesión es la B112 (Alga mancañahui).

Tabla 25: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por el índice de brotación

Índice de brotación (%)	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
8-10	2	3.450	6.556	10.661	16.024	23.524
11-20	21	3.231	6.340	10.349	15.925	24.869
21-30	52	3.360	6.569	10.939	17.253	27.410
31-40	63	3.945	7.434	12.075	18.328	28.681
41-50	80	4.867	8.918	14.455	21.911	33.460
51-60	41	4.089	7.788	12.840	19.827	30.319
61-70	31	4.699	9.025	14.906	22.539	33.987
71-80	11	4.904	9.857	16.216	24.082	34.561
81-90	9	4.634	8.746	14.327	21.981	32.915
91-100	1	6.848	13.367	21.376	30.812	41.286
total	311	4.403	8.460	13.814	20.868	31.101

4.8.3. Relación de la pérdida de peso de los tubérculos y del peso de brotes

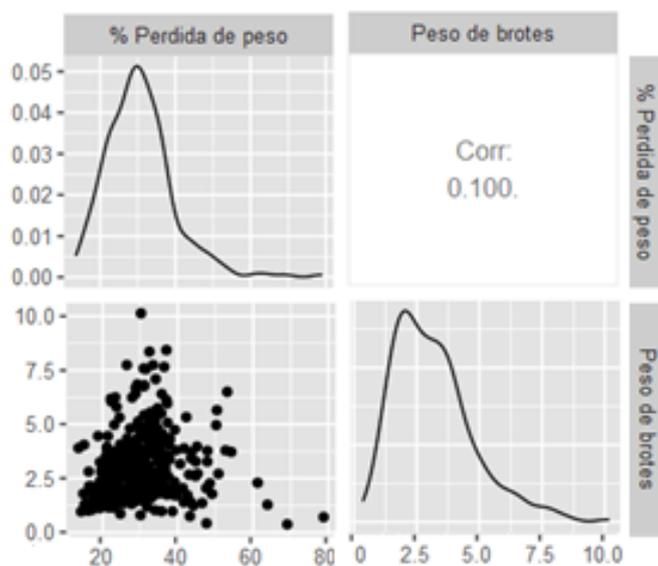


Figura 42: Dispersión de los valores de pérdida de peso, peso de brotes y de la relación entre ambas características

El peso de los brotes no presentó una correlación significativa con la pérdida de peso de los tubérculos. En la figura 42 y tabla 26, se observa los porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por el rango de valores presentados

por el peso de brotes por tubérculo. Aunque 81 accesiones (26,04%) con pesos de brote de hasta 2.0 gramos presentaron menor pérdida de peso, no es posible afirmar que el mayor peso de brotes significa mayor pérdida de peso.

Tabla 26: Porcentajes de pérdidas de peso mensuales observados en las 311

Accesiones distribuidas por el rango de valores presentados por el Peso de Brotes

Peso de brotes	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
0-2	81	4.436	8.367	13.354	19.806	29.251
2-4	155	4.110	7.780	12.774	19.626	30.474
4-6	54	4.133	7.875	13.160	20.501	32.168
6-8	18	3.814	7.418	12.572	19.847	31.290
8-10	2	4.146	8.538	14.599	22.917	34.711
10-12	1	6.683	9.817	14.051	19.837	30.211
total	311	4.554	8.299	13.418	20.422	31.351

4.9. Análisis de variables categóricas

4.9.1. Pérdida de peso y el color de piel

La prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Tabla 27) y la prueba de comparación de medias de Dunn (Tabla 28) no mostraron diferencias significativas entre los porcentajes de pérdida de peso entre el total de accesiones con diferentes colores de piel. Las diferencias entre el número de muestras y el grado de dispersión de resultados explicarían la falta de significación estadística.

Tabla 27: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis del Color de Piel de los tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de Peso

Color de piel	blancos	amarillos	rojizos	oscuros	bicolores
Promedio	26.8	32.3	30.7	29.1	30.7
mediana	26.6	28.4	29.4	29.9	30.7
prueba de comparación Kruskall - Wallis					
	statistic (χ^2)	3.45	p-value	0.485	
	nivel significativo	0.05	Signif.	ns	

Tabla 28: Prueba de Comparación Múltiple de Dunn de los Colores de Piel de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso

Comparación	Diferencia	pvalue	Signif.
amarillo - bicolor	-1.867	0.916	ns
amarillo - blanco	45.267	0.142	ns
amarillo - oscuros	9.425	0.663	ns
amarillo - rojizos	-0.921	0.965	ns
bicolor - blanco	47.133	0.08	ns
bicolor - oscuros	11.292	0.469	ns
bicolor - rojizos	0.946	0.949	ns
blanco - oscuros	-35.841	0.226	ns
blanco - rojizos	-46.188	0.113	ns
oscuros - rojizos	-10.346	0.589	ns

En la tabla 29 se muestra el porcentaje de pérdida de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidas por color de piel. A nivel de promedios se observa que en todos los meses las accesiones de piel blanca mostraron menor pérdida de peso y que las de piel amarilla fueron las que perdieron más peso.

En la figura 43 se aprecian gráficos de violín que muestran la dispersión y densidad de datos de la pérdida de peso según el color de piel del tubérculo al quinto mes. Se puede observar que las accesiones de color de piel amarillo y bicolor presentaron una mayor dispersión en la pérdida de peso y que, dentro de cada grupo de color de piel existen accesiones con pérdidas de peso extremos.

Aun cuando no es posible generalizar que las accesiones con determinado color de piel presentan mayor o menor pérdida de peso, los resultados muestran que dentro del germoplasma estudiado y, especialmente, entre las accesiones con piel blanca, rojiza, oscuras y bicolors, se presentan accesiones con pérdidas de peso menores a 20% después de cinco meses de almacenamiento. Estas accesiones se presentan en la tabla 30.

Tabla 29: Porcentaje de Pérdida de Peso Mensuales observados en las 311 Accesiones distribuidas por el color de piel

color de piel	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
1 blanco	12	3.506	6.812	11.298	17.524	26.806
2 amarillo	30	4.531	8.875	14.541	22.013	32.334
3 rojizo	48	4.056	7.806	12.900	19.864	30.693
4 oscuro	41	4.233	7.556	12.098	18.322	29.093
5 bicolor	180	4.205	7.982	13.082	20.006	30.750
total	311	4.106	7.806	12.784	19.546	29.935

Tabla 30: Color de Piel de las Accesiones que Presentaron Perdidas de peso menores a 20% después de cinco meses de Almacenamiento

	Blancas	Rojizos	Oscuros			
	B85	B23	B48	B282	560	
	B83	B19	583	687		
Bicolores						
36	367	596	B23A	665	510	B215
B72	B253	727	B82	738	B268	B303
560A	B325	B92	B91	B107	B2	B100

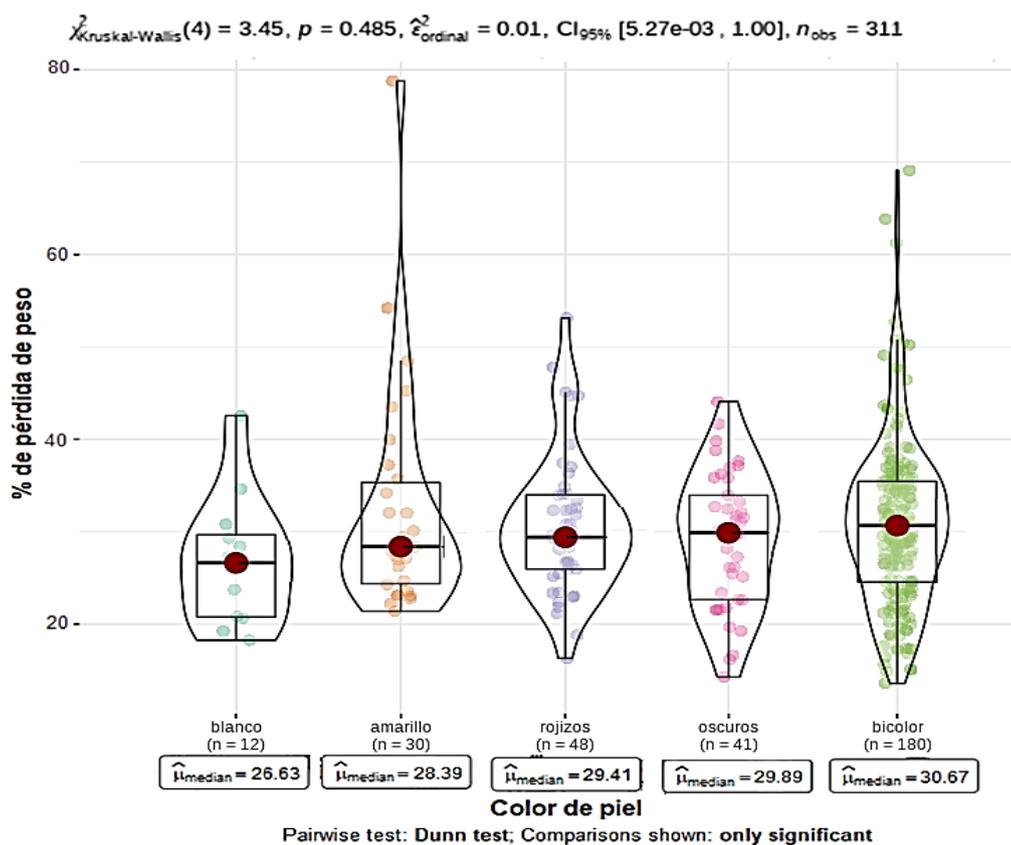


Figura 43: Gráfico de Violín del Porcentaje de Pérdida de Peso según el Color de Piel del tubérculo

4.9.2. Pérdida de peso y la forma general del tubérculo

La prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Tabla 31) no mostró diferencias significativas entre los porcentajes de pérdida de peso y el total de accesiones con diferente forma general.

Tabla 31: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis de la Forma General de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso

forma general	redondeada	alargada	
promedio	30.3	30.9	
mediana	29.2	30.8	
prueba de comparación Kruskall - Wallis			
statistic (χ^2)	2.93	p-value	0.0869
nivel significativo	0.05	Signif.	ns

En la tabla 32 se muestra el porcentaje de pérdida de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidos por la forma general de sus tubérculos. A nivel de promedios generales en los 3 primeros meses las accesiones con forma redondeada mostraron una menor pérdida de peso que las accesiones de forma alargada.

En la figura 44 se muestra un gráfico de violín que muestra la dispersión y densidad de datos de los porcentajes de pérdida de peso según la forma general del tubérculo al quinto mes. Se puede observar que las accesiones con forma redondeada presentan una mayor dispersión en su pérdida de peso y que existen accesiones con pérdidas de peso extremos.

Aun cuando no es posible generalizar que las accesiones con determinada forma presentan mayor o menor pérdida de peso, los resultados muestran que existen accesiones con pérdidas de peso menores a 20% después de cinco meses de almacenamiento (tabla 33).

Tabla 32: Porcentaje de Pérdida de Peso mensuales observados en las 311 Accesiones distribuidas por la Forma General de sus tubérculos

forma general	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
1 redondeada	181	3.859	7.696	12.841	19.933	30.285
2 alargada	130	4.652	8.279	13.212	19.757	30.855
total	311	4.255	7.987	13.027	19.845	30.570

Tabla 33: Forma General de las Accesiones que presentaron perdidas de peso menor a 20% después de cinco meses de almacenamiento

Redondeados						
B48	B2	B303	B82	727	B83	738
B72	583	367	B85	B19	687	B107
560A	B23	B100	596	B92	665	560
		B91		B23A		
Alargados						
36	510	B282	B253	B325	B268	B215

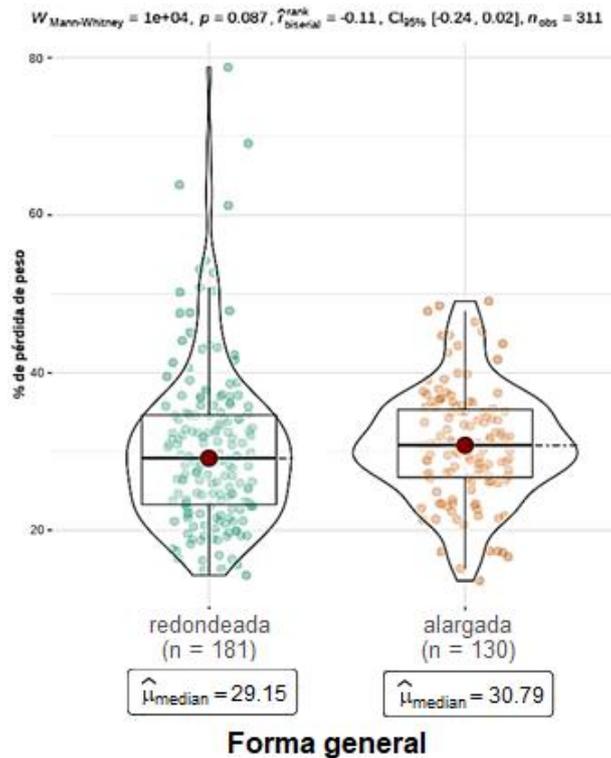


Figura 44: Gráfico de Violín del porcentaje de pérdida de peso según la forma general del tubérculo

4.9.3. Pérdida de peso y el color de pulpa

La prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Tabla 34) no mostró diferencias significativas; sin embargo, la prueba de comparación múltiple de Dunn (Tabla 35) mostró diferencias significativas entre los porcentajes de pérdida de peso de las accesiones con pulpa amarilla y pulpa blanca. Esto indica que los tubérculos con pulpa amarilla presentan una mayor pérdida de peso comparado con los de pulpa blanca.

Tabla 34: Promedios y Medianas de la Pérdida de Peso y Prueba de Comparación Kuskall – Wallis del Color de Pulpa de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de peso

color de pulpa	blanco	amarillo	pigmentados
promedio	29.5	32.1	33.8
mediana	28.9	30.9	31.7
prueba de comparación Kruskal - Wallis			
statistic (χ^2)	4.79	p-value	0.0914
nivel significativo	0.05	Signif.	ns

Tabla 35: Prueba de Comparación Múltiple de Dunn del Color de Pulpa de los Tubérculos según su Porcentaje de Pérdida de Peso

comparación	Diferencia	p-value	Signif.
amarillo - blanco	21.4	0.0422	*
amarillo - pigmentados	-29.3	0.576	ns
blanco - pigmentados	-50.7	0.3315	ns

En la tabla 36 se muestra el porcentaje de pérdida de peso mensuales observados en las 311 accesiones distribuidos por el color de la pulpa. Se observa que la mayor cantidad de accesiones presentan pulpa de color blanca o amarilla. A nivel de promedios, las accesiones de pulpa blanca muestran una menor pérdida de peso desde el primer mes en comparación con los de pulpa amarilla y pigmentada.

En el grafico 45 se muestra un gráfico de violín que muestra la dispersión y densidad de datos de los porcentajes de pérdida de peso según el color de pulpa del tubérculo al quinto mes. Se puede observar una mayor dispersión en la pérdida de peso de los que presentan pulpa amarilla. Los tubérculos con pulpa pigmentada presentaron una menor densidad de accesiones, es por ello que no se puede afirmar estadísticamente que los de pulpa blanca presentaron menor pérdida de peso que los pigmentados.

Tabla 36: Porcentaje de Pérdida de Peso Mensual con Respecto al Color de la Pulpa de los Tubérculos Evaluados

color de pulpa	N° accesiones	% Pérdida de peso mensual				
		1	2	3	4	5
1 blancos	189	3.961	7.403	12.134	18.722	29.450
2 amarillos	119	4.501	8.727	14.294	21.606	32.144
3 pigmentados	3	6.289	10.528	15.836	22.243	33.842
total	311	4.917	8.886	14.088	20.857	31.812

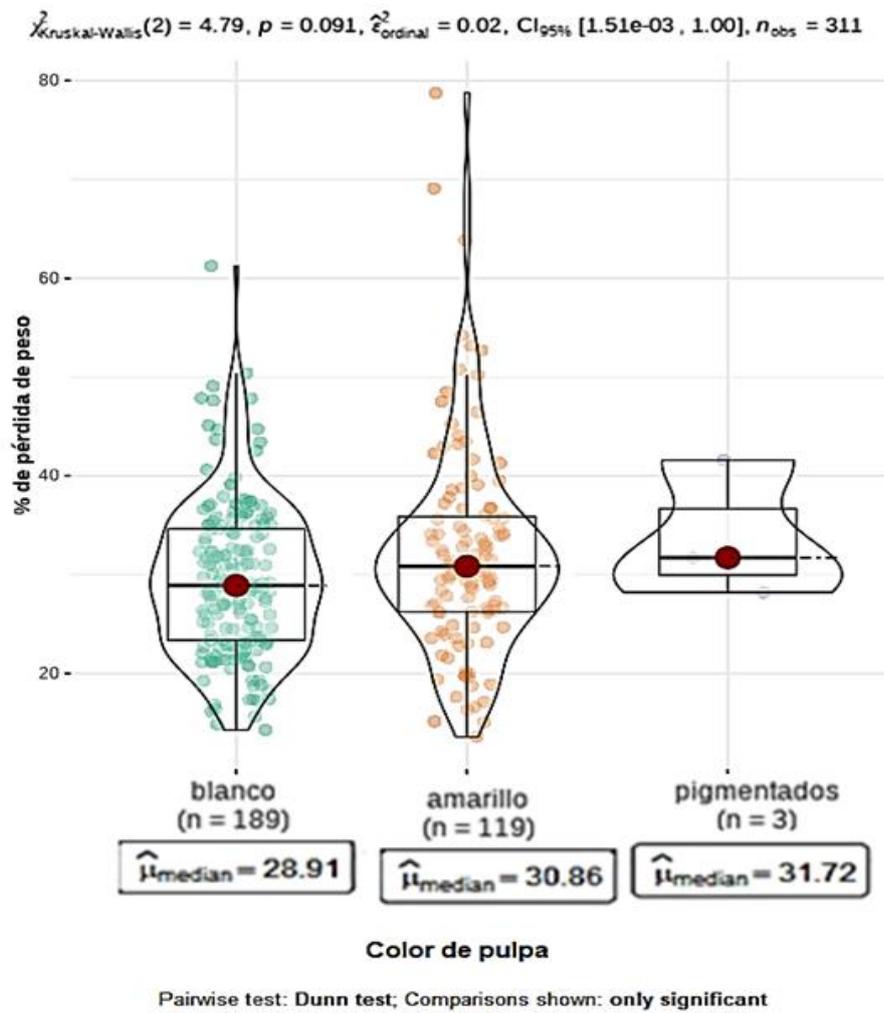


Figura 45: Gráfico de violín del porcentaje de pérdida de peso según el color de pulpa del tubérculo

V. CONCLUSIONES

En condiciones de la presente investigación, con tubérculos de papas nativas cosechadas diez meses después de su siembra, almacenadas durante cinco meses bajo luz difusa, temperaturas crecientes desde 20 °C a 25 °C y humedad relativa decrecientes desde 69 % hasta 64 %, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La pérdida de peso de los tubérculos de una colección de papas nativas muestra un amplio rango de diferencias entre las accesiones a lo largo de todo el periodo de evaluación.
2. El agrupamiento de accesiones de acuerdo a sus características de pérdida de peso permite identificar accesiones con diferente capacidad de conservación.
3. Se identificó 83 accesiones cuya pérdida de peso varió entre 13.6 a 24.8 por ciento y, en el otro extremo, a 20 accesiones que perdieron entre 34.9 hasta 78.7 por ciento de su peso en cinco meses de almacenamiento.
4. La pérdida de peso muestra correlación estadísticamente significativa con el índice brotación y el número de ojos y no así con el peso de brotes de los tubérculos.
5. Aunque en la totalidad de accesiones estudiadas, el color de piel no es una característica con la que se pueda estimar la pérdida de peso, a nivel de promedios los tubérculos con piel blanca tienden a perder menos peso y los de piel amarilla tienden a perder más peso.
6. La forma general del tubérculo en la totalidad de accesiones estudiadas no es una característica con la que se pueda estimar la pérdida de peso.
7. En la totalidad de accesiones estudiadas los tubérculos de pulpa amarilla presentarían una mayor pérdida de peso en comparación con los de pulpa blanca.
8. Es importante mencionar que las condiciones ambientales y las características del suelo influyen en las características de pérdida de peso de los tubérculos en el tiempo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar nuevas investigaciones en las que se identifique las accesiones de papas nativas de acuerdo a sus diferencias en la madurez fisiológica de sus tubérculos.
2. Realizar pruebas con los tubérculos de las accesiones que presentaron menor pérdida de peso en otras condiciones de almacenamiento.
3. Se recomienda realizar mediciones de la transpiración y actividad respiratoria de los tubérculos en post cosecha.
4. Realizar pruebas accesiones en las que se uniformice el tamaño y el grado de madurez de sus tubérculos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, S. (2016). COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE TUBERCULOS DE CINCO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) EN TRES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO. Tesis para optar al título de Ingeniero Agronomo. UNALM, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2691/J11-A48-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andina. (2020). Coronavirus: conoce el valor nutritivo de la papa peruana que fortalece el sistema inmune. Agencia peruana de noticias.
- Banse, J. (1980). Tecnicas de almacenamiento en papas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/34143/NR11922.pdf?sequence=1>
- Booth, R., y Shaw, R. (1989). Principios de almacenamiento de Papa. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Campos, C. (2014). *EFETOS DE LA FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERISITCAS BIOMETRICAS DEL CULTIVO DE PAPA VARIEDAD HUAYRO EN LA COMUNIDAD DE ARAMACHAY (VALLE DEL MANTARO)*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agronomo. UNALM, Lima, Peru. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1390/t007202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CIP. (2012). Comer papas nativas es comer nutricion. Lima, Perú.
- Crisci, C. (1992). Almacenamiento de papas. Montevideo, Uruguay. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2926/1/111219220807120127.pdf>
- Egúsquiza, R. (2014). La papa en el Peru. Lima, Peru.

- Egusquiza, R. (2015). *Catálogo de papas nativas cultivados en Huanuco (Primera ed.)*. Lima, Perú.
- FAO. (2010). *La papa un alimento con tradición, nutrición y sabor*. Guatemala: Infoagro. Obtenido de <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>
- Graves, C. (2006). *La papa, tesoro de los andes (Segunda ed.)*. Biosfera.
- Guglielmetti, H., y Gamboa, P. (1984). Cosecha de Papas. *IPA La platina*(21), 16-18.
- Gutierrez, C. (2016). *CARACTERIZACION MORFOLOGICA Y BIOMETRICA DE PAPAS NATIVAS (Solanum sp.) CULTIVADAS EN LA REGION PASCO. Tesis para optar al título de Ingeniero Agronomo*. UNALM, Lima, Peru.
- Huaman, Z. (2007). *Descriptores morfológicos de papa (Solanum tuberosum L.)*. (C. d. Tenerife, Ed.)
- Inostroza, J. (2009). *Manual de papa para la Araucanía: Manejo y plantación*. Temuco, Chile.
- Inostroza, J., y Méndez, P. (2008). *Almacenaje de papa*. Temuco, Chile. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf>
- Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., y Acuña, I. (2017). *Manual del Cultivo de papa en Chile*. (V. Kramm, Ed.) Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/10%20Manual%20Papa.pdf>
- Lira, R. (2007). *Fisiología Vegetal (Segunda ed.)*. México: Trillas.
- Maldonado, F. (2017). El Calcio y su importancia en el cultivo de papa. *Uso de Fla-Calmag 2/10. Revista Papa*, 30-31.
- MINAGRI. (23 de Mayo de 2020). *Perú se mantiene como primer productor de papa en América Latina*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/164182-peru-se-mantiene-como-primer-productor-de-papa-en-america-latina>
- MINAM. (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad (Primera ed.)*. Lima, Peru.
- Moreno, C., Andrade, M., Oña, G., Llumiyinga, T., y Concellon, A. (2015). *Efecto de la cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de las papas nativas*

(*Solanum tuberosum* L.) del Ecuador. Revista Científica Ecuatoriana, 20-26. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://revistaecuadorestabilidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestabilidad/index.php/revista/article/view/15/45>

Morillo, F. (2018). *COMPORTAMIENTO POST COSECHA DE TRES VARIEDADES DE PAPA SOLANUM TUBEROSUM L. EN DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO*. Tesis previa la obtención del título de ingeniero agroindustrial. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8062/1/03_EIA_457_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

Navarre, R., y Pavék, M. (2014). *The Potato: botany, production and uses*. UK: CPI Group.

Orena, S. (2015). Comportamiento Fisiológico de los tubérculos durante el almacenamiento. Manual Interactivo de la Papa. Obtenido de Manual Interactivo de la papa: <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumoyctn=87%0A>

Orena, S. y Santos, J. (2012). Manejo de Tubérculos-Semilla papa. Chile: INIA. Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40686.pdf>

Pinhero, R. y Yada, R. (2016). Postharvest Storage of Potatoes. En *Advances in Potato Chemistry and Technology* (Segunda ed., págs. 283-314). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128000021000108>

Ramos, Z. (2014). *Almacenes rústicos de luz difusa para guardar semilla de calidad de papa* (Primera ed.). Lima, Perú: INIA.

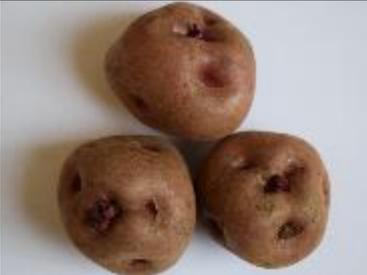
Remon, G. y Peña, R. (2018). Diversidad genética de papas nativas (*Solanum* spp.) del distrito de Vilcashuamán, Ayacucho-Perú, mediante AFLP. *Revista Peruana de Biología*, 25(3), 259 - 266 . Recuperado el 11 de agosto de 2020, de <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i3.15209>

Rodríguez, L., y Moreno, L. (2010). Factores y mecanismos relacionados con la dormancia del tubérculo de papa. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(2), 189-197. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n2/v28n2a08.pdf>

- Silvera, W. (2018). *CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LAS PAPAS NATIVAS (SOLANUM SPP.) DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, APURIMAC*. Trabajo de suficiencia profesional para optar al título de Ingeniero Agronomo. UNALM, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3360/silvera-rivera-walter.pdf?sequence=1>
- Tapia, M., y Fries , A. M. (2007). *Guia de campo de los Cultivos Andinos*. Lima: FAO y ANPE.
- Wiersema, S. (1979). *Aspectos fisiologicos del cultivo de papa*. CIP, INIA. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/33213/369_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- YARA. (2021). *Deficiencia de potasio-Patata/Papa*. Recuperado el 25 de diciembre de 2020, de *Nutricion Vegetal*: yara.com.pe/nutricion-vegetal/papa/deficiencias-patata/deficiencia-de-potasio-patata/

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Nombres de las 10 accesiones con mejor capacidad de conservación durante la evaluación (5meses) y sus respectivos porcentajes de pérdida de peso finales.

<p>B282 (PP final 16.6%) Nombre nativo: Yana piña</p>	
<p>B303 (PP final 16.4%) Nombre nativo: Añaspa uman</p>	
<p>B23 (PP final 16.3%) Nombre nativo: s/n</p>	
<p>583 (PP final 16.1%) Nombre nativo: Manca cuta</p>	

<p>B2 (PP final 15.7%) Nombre nativo: Yuracc tabardillo</p>	
<p>510 (PP final 15.2%) Nombre nativo: Chogpa blanca</p>	
<p>560A (PP final 15.0%) Nombre nativo: s/n</p>	
<p>B72 (PP final 14.9%) Nombre nativo: s/n</p>	
<p>B48 (PP final 14.3%) Nombre nativo: Jampi papa</p>	
<p>36 (PP final 13.6%) Nombre nativo: Muru piña</p>	