

Evaluación del impacto de la exposición a la luz, el empaque y tiempo de embalaje, sobre el peso y la germinación del ñame espino (*Dioscorea rotundata*) en poscosecha con fines de exportación.

Jesús Alberto Alvarado Rodríguez
Dayana Marcela Barroso Criales

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo
2019

Evaluación del impacto de la exposición a la luz, el empaque y tiempo de embalaje, sobre el peso y la germinación del ñame espino (*dioscórrea rotundata*) en poscosecha con fines de exportación.

Jesús Alberto Alvarado Rodríguez

Dayana Marcela Barroso Criales

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

Rafael Humberto Merlano Porto

Magíster en Ingeniería Industrial

Codirector

Jhonatan Andrés Rodríguez Manrique

Magíster en Ciencias Agroalimentarias.

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR

Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura

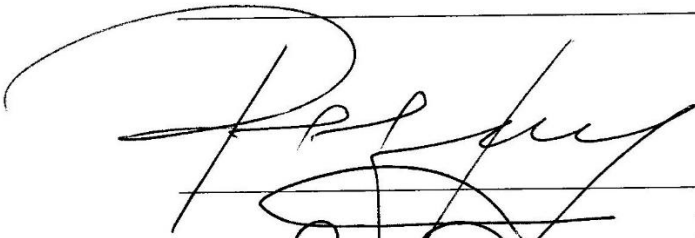
Programa de Ingeniería Industrial

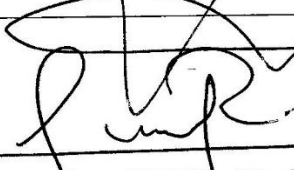
Sincelejo

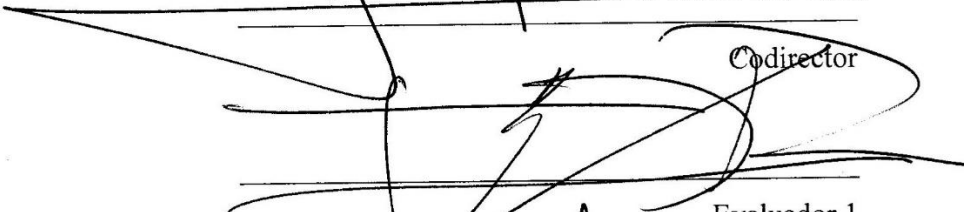
2019


Nota de Aceptación

4,37


Director


Codirector


Evaluador 1


Evaluador 2

Dedicatoria

A nuestro Dios, proveedor de sabiduría durante toda nuestra trayectoria académica, quién nos permitió avanzar hasta este punto tan anhelado, a nuestros padres, por su amor y apoyo incondicional, quienes forjaron nuestro camino y cuyo esfuerzo es hoy recompensado y finalmente, a todos nuestros profesores, quienes supieron transmitir su valioso conocimiento para enriquecer nuestra formación como ingenieros industriales.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, por su infinito amor, por proveer fuerzas nuevas cada que sentimos desfallecer, por regalarnos la tan preciada oportunidad de formarnos profesionalmente y llegar a la culminación de este proyecto. A nuestros padres, pilares fundamentales de nuestra vida, sin ellos este logro no hubiera sido posible.

Aprovechamos también, para extender nuestro agradecimiento a la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, por brindarnos los equipos necesarios en nuestra etapa experimental y permitirnos el uso del laboratorio de Bioprocesos de la corporación. asimismo, agradecemos al ingeniero Raúl Mogollón Suarez por su entera disposición y colaboración durante la misma.

Por último, agradecemos a nuestro director y codirector Rafael Humberto Merlano Porto y Jhonatan Andrés Rodríguez Manrique, por su guía e invaluable acompañamiento a lo largo de este camino.

Tabla de Contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción	13
1. Marco referencial.....	15
1.1 Generalidades del ñame	15
1.1.1 Descripción de la planta.....	15
1.1.2 Valor nutricional del ñame.....	16
1.1.3 Variedades de ñame.....	18
1.1.4 Plagas.....	19
1.2 Producción de ñame.....	22
1.2.1 Producción mundial.....	22
1.2.2 Producción en Colombia.....	23
1.2.3 Producción en Sucre.....	25
1.3 Exportaciones de Colombia.....	27
1.4 Usos del ñame.....	28
1.5 Etapa de cosecha del ñame	30
1.6 Etapa de Poscosecha	31
1.6.1 Germinación en el ñame.....	31
1.7 Investigaciones relacionadas.....	32
2. Objetivos.....	35
2.1 Objetivo general.....	35

2.2 Objetivos específicos	35
3. Metodología.....	36
3.1 Variables de entrada y salida	37
3.2 Arreglo experimental	38
3.3 Modelo estadístico	39
3.4 Hipótesis	41
3.5 Análisis de varianza	42
3.6 Verificación de los supuestos del modelo.....	42
4. Resultados.....	45
4.1 Análisis del diseño experimental	45
4.1.1 Equipos, materiales y herramientas utilizados.....	45
4.1.2 Proceso de las corridas.....	50
4.1.3 Creación de diseño en Statgraphics.	55
4.1.4 Análisis del ANOVA.	63
4.1.5 Análisis de los supuestos.	64
4.1.6 Test de Tukey.....	65
4.2 Resultados de variables de respuestas.....	78
4.3 Costos de empaque	79
5. Conclusiones.....	83
6. Recomendaciones	85
Referencias Bibliográficas	86
Anexos	92

Lista de figuras

Figura 1: Planta de ñame.....	16
Figura 2: Variedades de ñame.....	19
Figura 3: Producción mundial de ñame.	22
Figura 4: Producción en Colombia.	23
Figura 5: Producción en Colombia por departamento.	24
Figura 6: Producción en la región caribe.	25
Figura 7: Producción por municipios en Sucre.....	26
Figura 8:Exportaciones de ñame colombiano.....	27
Figura 9: Usos de ñame en la cocina.	29
Figura 10 : Recolección del ñame en la finca la coquera	51
Figura 11: Ñames expuestos a la luz solar.....	52
Figura 12: Ñames expuestos y listos para transportar.	52
Figura 13: Proceso de parafinado de los tubérculos.	53
Figura 14: Distribución de ñames en caja.....	54
Figura 15: Almacenamiento de las cajas.	55
Figura 16: Creación de diseño.	56
Figura 17: Opciones de Creación de diseño.	56
Figura 18: Definición de factor A.....	57
Figura 19: Definición de factor B.	58
Figura 20: Definición de factor C.	58
Figura 21: Etiqueta de niveles.....	59
Figura 22: Definición de respuesta.	59
Figura 23: Definición de réplicas.....	60
Figura 24: Información por cada tratamiento.	61
Figura 25: Análisis del diseño.....	62
Figura 26: Interacciones del diseño.	62
Figura 27: Tablas y gráficos del análisis.....	63
Figura 28: Grafico de homogeneidad	65

Figura 29: Gráfico de medias de exposición a la luz.....	68
Figura 30: Gráfico de medias de Tipo de empaques.....	70
Figura 31: Gráfico de medias de Tiempo de embalaje.	73
Figura 32: Gráfico de interacción entre los factores A y B	74
Figura 33: Gráfico de interacción entre los factores A y C	75
Figura 34: Gráfico de interacción entre los factores B y C.....	75
Figura 35: Tiempos de exposición a la luz vs Tipos de empaque.	78
Figura 36: Costo promedio por empaque.....	82

Lista de Tablas

Tabla 1. Valor nutricional del ñame crudo, cantidad por cada 100 gr.....	17
Tabla 2. Plagas comunes en el ñame	20
Tabla 3. Factores de entradas y niveles por factor.....	38
Tabla 4. Arreglo factorial del experimento.....	39
Tabla 6. Costo de materiales.....	43
Tabla 5. Equipos, herramientas y materiales utilizados.....	45
Tabla 7. Análisis de varianza.....	64
Tabla 8. Prueba de tukey de Exposición a la luz	66
Tabla 9. Contraste de medias (Exposición a la luz).....	67
Tabla 10. Tukey del tipo de empaque.....	69
Tabla 11. Contraste de medias (Empaque)	69
Tabla 12. Prueba de Tukey de tiempo de embalaje	71
Tabla 13. Contraste de medias (Tiempo de embalaje).....	72
Tabla 14. Test de comparaciones múltiples de Tukey	77
Tabla 15. Costo de bolsa de polietileno.....	79
Tabla 16. Costo en papel kraft.....	80
Tabla 17. Costo en parafina.....	81

Lista de anexos

Anexo 1. Variación de peso.....	92
Anexo 2. Peso de la parafina.....	95

Resumen

El ñame es un tubérculo cuyo cultivo, comercialización y consumo es mayor en regiones del Caribe colombiano. La participación de este país como productor y uno de los principales exportadores del tubérculo a lugares como Estados Unidos, lo ha obligado a aumentar sus esfuerzos para cumplir con las exigencias de los mercados internacionales. Sin embargo, hoy por hoy las deficiencias en la etapa poscosecha representa una limitante para maximizar las utilidades del negocio exportador. Lo cierto es que estas deficiencias se deben en gran parte al desconocimiento de variables de incidencia sobre la pérdida de peso y germinación, razón por la cual, la presente investigación desarrollada en el Departamento de Sucre, tiene como objetivo evaluar el impacto del tiempo de exposición a la luz, empaque y tiempo de embalaje del ñame espino (*Dioscórea Rotundata*) en la poscosecha con fines de exportación, sobre el peso y la germinación. Para el desarrollo de este proyecto se realizó un diseño factorial bajo un arreglo completamente al azar de $4^2 \times 3$ con un total de 3 repeticiones. Seguidamente, se obtuvieron los resultados del experimento mediante un análisis de varianza (ANOVA) por el cual fue posible determinar si existía afectación de los factores con respecto a la pérdida de peso y gracias al test de Tukey se obtuvo que el mejor tratamiento es sin exposición – bolsa de polietileno – 8 días, asimismo no se halló germinación para los días de almacenamiento en los cuales se llevó a cabo el experimento (8 días, 15 días, 21 días y 28 días). Finalmente, se analizaron los costos de empaque por unidad, permitiendo concluir que el empaque de bolsas de polietileno resultó ser el tipo de empaque más económico.

Palabras clave: Ñame, diseño experimental, exposición a la luz, empaque, tiempo de embalaje.

Abstract

Yam is a tuber whose cultivation, marketing and consumption is greater in regions of the Colombian Caribbean. The participation of this country as a producer and one of the main exporters of the tuber to places like the United States, has forced it to increase its efforts to meet the demands of international markets. However, today the deficiencies in the post-harvest stage represents a limitation to maximize the profits of the export business. The truth is that these deficiencies are due to the lack of knowledge of variables of incidence on the loss of weight and germination, which is why this research developed in the Department of Sucre, aims to evaluate the impact of the time of exposure to light, packaging and packing time of the yam hawthorn (*Diosc \acute{o} rea Rotundata*) in the post-harvest for export purposes, on the weight and the germination. For the development of this project a factorial design was made under a completely random arrangement of $4^2 \times 3$ with a total of 3 repetitions. Subsequently, the results of the experiment were obtained through an analysis of variance (ANOVA) by which it was possible to determine whether there was involvement of factors with respect to weight loss and thanks to Tukey's test was obtained that the best treatment is without exposure - polyethylene bag - 8 days, also no germination was found for the days of storage on which the experiment was carried out (8 days, 15 days, 21 days and 28 days). Finally, the packaging costs per unit were analyzed, allowing us to conclude that the packaging of polyethylene bags turned out to be the most economical type of packaging.

Keywords: Yam, experimental design, exposure to light, packaging, packing time.

Introducción

El ñame es una planta tropical cuyo origen es África y Asia, perteneciente a la familia Dioscoreácea, cultivada mayormente en zonas tropicales y húmedas, constituida por más de 600 especies, de las que solo son comestibles 12. En la actualidad, este tubérculo es producido en muchos países del mundo, dentro de los cuales hacen presencia países de centro américa y américa del sur (Torres, Montes, Andrade, & Perez, 2012). Colombia por su parte, mostró un incremento significativo entre los años 2007 y 2016, incremento que representa el 35,3% produciendo en el año 2016 alrededor de 416.427,22 toneladas según (Agronet, 2016), razón por la cual ese mismo año llegó a ser el segundo país con mayor exportación en América, siendo EEUU su principal destino de exportación (Trade Map, 2017).

En Colombia, este tubérculo constituye una fuente de nutrientes y de ingresos para las familias, especialmente en la costa caribe, de la cual se destaca la participación nacional de los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre, cuyas cifras en producción son: 184.392,8, 151822,8 y 25.873,2 respectivamente, por ende, su oportunidad para exportación es mayor (Agronet, 2016).

No obstante, el mercado exige características mínimas que el ñame tipo exportación debe tener, tales como: producto fresco con consistencia firme, sanos, libres de enfermedades, limpios, exentos de olores, sabores, con un peso entre 0.5 Kg y 3.0 Kg, por esto se hace indispensable comercializar el ñame tipo exportación bajo ciertos parámetros que aseguren la calidad del producto, lo que a su vez conlleva a la competitividad en el mercado (Fundación Procaribe, 2012).

Lamentablemente, las condiciones de poscosecha (manejo, almacenamiento y comercialización) de este producto hortícola son deficientes en el departamento de Sucre y como resultado se presentan inconvenientes en las características físicas, uno de ellos es la pérdida de peso, principal consecuencia de desconocer variables como temperatura de almacenamiento, exposición a la luz, empaque adecuado, entre otras, que en resumen resultan ser fundamentales en la conservación y calidad de este tubérculo (Aranza, 2012), cabe mencionar que estas fallas de almacenamiento se traducen en pérdidas para la empresa exportadora, generando un bajo rendimiento económico y un negocio poco factible (Andrade, Palacio, Pacheco, & Betin, 2012).

La presente investigación tuvo por objeto evaluar el impacto de la exposición a la luz, el empaque y el tiempo de embalaje del ñame espino (*Dioscórea Rotundata*) en la poscosecha con fines de exportación, sobre las características de peso y la germinación, con el fin de aportar la información necesaria, para que este producto pueda ser exportado sin representar pérdidas para la empresa exportadora, mediante la realización de diseño experimental, el cual permite determinar la incidencia de las variables de entrada en las variables de salidas.

Por consiguiente, se analizaron los resultados arrojados por el software estadístico Statgraphics, mediante ANOVA, con el fin de conocer si los factores inciden estadísticamente sobre la pérdida de peso, y mediante el test de Tukey se buscó identificar qué combinación de tratamiento resultaba mejor para la disminución de pérdida de peso del ñame espino.

Finalmente, se evalúan los empaques utilizados en el experimento en función de costos, con el fin de que la empresa exportadora lograra dimensionar el costo real de su implementación, ya que, para ellos se trata de toneladas de producto hortícola, seguido a ello, se realizaron las respectivas conclusiones y recomendaciones.

1. Marco referencial

1.1 Generalidades del ñame

El ñame (*Dioscorea spp*) es un tubérculo popular en muchas regiones, ya que es un alimento básico que posee excelentes cualidades tales como ser una fuente nutritiva con altos carbohidratos y fibra, además cuenta con un alto potencial para ser exportado (Otegbayo , 2014). Las regiones donde mayormente se concentra popularidad de este tubérculo son en el Centro y Sur de América, en el Caribe, África y en algunos lugares de Asia (Vicomex, 1995).

El cultivo de este producto hortícola se remonta hace más de 2000 años en Asia lejana, llevado a África por la expansión de los árabes hacia el occidente, cabe resaltar que el cultivo de este tubérculo se presencié en América y Colombia a partir de la llegada de los barcos españoles con gran cantidad de esclavos africanos (Betin & Pacheco, 2004). Actualmente, el ñame es una fuente importante de carbohidratos para la población Colombiana, principalmente en la región Caribe (Torres et al., 2012), sin embargo, se presentan problemas de pérdida de peso en la etapa de poscosecha y comercialización, debido a que no se cuentan con sistemas que permitan una adecuada conservación, empaque y logística del producto agrícola hasta que llegue hasta su destino final (Andrade et al., 2012).

1.1.1 Descripción de la planta.

El ñame es una planta, cuyo tallo es herbáceo y trepador, de hecho, esta planta puede llegar a alcanzar varios metros de longitud, las hojas son caracterizadas por tener una forma acorazonada, de tamaño mediano y estar unidas al tallo mediante un largo peciolo. Es importante decir, que la parte que se puede aprovechar de la planta es el tubérculo, el cual puede contar con formas y tamaños diferentes, específicamente, el ñame contiene una fécula abundante. En adición, se puede decir que este tubérculo tiene la capacidad de propagar vegetativamente la especie (Betin & Pacheco, 2004).

Con respecto al tallo, también es posible agregar que , la planta de ñame cuenta con una especie de cuerda que comúnmente es llamada “bejuco”, en el caso del ñame espino (*Dioscórea Rotundata*) se necesita un soporte para que la planta se pueda desarrollar y producir, en cambio el tallo del ñame criollo (*Dioscórea alata*) puede crecer tendido sobre el suelo o en su defecto, mediante un soporte (Gonzalez, 2012). En la *Figura 1* se presenta una ilustración de una planta de ñame.



Figura 1. Planta de ñame. Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Valor nutricional del ñame.

En la Tabla 1, se presenta información brindada por United States Department of Agriculture (USDA) sobre el contenido nutricional del ñame crudo, en esta tabla se muestran información sobre los nutrientes principales, los minerales, las vitaminas y los lípidos que conforman al tubérculo por cada 100 gramos.

Tabla 1.

Valor nutricional del ñame crudo, cantidad por cada 100 gr.

Nutrientes	Valor	Unidad
Próximas		
Agua	69,6	g
Calorías	118	kcal
Proteínas	1,53	g
Lípidos Totales (grasa)	0,17	g
Carbohidratos	27,88	g
Fibra	4,1	g
Azúcar	0,5	g
Minerales		
Calcio	17	mg
Hierro	0,54	mg
Magnesio	21	mg
Fósforo	55	mg
Potasio	816	mg
Sodio	9	mg
Zinc	0,24	mg
Vitaminas		
Vitamina C	17,1	mg
Tiamina	0,112	mg
Riboflabina	0,032	mg
Niacina	0,552	mg
Vitamina B-6	0,293	mg
Vitamina A	7	µg
Vitamina A	138	IU

Vitamina E (alfa-tocoferol)	0,35	mg
Vitamina K (filoquinona)	2,3	µg
Lípidos		
Ácidos grasos total saturados	0,037	g
Ácidos grasos total monoinsaturados	0,006	g
Ácidos Grasos total poliinsaturado	0,076	g

Fuente: Adaptación de (USDA, 2018)

1.1.3 Variedades de ñame.

El ñame pertenece al género *Dioscorea*, cuyo género cuenta con aproximadamente 600 especies en el mundo, de las cuales 12 son consideradas como comestibles, teniendo en cuenta que, las que más se destacan por su importancia económica son; *Dioscorea alata*; *Dioscorea cayenensis* Lam, y *Dioscorea rotundata* (Torres et al., 2012). En Colombia, existen diferentes especies de ñame, en donde es posible encontrar variedades como; *Dioscorea alata* (ñame criollo), *Dioscorea rotundata* (ñame espino), *Dioscorea bulbífera* Burkill (ñame papa), *Dioscorea Esculenta* (ñame azúcar), *Dioscorea Trífida* (ñampín) (Guzmán Barney & Buitrago Hurtado, 2000). No obstante, en Colombia las especies con mayor popularidad son: *Dioscorea alata* (ñame criollo) y *Dioscorea rotundata* (ñame espino), debido a sus características de área sembrada y demanda (D. J. Pérez, Campo, & Jarma, 2015). En la Figura 2, se presentan ilustraciones de cada de una de las especies de ñame mencionadas anteriormente:

A. *Dioscorea Alata* (Ñame criollo)



Fuente: Dreams time (2017)

B. *Dioscorea Rotundata* (Ñame espino)



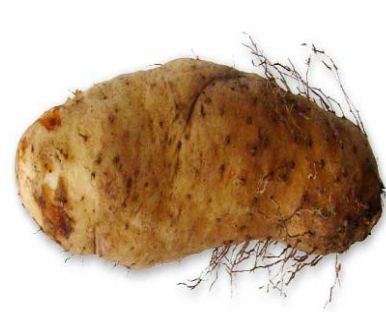
Fuente: VegaProduce (2015)

**C. Diosc \acute{o} rea bulb \acute{i} fera Burkill
(ñame papa)**



Fuente: El horticultor (2016)

D. Diosc \acute{o} rea Esculenta (ñame az \acute{u} car)



Fuente: Zubaidah & Akhadiana (2013)

E. Diosc \acute{o} rea Tr \acute{i} fida (ñamp \acute{i} n)



Fuente: E. P \acute{e} rez, et al. (2009)

F. Diosc \acute{o} rea cayenensis



Fuente: Caribbean Garden (2018)

Figura 2: Variedades de ñame.

1.1.4 Plagas.

De acuerdo a informaci \acute{o} n brindada por Russo, Botero, & Ruperto (2007) en el ñame los problemas relacionados con las plagas son pocos, pero existen algunos que frecuentemente atacan

a las plantas, en la Tabla 2, se muestra información de las plagas más comunes que afectan al ñame.

Tabla 2.

Plagas comunes en el ñame

Plagas	Definición
<i>Antracnosis</i>	Es un problema que afecta a las hojas y a los tallos jóvenes, se presenta como manchas de color café y a su alrededor lucen un borde clorótico. Estas manchas se unen y se extienden formando lesiones más grandes en la planta. Su origen es causado por un hongo llamado <i>Colletotrichum gloesporoides</i> en su estado imperfecto, y en estado perfecto se conoce como <i>Glomerella cingulata</i> .
<i>Mancha parda</i>	Es una enfermedad producida por un hongo llamado <i>Cercospora spp</i> , éste se presenta como pequeñas manchas de color café. Conforme pasa el tiempo, estas machas se unen y forman una lesión mayor en la hoja.
<i>Mancha de asfalto</i>	El hongo que causa esta enfermedad es llamado <i>Phyllachora dioscórea</i> , produce machas negras en la hoja, y, además, causa una reducción de la actividad fotosintética de la planta, afectando también la calidad de los tubérculos. Esta enfermedad se incrementa en épocas de lluvia.
<i>Pudrición de la raíz</i>	Esta enfermedad puede ser generada por muchos hongos, como lo son los de los géneros; <i>Phytophthora</i> , <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Rosellina</i> y <i>Sclerotium</i> . Estos hongos se presentan en suelos húmedos.
<i>Pudrición de las hojas</i>	Esta afectación de las hojas es producida por un hongo en estado imperfecto llamado <i>Sclerotium rolfsii</i> , y en su estado perfecto es conocido como <i>Corticium rolfsii</i> . Se generan en las hojas de la planta manchas redondeadas de color púrpura-marrón, en el centro gris y un borde clorótico. En la espalda de la hoja se forma esclerocios, que son pequeñas estructuras de color rojizo-marrón, que ayudan en la propagación de este hongo. Adicional a esto, cuando existe mucha

	<p>humedad se presentan hifas blancas se prolongan en toda la hoja. Es importante resaltar que esta enfermedad se presenta comúnmente en época de lluvia, pues en épocas secas se detiene el crecimiento del hongo.</p>
<p>Marchitamiento del ñame</p>	<p>Esta afectación en las plantas, puede ser generadas por diversos hongos del género <i>Fusarium</i>, los cuales afectan el tallo y las raíces. En suelos húmedos es muy común. Esta enfermedad causa perdida de la salida de agua de las hojas, éstas pierden su color característico (verde) tornándose tales a un color amarillo claro. Por último esta afectación puede causar en la planta la muerte de las hojas y del tallo.</p>
<p>Zompopas</p>	<p>Las hormigas cortadoras son insectos que hacen parte del género <i>atta</i>. Éstas atacan las hojas y pueden destruirlas parcial o totalmente, atacan en cualquier momento, ya sea en el día o en la noche. Comúnmente los nidos de estas hormigas se encuentra ubicados en el bosque o bien sea, en algunos terrenos que han sido intervenidos y abandonados.</p>
<p>Nematodos</p>	<p>El nematodo llamado <i>Scutellonema bradys</i> ataca el tubérculo a través de las raíces, en donde se presentan rajaduras en la cáscara del tubérculo, generando pudriciones secas.</p> <p>Existe otro nematodo llamado <i>Pratylenchus coffeae</i>, el cual ataca a las raíces a los tubérculos, generando una pudrición seca que deteriora totalmente el producto hortícola</p> <p>Otro nematodo se llama <i>Meloidogyne spp</i>, éste deforma el tubérculo mediante la aparición de agallas de diferentes tamaños, también se presenta en las plantas jóvenes una clorosis generalizada, considerando que la planta puede morir si la incidencia de ataque es alta. Además, se cree que este nematodo no se presenta en tubérculos almacenados.</p>

Fuente: Adaptación de Russo et al., (2007)

1.2 Producción de ñame

1.2.1 Producción mundial.

El ñame es producido en muchos países del mundo, de los cuales el mayor exponente en términos de producción es Nigeria con un total de 47.942.712 toneladas, en segundo lugar, se encuentra Ghana con un total de 7.952.750 toneladas, en tercer lugar, se ubica Côte d'Ivoire con una producción anual de 7.148.000 toneladas. Además, en este ranking se encuentra otros países que también cuentan con una producción significativa, como lo son; Benín (3.133.367 ton), Etiopía (1.400.000 ton), Togo (826.553 ton), Camerún (648.407 ton), Chad (493.841 ton), República Centroafricana (476.651 ton), Haití (439.329 ton), Colombia (422.063 ton), Papua Nueva Guinea (362.672 ton), Brasil (250.400 ton), entre otros. Cabe resaltar que estos están ubicados en orden descendente, de acuerdo a la cantidad de toneladas de ñame que se produjeron en el año 2017 (FAOSTAT, 2017). *Figura 3.*

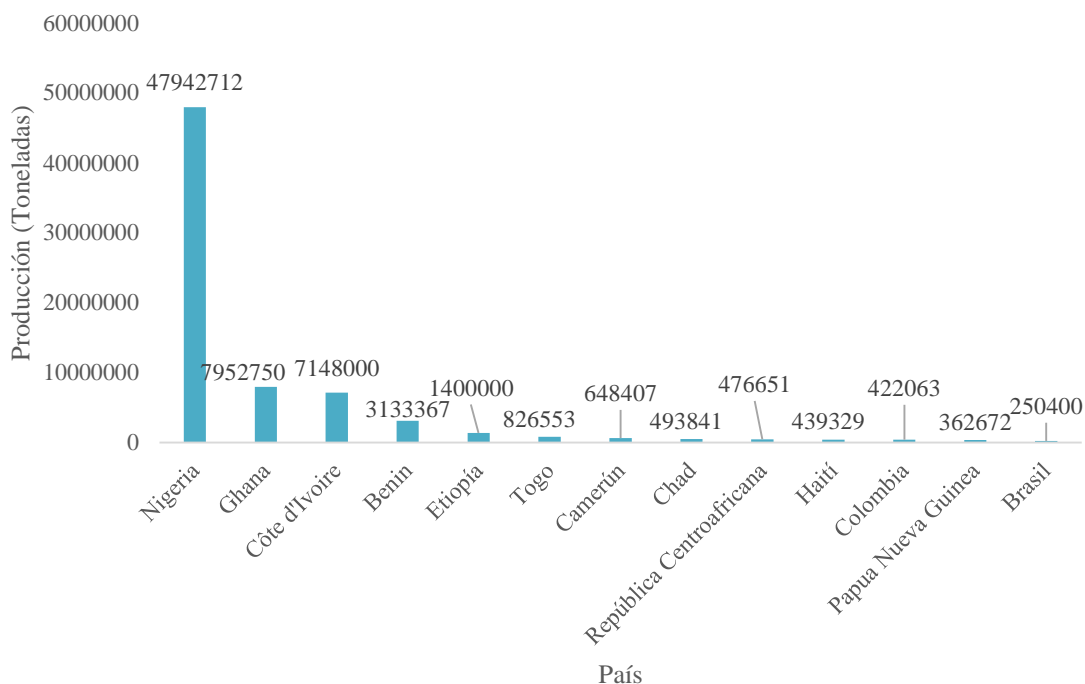


Figura 3. Producción mundial de ñame. Fuente: Adaptación de (FAOSTAT, 2017)

1.2.2 Producción en Colombia.

Colombia, en el año 2016 produjo un total de 416.427,22 toneladas de ñame, considerando que los principales productores fueron; Bolívar, cuyo departamento generó 184.392,82 toneladas del producto Hortícola, Córdoba, por su parte produjo 151.822,75 toneladas para el país, Antioquia 34539,3 toneladas, Sucre produjo 25.837,18 toneladas, chocó aportó una producción de 5.136,3 toneladas, 4600 tonelada produce el departamento de Cesar, en sexto lugar, se ubica la guajira con 4548 toneladas. La producción restante es generada por departamentos como; Atlántico (2418,5 ton), Amazonas (1405 ton), Magdalena (1250 ton), Cauca (210 ton), Vaupés (79,8 ton), Caquetá (75 ton), Casanare (52,5 ton), Cundinamarca (50 ton), Nariño (5 ton), San Andrés y providencia (2,57 ton) y Santander (2,5 ton) (Agronet, 2016). En la *Figura 4* se presenta un gráfico de la producción por toneladas de los departamentos de Colombia.

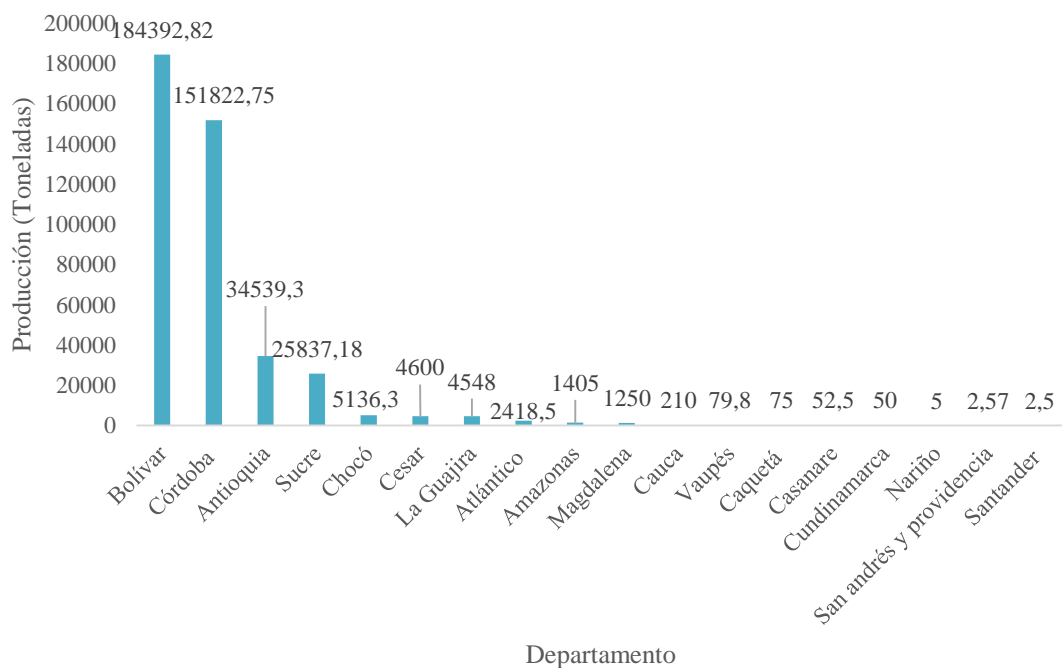


Figura 4. Producción en Colombia. Fuente: Adaptación de Agronet (2016)

Para apreciar dicha información de manera más generalizada, en la *Figura 5* se muestra una representación de las zonas con mayor incidencia en la producción de ñame en Colombia, teniendo en cuenta los datos suministrados anteriormente.

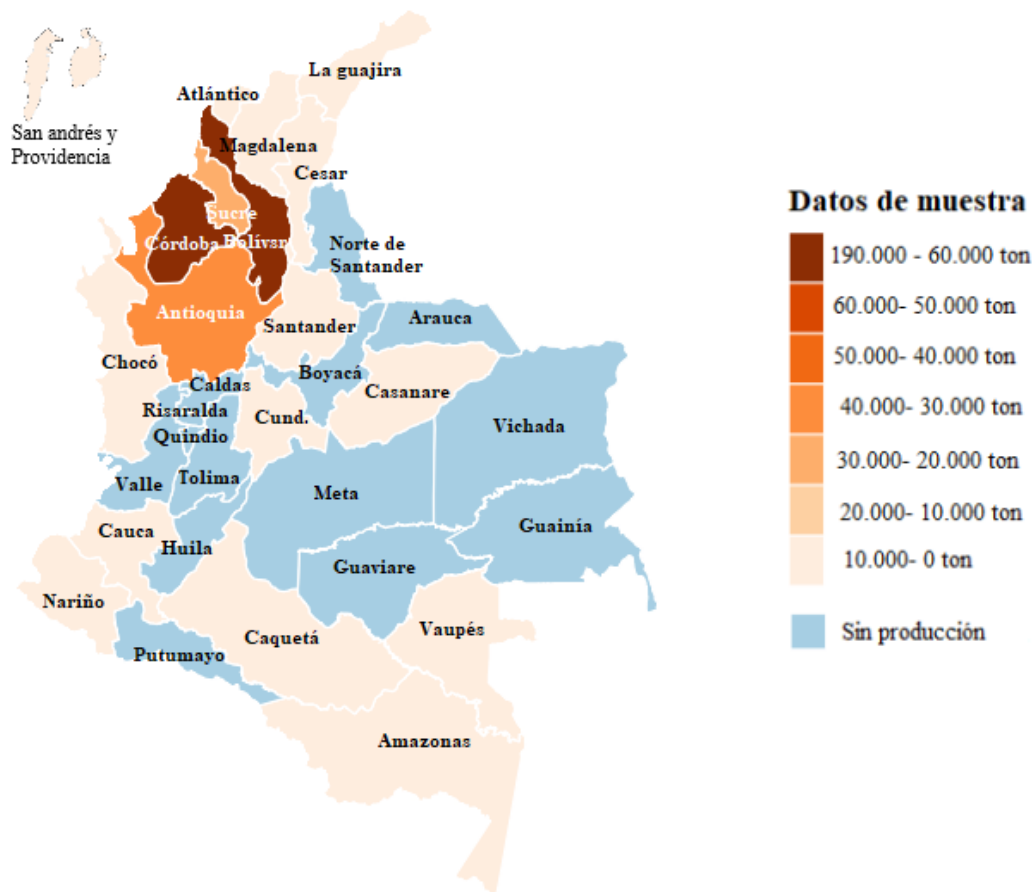


Figura 5. Producción en Colombia por departamento. Fuente: Adaptación de Agronet (2016)

Según Agronet (2016), en Colombia, el ñame se produce principalmente en la región caribe, en donde se tiene en cuenta que los principales cosechadores o productores de este tubérculo se encuentran en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre, siendo estos los de mayor producción a nivel nacional, en la *Figura 6* se muestran los principales productores de esta región.

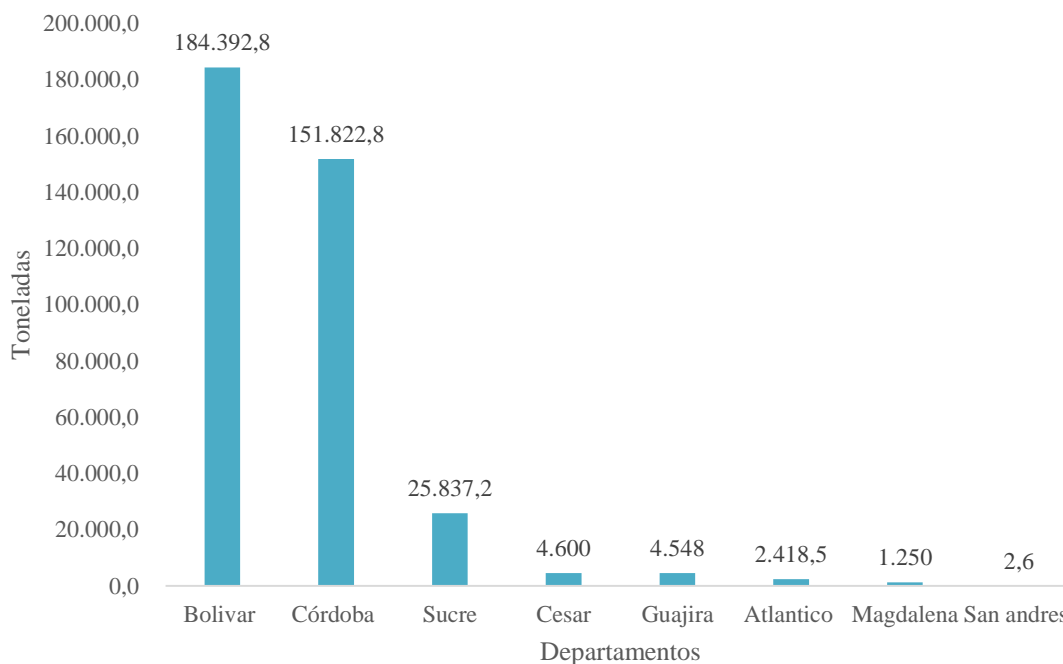


Figura 6. Producción en la región caribe. Fuente: Adaptación de Agronet (2016)

De acuerdo a la gráfica anteriormente expuesta, es notorio que Bolívar es el mayor productor de ñame de la costa caribe, el cual, en el 2016, produjo 184.392,8 toneladas, en segundo lugar, se ubica el departamento de Córdoba con un total de 151822,8 toneladas de ñame, además, sucre seria el tercer departamento con mayor producción, contando con 25.873,2 toneladas. Vale aclarar, que existen otros departamentos que aportan a la producción de esta región, como lo son; Cesar, la Guajira, Atlántico, Magdalena; San Andrés y Providencia, estos por su parte produjeron para el año en cuestión, 4.600, 4.548, 2.428,5; 1.250 y 2,6 toneladas, respectivamente. (Agronet, 2016).

1.2.3 Producción en Sucre.

Para el año 2017, el departamento de Sucre finalizó con una producción de 73.360 toneladas de ñame, cuya producción está distribuida en cada una de los municipios que lo conforman. Siendo así, el municipio con mayor producción fue Ovejas, generando 12,826 toneladas del producto hortícola, en segundo lugar, se encuentra Los Palmitos con un total de

12.803 toneladas, en tercer lugar, se ubica el municipio de Colosó, con una producción de 12.608 toneladas, en cuarto lugar, se encuentra Sampués con un total de 6759 toneladas, posteriormente, se ubica en quinta posición el municipio de Corozal con una producción de ñame de 4605 toneladas. Además de estos, existen otros municipios que contribuyeron también a la producción de ñame, como lo son Morroa (4429 ton), San Pedro (4234 ton), San Onofre (3110 ton), Toluviéjo (2871 ton), Sincelejo (1969 ton), Coveñas (1422 ton), La Unión (1204 ton), Tolú (1129 ton), Chalán (882 ton), Palmito (871 ton), El Roble (438 ton), San Juan de Betulia (415), San Marcos (400 ton), Sincé (267 ton), San Benito Abad (80 ton) y Buenavista (28 ton) (Datos Abiertos, 2018). En la *Figura 7* se muestra una representación gráfica de la producción de ñame en los municipios de Sucre.

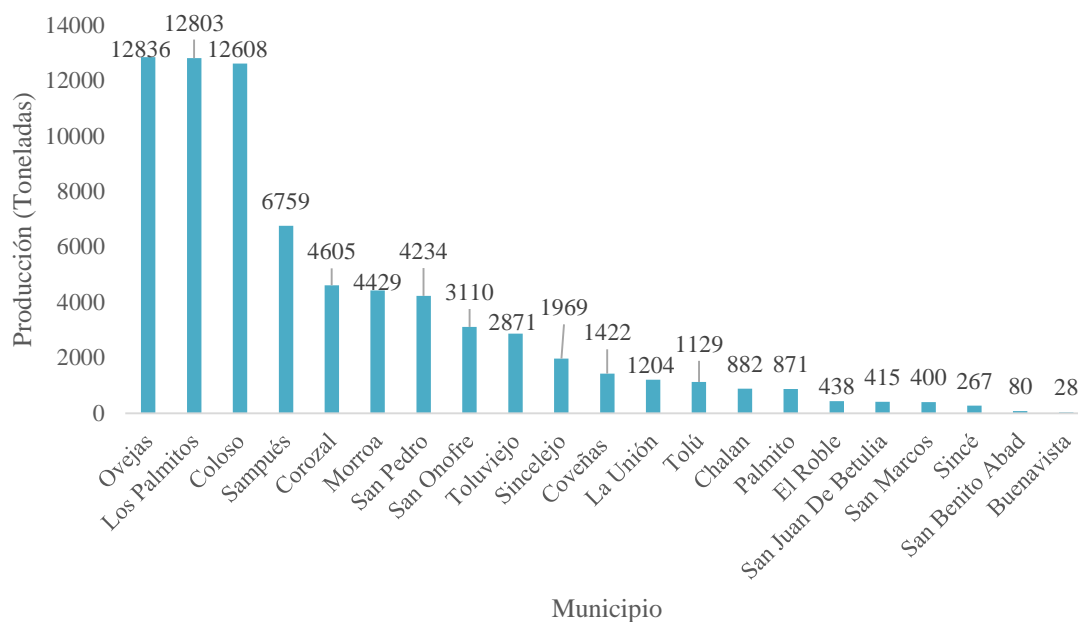


Figura 7. Producción por municipios en Sucre. Fuente: Adaptación de Datos Abiertos (2018)

1.3 Exportaciones de Colombia

Para el año 2017, Colombia exportó 6.811 toneladas de ñame a diferentes partes del mundo, teniendo en cuenta que el principal importador fue Estados Unidos, el cual adquirió 6586 toneladas de este producto, en segundo lugar, se encuentra Países Bajos con 155 toneladas de ñame, en tercer lugar, se ubica el país de Francia con 22 toneladas, además, los países que ocupan el cuarto y quinto son Bélgica y república dominicana respectivamente, ambos cuentan con las mismas toneladas importadas que Francia, por último, se encuentra Aruba con 4 toneladas importadas. Es importante decir, que Estados Unidos representa el 96,2 % de las exportaciones totales de la república de Colombia (Trade Map, 2017). En la *Figura 8* se muestra una representación gráfica de las exportaciones de ñame colombiano.

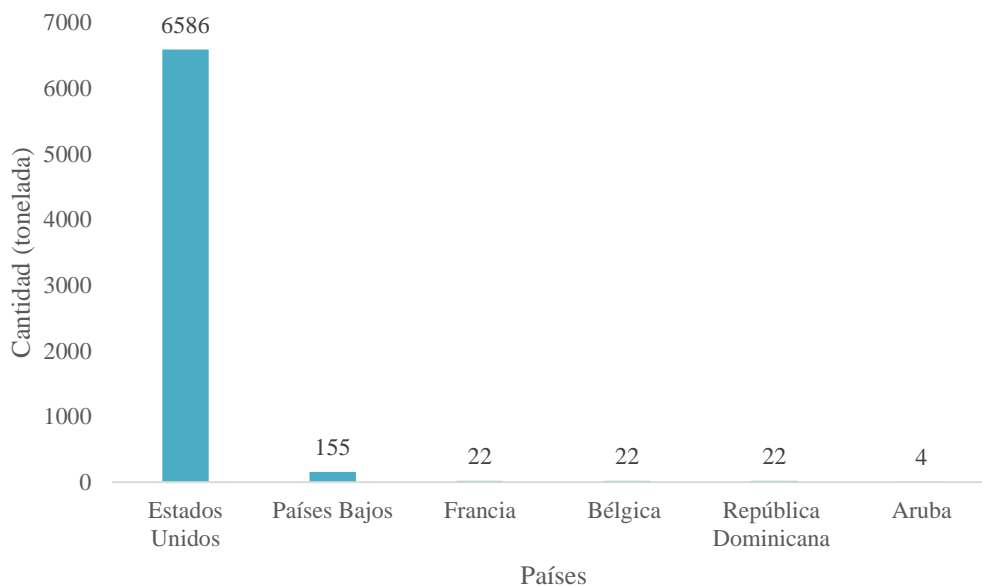


Figura 8. Exportaciones de ñame colombiano. Fuente: Adaptación de Trade Map (2017)

1.4 Usos del ñame

El ñame tiene diferentes aplicaciones, ya sea de forma alimentaria y no alimentaria, en donde, se destaca que; de todas las especies de ñame, el criollo (*Dioscorea Alata*), es la especie con mayores aplicaciones (Zhu, 2015). De acuerdo a investigaciones que se citan en el trabajo realizado por Zhu (2015), el ñame puede ser utilizado como pasta de almidón, siendo ésta rica en fibra dietética, además, el almidón de este tubérculo se usaría como un ingrediente para la fabricación de panes.

En África tradicionalmente preparan el ñame y es llamado Fufu, este plato se realiza mediante el cocinado, el molido y amasado del ñame, creando así una especie de puré. También existen otras recetas en el mundo y va depender de la región de la que se hable, en algunos lugares preparan Buñuelos, croquetas, ñame asado, soufflé de ñame, Flan de ñame, biscochos, etc. En Colombia, es muy tradicional que con el ñame preparen mote de queso y dulce de ñame, normalmente estas recetas son elaboradas incrementalmente en época de semana santa (Aranza, 2012). En la Figura 9, se presentan ilustraciones sobre los usos del ñame en la cocina.

A. Buñuelos de ñame



Fuente: Andy (2014)

B. Croquetas de ñame



Fuente: My Taste (n.d.)

C. Soufflé de ñame



Fuente: My Way Recetas (2018)

D. Flan de ñame



Fuente: Jaqueline Henriquez (n.d.)

E. Biscocho de ñame



Fuente: Mi Cosecha de Hoy (2016)

F. Mote de queso



Fuente: Contreras (2011)

G. Dulce de ñame



Fuente: Caribeño (2011)

Figura 9: Usos de ñame en la cocina.

Con respecto a la industria no alimentaria, el producto hortícola ha sido empleado en la industria farmacéutica con la finalidad de tratar con diversas enfermedades como el dolor en las articulaciones, infecciones, inflamación, la dismenorrea e incluso la diabetes, estas cualidades farmacológicas se presenta, ya que las especies de *Dioscorea* incluyen una sustancia química llamada diosgenina, (Ramos Duarte et al., 2015), la cual sirve para la formación de esteroides como el estrógeno y la dehidroepiandrosterona, los cuales permiten a su vez, la creación de medicamentos anticonceptivos (Aranza, 2012).

Además de esto, el ñame es utilizado para la fabricación de empaques plásticos biodegradables, materiales ortopédicos, productos desechables, etc. Lo anterior gracias a que, al extraer del almidón del tubérculo, un ácido llamado poliláctico puede ser utilizado para la elaboración de productos bioplásticos (Tejada Benitez et al., 2008).

1.5 Etapa de cosecha del ñame

La etapa de cosecha es aquella que se ubica en el final de la etapa del cultivo y además es aquella fase en donde se debe preparar el tubérculo para la comercialización (López Camelo, 2003). Es importante resaltar que, el ñame, luego de cultivar, toma entre 8 y 11 meses para poder ser cosechado, teniendo en cuenta que el tubérculo requiere humedad en los primeros 5 meses y además, necesita abundante luz para obtener el mejor rendimiento del cultivo (Salcedo, Montes, Zapata, Márquez, & Diaz, 2010).

En Colombia, la cosecha del ñame es completamente manual, pues para la recolección del producto hortícola es necesario utilizar herramientas como Cavadores, barretones o palanca. Con ayuda de alguno de estos artefactos se cava alrededor del tubérculo, teniendo en cuenta que se debe evitar el contacto de estas herramientas con el ñame, con la finalidad de no causar ningún tipo de daño a este, luego es necesario separar la tierra que está alrededor, con el fin de que el ñame sea extraído del suelo (Fundación Procaribe, 2012).

Con respecto a la cosecha mecanizada, se puede decir que la ventaja de este sistema es la rapidez y el menor costo que representa por tonelada recogida. En efecto, para tomar la decisión de compra de este sistema es necesario llevar un cuidadoso análisis, debido a la inversión que se

debe realizar, el costo de mantenimiento y la ociosidad que se puede presentar en el equipo anualmente, esto debido a su rapidez. Cabe resaltar que al implementar este sistema mecanizado se debe adaptar los cultivos a este, pues se requiere establecer distancias entre hileras, nivelación del terreno, pulverizar la planta, entre otras (López Camelo, 2003).

1.6 Etapa de Poscosecha

La etapa de poscosecha es aquella que está comprendida entre la etapa de cosecha de los productos hasta que llega al consumidor final (Zaccari, Galiotta, & Silveira, 2013). En esta etapa se debe almacenar los ñames sanos, los cuales se clasifican de acuerdo al peso, la forma y apariencia, y se deben eliminar aquellos que se encuentren enfermos o dañados por las herramientas utilizadas en la cosecha, también es necesario que el producto permanezca en un lugar seco y con sombra hasta su traslado. (Fundación Procaribe, 2012).

De manera puntual, en la región caribe se presentan pérdidas durante la etapa de poscosecha y comercialización, debido a que no se cuentan con sistemas que permitan una adecuada conservación, empaque y logística del tubérculo, que brinde las mejores condiciones para que pueda llegar de la mejor manera al consumidor (Andrade et al., 2012). Algunas de las causas de estas pérdidas ocurren por el desconocimiento de técnicas apropiadas para el manejo del tubérculo, asimismo, a la hora de llevar a cabo el traslado de los ñames, se presentan afectaciones por el mal estado de las vías produciendo golpes en ellos, adicional a ello, no se cuenta con centros de acopio ni bodegas adecuadas para poder almacenar en óptimas condiciones los tubérculos (C. Sánchez & Hernández, 1997).

1.6.1 Germinación en el ñame.

La germinación es un suceso muy importante en el periodo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas, pues este proceso de germinación presenta mecanismos metabólicos y morfológicos, en donde una semilla se transforma en una planta. El proceso de germinación está compuesto por tres fases. En la primera fase, en la semilla existe una absorción

rápida de agua, en la segunda, el metabolismo se activa y se genera una movilización de nutrientes y en la última, la planta comienza a germinar (Melgarejo & Suárez, 2010).

Es necesario tener en cuenta que, para contar con una buena calidad del ñame, una de las principales características del tubérculo para exportación es que este producto se encuentre sin germinar, así como también, que las raíces sean comestibles, estén libres de tierra, sin infección por hongos, entre otras (Vicomex, 1995).

Específicamente, el proceso de germinación en el ñame, empieza primero que todo en la parte de la “cabeza”, luego de germinar esta, después de un tiempo, germina el “cuerpo” del tubérculo. En el caso de la “cola”, esta parte germina de último. (Russo et al., 2007).

1.7 Investigaciones relacionadas

En una investigación realizada por Nascimento, Soares, Da Silva, Barros, & Ferreira (2016), se estudió en el ñame las alteraciones físicas, químicas y bioquímicas a dos temperaturas distintas, asimismo las bacterias del género *Pseudomonas* que se pueden presentar en este tubérculo, debido a que se presentan pérdidas en el almacenamiento. Para realizar este estudio, se efectuó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de 2x8 con temperaturas de almacenamiento de 5 y 10°C, además, se tuvo en cuenta el tiempo de almacenamiento a dichas temperaturas (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 días), cabe resaltar que el ñame fue seleccionado, cortado en porciones y lavado. Después de esto, fueron empacados en multicapas de nailon, en donde se evaluó la pérdida de peso, el tiempo de cocción, la actividad enzimática de polifenol oxidasas, peroxidasas y catalasas, el contenido total de fenol soluble y la capacidad antioxidante. Gracias a este estudio, se obtuvo que el ñame puede almacenarse a una temperatura de 10°C hasta 6 días, y a una temperatura de 5°C se puede almacenar por 14 días, lo que indicó que este último es el tratamiento más adecuado para la conservación del ñame.

Asimismo, Donegá et al. (2013) realizó una investigación donde se evaluó los cambios microbiológicos, fisiológicos y cualitativos en el ñame (*Dioscórea alata*) fresco cortado, debido a que se presentan afectaciones en el producto cuando se exponen a altas temperaturas, en este

estudio se efectuó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 4x4, teniendo en cuenta 4 temperaturas recomendadas que retarden el proceso metabólico (5, 10, 15 y 20°C) y también cuatro periodos de evaluación después del procesamiento a 0, 3, 6 y 9 días. Mediante este diseño se obtuvo que; las temperaturas de 10, 15 y 20°C no eran lo suficientemente adecuadas para preservar este tubérculo y dando como resultado que el mejor tratamiento es a una temperatura de 5°C con 3 días después del procesamiento, debido a que no se presenta ningún tipo de pérdida de masa, además, las bacterias que se producen se encuentran dentro de los estándares recomendados.

En otra investigación realizada, Andrade et al. (2012) evaluaron a través de un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 3², el efecto que generaba la influencia de las condiciones de atmósfera modificada en la conservación de trozos de ñame espino (*Dioscòrea rotundata*), debido a que se presentan pérdidas de este tubérculo en la poscosecha, ya que no se encuentran formas adecuadas para conservarlo. En este diseño se necesitaron tres tipos de bolsa para su empaque, entre ellas están; Polietileno de densidad baja con Polietileno lineal de densidad baja, Polipropileno biorientado laminado con Polietileno de baja densidad y Poliestireno, al realizar el empaque y sellamiento de cada bolsa, a estas se le inyectan 2 mezclas gaseosas de O₂, CO₂ y N₂, y otras bolsas se empaquetan en atmósferas mejoradas, luego estas se almacenan a una temperatura de 5±1 durante 14 días y luego de realizar las corridas, se analiza los efectos que se genera en la acidez, en el PH y en el tiempo de vida. Como resultado se obtuvo que en condiciones la acidez y el PH no representan una variación significativa durante los 14 días, y se obtiene también que el empaque con mezcla de gases no es alternativa de conservación muy recomendable, puesto que el tiempo de vida útil es de 6 a 10 días.

En un estudio realizado por Hamadina, Togun, & Hamadina (2015) se determinaron los efectos que se producen cuando el ñame se almacena en luz natural y en la oscuridad con relación a el contenido de proteína en la cascara y en la pulpa de tres regiones (cabeza, medio y cola) en el ñame (*Dioscòrea rotundata Poir*), esta investigación fue realizada, debido a que no se conocen a fondo los efectos de estas variables de almacenamiento sobre el ñame. Para determinarlo fue necesario hacer uso de un diseño experimental de bloques completamente al azar con parcelas

divididas y con arreglo factorial de 2x3, luego de llevar a cabo este experimento se obtuvo que la región de la cola en condiciones de almacenamiento a la luz es la más favorecida, puesto que presenta mayor contenido de proteína cruda que cuando se almacena en la oscuridad, también se percató que el contenido de proteína de la pulpa en la cola, bajo condiciones en luz, y el de la pulpa en la cabeza, bajo oscuridad, fue el mismo, además el contenido de la cáscara de la cola fue más alto que en la cascara de la cabeza cuando se almacenan en el entorno de luz, pero cuando se almacenan en un ambiente oscuro el contenido de proteína es más alto en la cascara de la cabeza del ñame.

En otra investigación realizada, J. Sánchez (2015) evaluó mediante un diseño experimental el efecto que producía el tipo de empaque y la temperatura de almacenamiento sobre las antocianinas de la papa y la pérdida de peso, debido a que, en Perú, los agricultores han reportado la pérdida nutricional del tubérculo. Para este diseño experimental utilizaron un arreglo completamente al azar de 3x3x3, primeramente seleccionaron las papas con las mejores condiciones, luego fueron lavadas y posteriormente empacadas en bolsas de polietileno de baja y alta densidad, debido a que cuentan con propiedades de permeabilidad a los gases y al vapor de agua, y algunas se dejaron sin empaque, después de esto fueron almacenadas durante 10 días a temperatura ambiente, a 15°C y a 10°C, ya que a estas temperaturas se retardan los procesos metabólicos generando un aumento de la vida útil del vegetal. Como resultado, se determinó que el mejor tratamiento era el de empacar en bolsa de polietileno de alta densidad y almacenarlas a 10°C.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la exposición a la luz, el empaque y el tiempo de embalaje del ñame espino (*Dioscórea Rotundata*) en la poscosecha con fines de exportación, sobre las características de peso y germinación del tubérculo.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las mejores condiciones por exposiciones ambientales de empaque y almacenamiento del ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*) mediante la realización de un diseño experimental que permita identificar la manera correcta de llevar a cabo una adecuada exportación y garantice la calidad del producto.
- Analizar las variables de respuestas obtenidas a partir del diseño experimental, con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento en el ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*).
- Evaluar los costos de cada uno de los materiales que se requieren para efectuar el proceso de empaque del ñame espino (*Dioscórea Rotundata*), con la finalidad de conocer el tipo de material que representa mayor economía.

3. Metodología

Esta investigación es de carácter cuantitativo – experimental, debido a que se pueden adquirir conocimientos mediante el análisis de datos recolectados. En ésta , se realizó un diseño experimental con la finalidad de evaluar los factores ambientales, empaque y almacenamiento del ñame (*Dioscúrea Rotundata*) en poscosecha con fines de exportación, dicha investigación se llevó a cabo en el departamento de Sucre, y para la recolección de los datos fue necesario hacer uso del laboratorio de Bioprocesos , ubicado en las instalaciones de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, cuya institución brindó herramientas y equipos necesarios para realizar la presente investigación.

Es importante decir que, en este estudio, la población estuvo conformada por el producto hortícola llamado ñame (*Dioscúrea spp*) en donde se tuvo en cuenta para su elección el ñame espino (*Dioscúrea rotundata*). Para efectuar el diseño experimental se tomó muestras de lotes, teniendo en consideración que los ñames fueron sometidos a las mismas condiciones de cosecha.

Para llevar a cabo las corridas del diseño experimental fue necesario hacer uso de equipos, herramientas y materiales que permitieran el desarrollo de esta investigación. Por ello requerimos una serie de equipos, herramientas y materiales.

Igualmente, para ejecutar cada una de las corridas del diseño experimental, se debió ir a campo, recoger los respectivos ñames e iniciar la recolección de éstos.

Este proyecto de investigación contó con 3 fases metodológicas fundamentales que permitieron llevar a cabo el estudio:

La fase 1, consistió en identificar las mejores condiciones por exposiciones ambientales de empaque y almacenamiento del ñame Espino (*Dioscúrea Rotundata*) mediante la realización de un diseño experimental que permitiera identificar la manera correcta de llevar a cabo una adecuada exportación y garantice la calidad del producto.

La fase 2, consistió en analizar las variables de respuestas obtenidas a partir del diseño experimental, con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento en el ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*)

La fase 3, consistió en evaluar los costos de cada uno de los materiales que se requieren para efectuar el proceso de empaque del ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*), con la finalidad de conocer el tipo de material que representa mayor economía.

➤ **Fase 1. Identificar las mejores condiciones por exposiciones ambientales de empaque y almacenamiento del ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*) mediante la realización de un diseño experimental que permita determinar la manera correcta de llevar a cabo una adecuada exportación y garantice la calidad del producto.**

3.1 Variables de entrada y salida

En un diseño experimental es de mucha importancia definir las variables a estudiar. Por lo tanto, en esta fase, se tuvo en cuenta variables que intervienen en el modelo estadístico, como lo son las variables de entradas, las cuales son: tiempo de exposición a la luz, empaque y tiempo de embalaje, las cuales estarán relacionadas con las variables de respuesta (pérdida de peso y la germinación en el ñame), esto con el fin de observar los efectos que se pueden generar. Es necesario decir que por cada factor de evaluación los diferentes niveles que se presentan son; la exposición a la luz los niveles están dados por intervalos de tiempos, en donde se analizará sin exposición, exposición durante 1 hora, 2 horas y 3 horas. En el caso del empaque, los tipos de empaque que se emplearán, para llevar a cabo el experimento son; empaque de polietileno, papel kraft y parafina. Para el embalaje, este producto hortícola será embalado en cajas de cartón por 8 días, 15 días, 21 días y 28 días. En la Tabla 3, se muestra de forma ilustrativa cada uno de las variables de entrada con sus respectivos niveles, además, con un código que identifica a cada uno.

Tabla 3.

Factores de entradas y niveles por factor

No	Nombre del factor	Código	Nivel	Unidad
1.	Exposición a la Luz	EX1	Sin exposición	Tiempo (horas)
		EX2	1	
		EX3	2	
		EX4	3	
2.	Empaque	EP1	Bolsa de Polietileno	Tipo
		EP2	Papel kraft	
		EP3	Parafina	
3.	Tiempo de Embalaje	EB1	8 días	Tiempo (Días)
		EB2	15 días	
		EB3	21 días	
		EB4	28 días	

Fuente: elaboración propia

3.2 Arreglo experimental

En esta investigación se empleará un arreglo factorial tomando como referencia los niveles por cada factor mencionados anteriormente, y de acuerdo a esto se puede decir que este diseño factorial está bajo un arreglo completamente al azar de $4^2 \times 3$ con un total de 3 repeticiones. A continuación, se muestra la Tabla 4 con cada uno de los tratamientos (Tto) por repetición que intervienen en el desarrollo de este diseño experimental.

Tabla 4.

Arreglo factorial del experimento.

N° Tto	Factores			N° Tto	Factores			N° Tto	Factores			N° Tto	Factores		
	EX	EP	EB		EX	EP	EB		EX	EP	EB		EX	EP	EB
1	1	1	1	13	2	1	1	25	3	1	1	37	4	1	1
2	1	1	2	14	2	1	2	26	3	1	2	38	4	1	2
3	1	1	3	15	2	1	3	27	3	1	3	39	4	1	3
4	1	1	4	16	2	1	4	28	3	1	4	40	4	1	4
5	1	2	1	17	2	2	1	29	3	2	1	41	4	2	1
6	1	2	2	18	2	2	2	30	3	2	2	42	4	2	2
7	1	2	3	19	2	2	3	31	3	2	3	43	4	2	3
8	1	2	4	20	2	2	4	32	3	2	4	44	4	2	4
9	1	3	1	21	2	3	1	33	3	3	1	45	4	3	1
10	1	3	2	22	2	3	2	34	3	3	2	46	4	3	2
11	1	3	3	23	2	3	3	35	3	3	3	47	4	3	3
12	1	3	4	24	2	3	4	36	3	3	4	48	4	3	4

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, existe por cada repetición un total de 48 tratamientos, lo que significa que para llevar a cabo este experimento se deben realizar 144 tratamientos.

3.3 Modelo estadístico

Para llevar a cabo este diseño experimental fue necesario definir el modelo que se debe emplear en este estudio, teniendo en cuenta que se requiere hacer uso de un modelo con tres factores, el cual está dado en la ecuación 1, la cual se referencia en el libro “análisis y diseño de experimentos” de Gutiérrez & De la vara (2008).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

En dónde;

Y_{ijkl} = Variable de respuesta del diseño experimental (Pérdida de peso) para las l repeticiones del i -ésimo factor de exposición a la luz, del nivel j del tipo de empaque y del nivel k del factor de tiempo de embalaje.

μ = Media general de todos los tratamientos.

α_i = Efecto que genera el nivel i del factor de exposición a la luz.

β_j = Efecto que genera el nivel j del tipo de empaque.

γ_k = Efecto que genera el nivel k del factor de tiempo de embalaje.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Representa el efecto de interacción entre los niveles i y j de los factores de exposición a la luz y el tipo de empaque, respectivamente.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Hace referencia al efecto de interacción entre el nivel i de exposición a la luz y el nivel k del tiempo de embalaje.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Representa el efecto de la interacción entre el nivel j de tipo de empaque y el nivel k del tiempo de embalaje.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Es el efecto de interacción entre todos los niveles de todos los factores de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje, es decir, los niveles i, j y k .

ε_{ijkl} = Es el error aleatorio de todos los tratamientos (i, j, k) con las l réplicas.

3.4 Hipótesis

Para este modelo se definieron las hipótesis nulas y alternas, con la finalidad de comparar todas las medias poblacionales de todos los tratamientos, y de esta forma poder decidir qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variable de interés, en este caso la pérdida de peso del tubérculo. A continuación, se muestran las hipótesis definidas que se muestran en el libro de Gutiérrez & De la vara (2008):

$$\begin{array}{ll} H_0 : \text{Efecto } A = 0 & H_A : \text{Efecto } A \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } B = 0 & H_A : \text{Efecto } B \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } C = 0 & H_A : \text{Efecto } C \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } AB = 0 & H_A : \text{Efecto } AB \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } AC = 0 & H_A : \text{Efecto } AC \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } BC = 0 & H_A : \text{Efecto } BC \neq 0 \\ H_0 : \text{Efecto } ABC = 0 & H_A : \text{Efecto } ABC \neq 0 \end{array}$$

En dónde;

A = Factor de exposición a la luz.

B = Factor de tipo de empaque.

C = Factor de tiempo de embalaje.

AB = Interacción entre exposición a la luz y tipo de empaque.

AC = Interacción entre exposición a la luz y tiempo de embalaje.

BC = Interacción entre tipo de empaque y tiempo de embalaje.

ABC = Interacción entre exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje.

3.5 Análisis de varianza

Para realizar el análisis de varianza se tuvo en cuenta todos los datos de pérdida de peso recolectados para cada uno de los tratamientos que se generaron en el arreglo experimental al relacionar cada uno de los niveles de los factores de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje, se procede entonces, a realizar un análisis de varianza (ANOVA). Para realizar este análisis de manera estadística fue necesario hacer uso de un software estadístico llamado Statgraphics Centurión XVI con versión 16.2.04, © 1982- 2013 StatPoint Technologies, Inc.

Es necesario resaltar que los datos de pérdida de peso están relacionados con la variación porcentual del tubérculo, la cual fue calculada mediante la ecuación 2. Cuyos datos de la variación de la pérdida de peso para cada uno de los tratamientos se encuentran en el Anexo 1.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \times 100\% \quad (2)$$

Para poder identificar cuáles son las mejores condiciones en cada uno de los factores de entrada (tiempo de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje), fue necesario hacer uso del test de Tukey y de esta forma escoger el mejor tratamiento que presente menor pérdida de peso en el tubérculo.

3.6 Verificación de los supuestos del modelo

Para poder validar los resultados de un modelo obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA) es necesario que los supuestos de dicho modelo se cumplan, en primer lugar, se debe cumplir que la respuesta se distribuya con normalidad, en segundo lugar, que exista varianza constante (igual varianza de los tratamientos) y también que exista independencia entre estos. Es importante decir que es muy común hacer uso de la muestra de los residuos para poder verificar los supuestos del modelo, debido a que, si se cumplen estos, los residuos se pueden presentar como una muestra aleatoria que hace parte de una distribución normal con media cero y varianza constante (Gutiérrez & De la vara, 2008).

➤ **Fase 2. Analizar las variables de respuestas obtenidas a partir del diseño experimental, con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento en el ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*)**

En esta fase se buscó analizar las variables de respuestas obtenidas a partir del diseño experimental, por medio del cual se determinó cuál es el mejor tratamiento en que el ñame presentó menor pérdida peso, este tratamiento fue escogido gracias al test de Tukey que es mencionada en la fase anterior.

Es importante decir, que en esta fase también se presentó un análisis referente al fenómeno de germinación, en donde se expresa de manera cualitativa si se presentó o no se presentó dicho fenómeno en alguno de los tubérculos, y en el caso de que se haya presentado, se debe definir a qué tiempo de exposición a la luz, con qué tipo de empaque y a qué tiempo de embalaje, el producto hortícola presenta dicha germinación.

➤ **Fase 3. Evaluar los costos de cada uno de los materiales que se requieren para efectuar el proceso de empaque del ñame Espino (*Dioscórea Rotundata*), con la finalidad de conocer el tipo de material que representa mayor economía.**

Los costos de empaque se calcularon considerando el costo de cada uno de los materiales (bolsas de polietileno, Papel kraft y Parafina), en la Tabla 6, se expone el costo de los materiales, teniendo en cuenta que cada uno cuenta con un costo diferente y se venden de manera diferente, es decir, por metros, por paquete, etc.

Tabla 5.

Costo de materiales

Material	Costo	Descripción
Bolsa de polietileno	\$3000	La bolsa de polietileno tiene este costo y tiene un contenido total de 80 unidades por paquete. Es importante resaltar que el proveedor de estas bolsas fue

		“Distribuidora Pizarro” ubicados en la ciudad de Sincelejo.
Papel Kraft	\$1000	El papel kraft se vende por pliegos y cada pliego cuenta con un metro de largo y con 1,5 metros de ancho. El proveedor de este papel fue “Distribuidora Pizarro” ubicados en la ciudad de Sincelejo.
Parafina	\$9000	Cada kilogramo de este material de empaque cuesta \$9000. Es importante decir, que este producto se adquirió en “Químicos de Sucre”

Fuente: Elaboración propia, a partir de costos brindados por el proveedor.

Es de mucha importancia resaltar que, para cada tipo de material se realizó el proceso de empaque considerando 12 tubérculos, es decir, se realizó esta operación para un total de 36 tubérculos, debido a que se evaluaron 3 tipos de empaque.

4. Resultados


4.1 Análisis del diseño experimental

4.1.1 Equipos, materiales y herramientas utilizados.

A continuación, se muestra cada uno de los equipos, herramientas y materiales requeridos en las corridas experimentales. En la Tabla 5 se muestra el listado de los equipos, herramientas y materiales utilizados en el proceso de las corridas con su respectiva descripción.

Tabla 6.

Equipos, herramientas y materiales utilizados.

Equipos	
Báscula o balanza	
 <p style="text-align: center;"><i>Fuente:</i> Elaboración propia.</p> <p>Uso: Esta báscula es usada para realizar el pesaje de los tubérculos (ñames) cada 8 días.</p>	<p>De acuerdo a información suministrada por (Torrey, 2018) :</p> <p>Marca: Torrey.</p> <p>Modelo: L-EQ 5/10.</p> <p>Serie: G16- 060549.</p> <p>Capacidad máxima: 5 kg ó 10 lb.</p> <p>Capacidad mínima: 20 g ó 0.04 lb.</p> <p>Plato: 20x24cm (7.8x9.4”).</p> <p>Display: Cristal líquido.</p> <p>Corriente eléctrica: 100/240Vca 50/60Hz.</p> <p>Rango de temperatura: -10 a 40°C (14 a 104°F).</p> <p>Batería recargable: 100 horas de duración.</p> <p>Peso neto: 3.5kg / 7.8lb.</p> <p>Peso con empaque: 4.8kg / 10.7lb.</p>
Mini Hotplate	



Fuente: elaboración propia.

Uso: este artefacto fue usado en la investigación para poder diluir la parafina que se iba a utilizar para empacar el tubérculo.

Gracias a información brindada por la empresa (Troemner, 2019) se pudo conocer las especificaciones de este producto, las cuales se muestran a continuación:

Marca: Troemner.

Modelo N°: 953201.

Nombre del modelo: Talboys

Medidas (LargoxAnchoxAlto):

6.5x5,75x5.32"

Material del plato: Aluminio.

Capacidad: 1000 ml

Rango de temperatura: hasta 400 °C

Velocidad: 100 a 1200 rpm

Voltaje: 120 V

Potencia: 565 W

Corriente: 6 A

Herramientas

Beaker



Fuente: (Labexco, 2018)

Uso: este biker fue usado para ser colocado en el mini hotplate y poder diluir la parafina sólida y de esta forma poder empaacar el ñame.

Gracias a información brindada por la empresa (Labexco, 2018) se pudo obtener información referente a las características técnicas del producto, las cuales se muestra a continuación:

Marca: BRIXCO

Referencia: 5319

Material: Vidrio Borosilicato 3.3

Forma de beaker: con pico.

Capacidad: 2000 ml

Dimensiones: 132 x 185 mm

Vida útil: 3 a 24 meses

Disposición final: 100% reciclable


Materiales

Papel Kraft



Fuente: elaboración propia

Este papel Kraft es de color marrón, y en esta investigación es en forma de pliegos. Según información suministrada por (Cámara Argentina del Papel y Afines, n.d.), el papel kraft es un papel de empaquetar y su composición es únicamente a base de celulosa de sulfato. Además, (Noguera, 2008) afirma que este cuenta con diversas propiedades relacionadas con la tenacidad, resistencia a la tracción, al

<p>Uso: es uno de los tipos de empaques usados para empacar algunos ñames durante el proceso de las corridas.</p>	<p>alargamiento y también a la rotura, esto dependiendo del calibre de dicho papel.</p>
<p>Bolsa de Polietileno</p>	
<div style="text-align: center;">  <p><i>Fuente:</i> elaboración propia</p> <p>Uso: es otro de los materiales utilizados en la investigación, con la finalidad de empacar algunos tubérculos.</p> </div>	<p>Este tipo de bolsa de polietileno de baja densidad contó con medidas de 12 pulgadas de ancho y 18 de largo, y el calibre de estas es de 0,6 mm.</p> <p>El polietileno de baja densidad es aquel material que proviene del petróleo, este tipo de polímero sintético cuenta con propiedades de tenacidad, ductilidad, además cuenta con muy buena resistencia química y con una gran baja permeabilidad al vapor de agua.(Ararat & Murillo, 2016)</p> <p>Adicional a esto, se puede decir que el polietileno de baja densidad es muy importante, debido a sus aplicaciones como material de empaque, ya que cuenta con un bajo costo y buenas propiedades mecánicas. (Guzmán & Murillo, 2014)</p>
<p>Parafina</p>	
	<p>Esta parafina se presenta en forma de bloque color blanco o ligeramente amarillento.</p> <p>Según información suministrada por el (Instituto Nacional de Seguridad e</p>

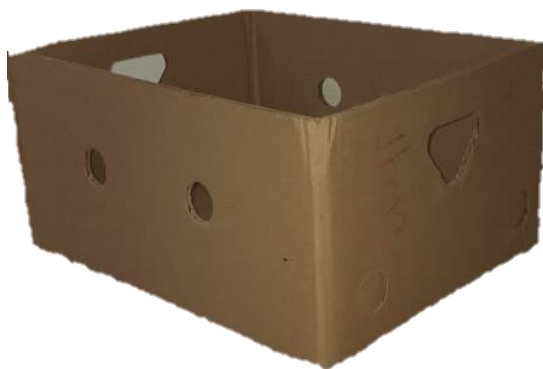


Fuente: elaboración propia

Uso: en esta investigación se utilizó como otro de los niveles de empaque de algunos tubérculos, en donde se derretía este material con la finalidad de sellar los ñames.

Higiene en el Trabajo, 2009) la parafina es un sólido que se obtiene del petróleo, pues este material está formado por una mezcla de hidrocarburos, siendo los alcanos saturados los que se ubican en primer lugar, además estos son insolubles en agua o en alcohol, y alcanzan su punto de ebullición a partir desde los 46 °C a 68 °C. es importante decir que la parafina se utiliza para la fabricación de velas, además es usada para sellar productos alimenticios y sirve como base para la fabricación de chicles.

Cajas de cartón corrugado (doble)



Fuente: Elaboración propia

Uso: se utilizó en esta investigación como material en donde se embalaban todos los diferentes ñames.

Según información suministrada por (Martínez, 2009), el cartón corrugado sencillo es aquel material que tiene una estructura compuesta por un papel ondulado, el cual aumenta el volumen del cartón, además cuenta con dos capas de papel que se encuentran alrededor de estas ondulaciones. Existe otro tipo de material llamado cartón corrugado doble, el cual cuenta con 3 capas de papel y con 2 ondulaciones. Cabe resaltar que estos materiales son usados para fabricar empaques o embalajes con la finalidad de utilizarlos para

	<p>transportar, conservar y almacenar diversos productos.</p> <p>Según (Jaimes, 2017) una de las ventajas de este tipo de material es que es económico, se puede reciclar y también se puede manipular de una manera muy fácil. Las desventajas que representan estas cajas de cartón es que son muy frágiles, además son muy sensibles a la humedad y el calor, y no se pueden reutilizar.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Proceso de las corridas.

En esta investigación fue necesario recolectar los tubérculos requeridos para realizar el experimento, estos tubérculos fueron cosechados en la finca “La coquera”, la cual se encuentra ubicada en un corregimiento de Sampués llamado Mateo Pérez, se llegó a este lugar a partir de las 8 a.m., con la finalidad de recolectar los ñames. En la *Figura 10* se muestra la recolección de ñame en la finca la coquera.



Figura 10. Recolección del ñame en la finca la coquera. Fuente: Elaboración propia.

Luego de recolectados, estos tubérculos fueron expuestos a la luz solar, resaltando que se establecieron grupos de tubérculos de acuerdo a los niveles de exposición a la luz, cada uno de los grupos con 9 ñames, es decir, 3 por cada repetición. Se debe resaltar que se expusieron en tiempo descendente, es decir, se realizó primero el factor 4 (3 horas), en segundo lugar, el factor 3 (2 horas), luego el 2 (1 hora) y, por último, el factor 1 (sin exposición). En la *Figura 11* se muestra una representación gráfica de la exposición de los tubérculos a la luz solar.



Figura 11. Ñames expuestos a la luz solar. Fuente: Elaboración propia.

Luego de terminar de exponer los tubérculos a la luz solar, fue necesario rotular las cajas en donde se almacenaron cada grupo, esto con la finalidad de transportar al laboratorio de Bioprocesos de la Corporación Universitaria del Caribe, en la *Figura 12* se muestra una ilustración en donde los ñames estaban expuestos y listos para ser transportados. Estando en este lugar, se tomó el peso inicial de los tubérculos mediante la balanza calibrada.



Figura 12. Ñames expuestos y listos para transportar. Fuente: Elaboración propia.

Al terminar el proceso de pesaje del ñame, se procedió a empaclar todos los tubérculos, cuyos ñames se empaclaron con los materiales definidos anteriormente; papel kraft, polietileno y parafina. Teniendo en cuenta que los metros de papel Kraft, se compraron en pliegos, cada pliego contaba con 1,5 m de ancho, el costo de este material fue de \$1000 por cada pliego. Se compraron bolsas de polietileno de baja densidad, cuyo costo del paquete fue de \$3000, el cual contaba con 80 bolsas por paquete. El tercer material utilizado fue parafina, el cual tuvo un costo de \$9000 por kilogramo.

Cabe resaltar que el proceso de parafinado fue el más complicado de los utilizados en la investigación, debido a que tomaba un poco más de tiempo, considerando que se debía diluir la parafina mediante el Mini Hotplate, calentándola en un bicker, y luego, el ñame era introducido en este líquido de parafina formando una pequeña capa que se consideraba como el empaque del tubérculo, se dejaba secar alrededor de unos segundos y posteriormente se tomaba el peso del tubérculo, con la finalidad de poder conocer el peso de la capa de parafina. En la *Figura 13* se muestra el proceso del parafinado de los tubérculos que fueron empaclados.



Figura 13. Proceso de parafinado de los tubérculos. Fuente: *Elaboración propia.*

Fue de mucha importancia contar con stickers para cada ñame con la finalidad de etiquetarlos con el respectivo código de tratamiento, de manera semejante, las cajas de cartón fueron marcadas con la información respectiva, en donde fueron embalados los tubérculos, esto con la finalidad de identificar de mejor forma los tratamientos y disminuir la ocurrencia de errores. Resulta relevante mencionar que cada caja tenía en su interior tubérculos con los diferentes

empaques, 3 repeticiones por cada material, es decir, en cada caja se almacenaban 9 ñames, pero la forma en que estos se encontraban almacenados en las cajas fue dada bajo las condiciones de exposición a la luz y de embalaje, es decir, en cada caja se almacenaban ñames con diferente tiempo de exposición y embalaje con respecto a las otras cajas.

Como se mencionó anteriormente, cada caja contó con 9 tubérculos, tres por cada material de empaque (papel kraft, polietileno y parafina) o, dicho de otra manera, las repeticiones de cada tratamiento. En la *Figura 14* siguiente se muestra la manera en que los ñames fueron ubicados en las cajas.



Figura 14. Distribución de ñames en caja. Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los procedimientos para empaques y embalaje, se ubicaron en orden los tubérculos, primero, los que no fueron expuestos, en segundo lugar, los que se expusieron al sol durante 1 hora, después los de 2 horas y en último lugar se ubican las cajas de los que fueron expuestos por 3 horas, quedando como se muestra en la *Figura 15*.



Figura 15. Almacenamiento de las cajas. Fuente: Elaboración propia.

Luego de ser almacenados todos los tubérculos, con ayuda de la balanza calibrada se pesaron todos los tubérculos con una frecuencia semanal, es decir, cada 8 días y asimismo se observaba si presentaba germinación en los tubérculos. Se utilizaron formatos en donde esta información era registrada, teniendo en cuenta que a todos los tubérculos se le tomaron datos de peso y germinación hasta cumplir los 28 días de almacenamiento.

4.1.3 Creación de diseño en Statgraphics.

Para poder realizar el análisis de varianza fue de mucha importancia crear el diseño que se necesitaba para analizar los datos recolectados, esto mediante el software estadístico en mención, en donde se debe buscar en la cinta de opciones del software las siglas DDE (Diseño de Experimentos), luego, se seleccionó la opción “procedimientos DOE heredados”, después se escogió “crear diseño” y posterior se seleccionó la opción de “diseño nuevo”. en la *Figura 16* se muestra el procedimiento explicado anteriormente.

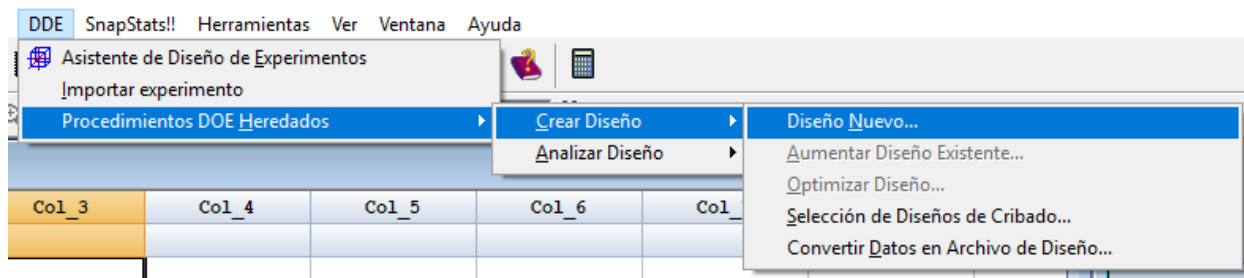


Figura 16. Creación de diseño. Fuente: Elaboración propia.

Luego de escoger la opción de diseño nuevo, aparece un cuadro de dialogo, el cual muestra la clase de diseño que se va a realizar, en este caso, se tomó la opción Multi-factor categórico, además, este software muestra el número de variables de respuesta a utilizar y los factores experimentales que se requieren. Para llevar a cabo el diseño en cuestión se utilizó una variable de respuesta (Pérdida de peso) y 3 factores experimentales (Exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje). En la Figura 17 se muestra este cuadro de dialogo.

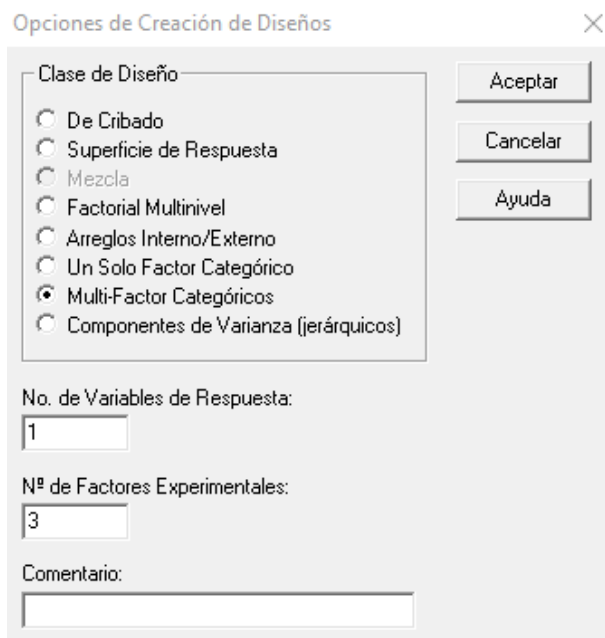
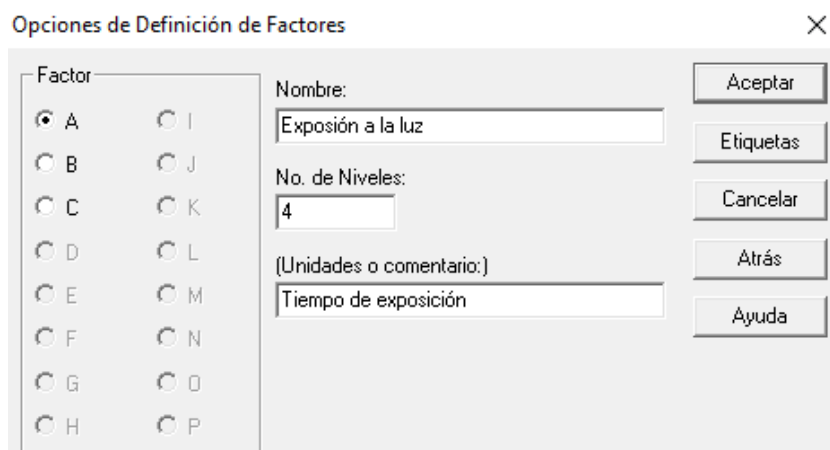


Figura 17. Opciones de Creación de diseño. Fuente: Elaboración propia.

Después de configurar el cuadro de opciones y de haber pulsado en “Aceptar”, aparece otro cuadro de diálogo, en donde, se muestran las opciones para definir a cada uno de los factores, cada factor tiene una letra que lo identifica, en este caso como son 3 factores, existen las letras A, B y C.

El factor A se definió como Exposición a la luz, el cual cuenta con 4 niveles (Sin exposición, 1 hora, 2 hora y 3 horas; estos están dados bajo las unidades de tiempo de exposición. (Figura 18)



Opciones de Definición de Factores

Factor

A I
 B J
 C K
 D L
 E M
 F N
 G O
 H P

Nombre:

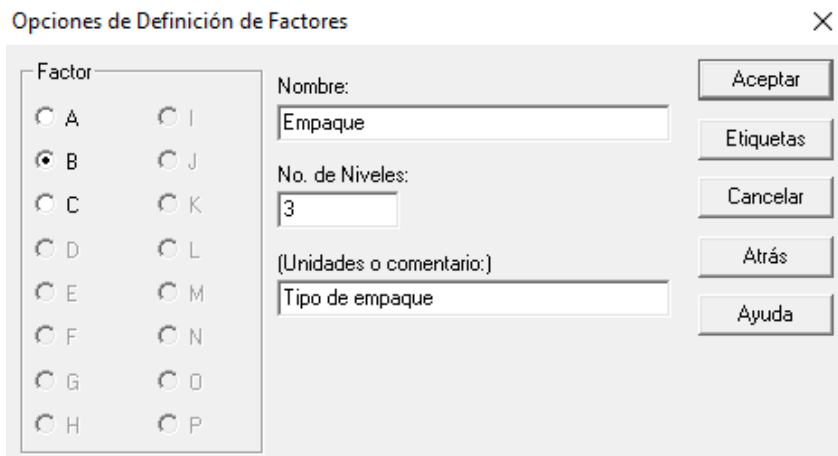
No. de Niveles:

(Unidades o comentario:)

Aceptar
Etiquetas
Cancelar
Atrás
Ayuda

Figura 18. Definición de factor A. Fuente: Elaboración propia.

El factor B se definió como Empaque o tipo de empaque, en donde existen 3 niveles en esta variable, los cuales son; bolsa de polietileno, papel kraft y parafina (Figura 19).



Opciones de Definición de Factores

Factor

A I
 B J
 C K
 D L
 E M
 F N
 G O
 H P

Nombre:

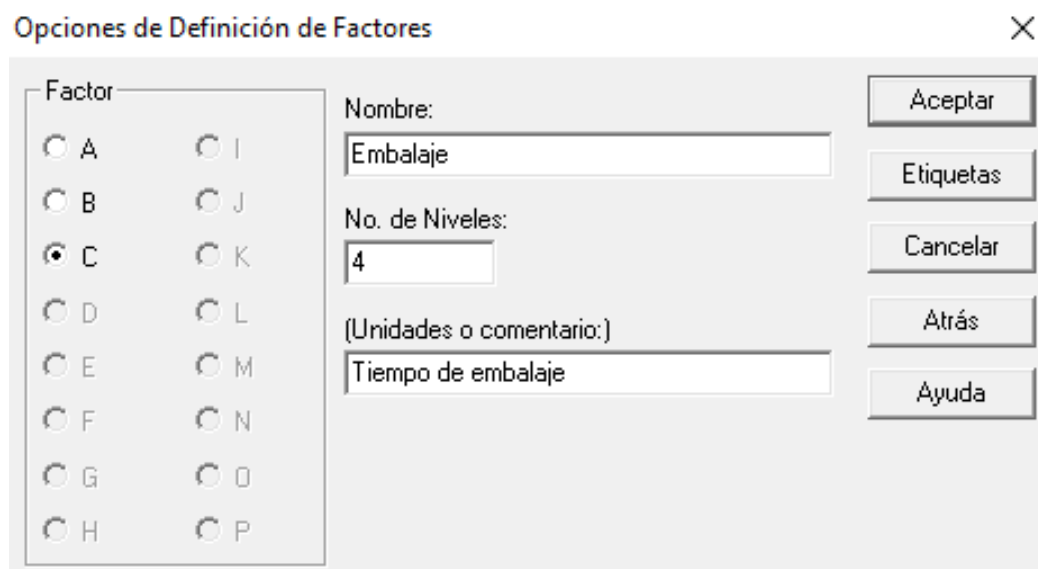
No. de Niveles:

(Unidades o comentario:)

Aceptar
Etiquetas
Cancelar
Atrás
Ayuda

Figura 19. Definición de factor Fuente: Elaboración propia.

El factor C se definió como Embalaje, y su unidad está dada bajo el tiempo de embalaje, además, se definieron la cantidad de niveles que interactúan en este diseño, existen 4 niveles en este factor (1, 15, 28 y 42 días), (*Figura 20*).



Opciones de Definición de Factores [X]

Factor

A I
 B J
 C K
 D L
 E M
 F N
 G O
 H P

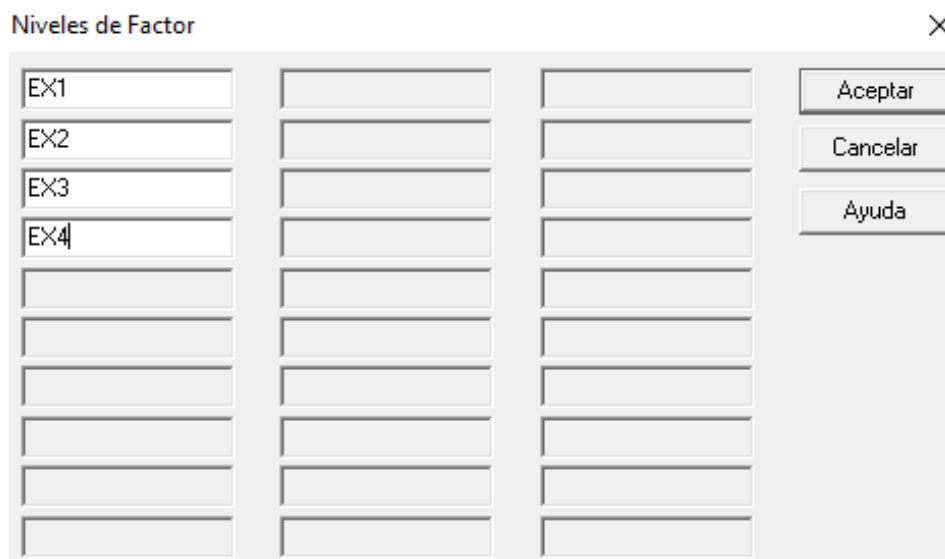
Nombre:

No. de Niveles:

(Unidades o comentario:)

Figura 20. Definición de factor C. Fuente: Elaboración propia.

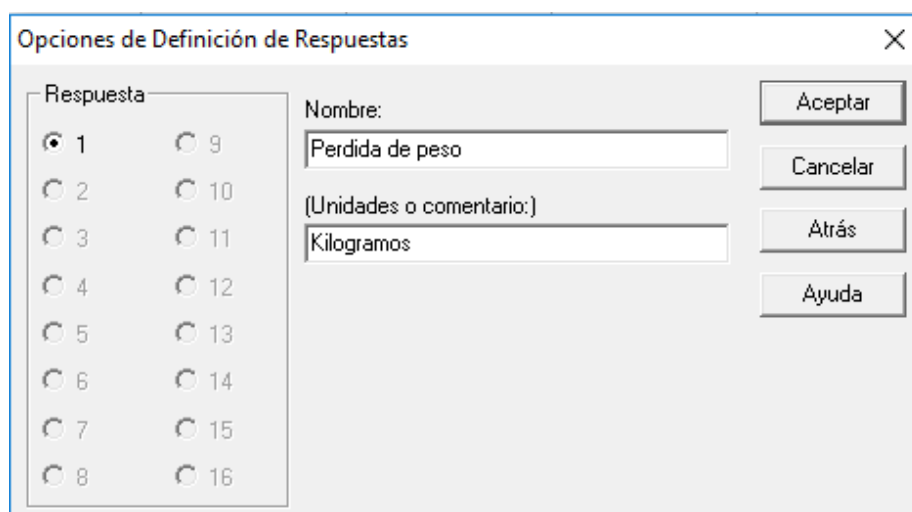
Es importante decir que, en este cuadro de diálogos existe una opción llamada “etiquetas”, la cual permite agregarles a los niveles de los factores un nombre o un código en específico. (*Figura 21*)



The image shows a dialog box titled "Niveles de Factor" with a close button (X) in the top right corner. It contains a table with four columns. The first column has text boxes containing "EX1", "EX2", "EX3", and "EX4", followed by several empty text boxes. The second, third, and fourth columns are empty. To the right of the table are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

Figura 21. Etiqueta de niveles. Fuente: Elaboración propia.

Después de dar clic en aceptar y definir todos los factores, se da paso a la definición de la variable de respuesta que se va a analizar, en este caso se analizó la pérdida de peso, la cual cuenta con unidades de kilogramos. En la *Figura 22* se muestra el cuadro de diálogo para definir la variable que se estudió.



The image shows a dialog box titled "Opciones de Definición de Respuestas" with a close button (X) in the top right corner. On the left, there is a "Respuesta" section with a list of radio buttons numbered 1 through 16. Radio button 1 is selected. To the right of this list are two text boxes: "Nombre:" containing "Pérdida de peso" and "(Unidades o comentario:)" containing "Kilogramos". On the far right are four buttons: "Aceptar", "Cancelar", "Atrás", and "Ayuda".

Figura 22. Definición de respuesta. Fuente: Elaboración propia.

Luego de configurar estas opciones de la variable de respuesta, aparece otro cuadro de opciones, pero esta vez para definir la cantidad de réplicas que se desean adicionar al estudio, por lo tanto, se necesitan 2 réplicas adicionales, debido a que se emplearon 3 réplicas en esta investigación, por lo tanto, para el experimento deben existir 144 datos sobre la pérdida de peso. Cabe resaltar que la opción de aleatorizar se debe desactivar, debido a que, si se selecciona, los tratamientos se ejecutan en desorden y se hace más complicada la organización de los datos. En la *Figura 23* se muestra este cuadro de opciones.

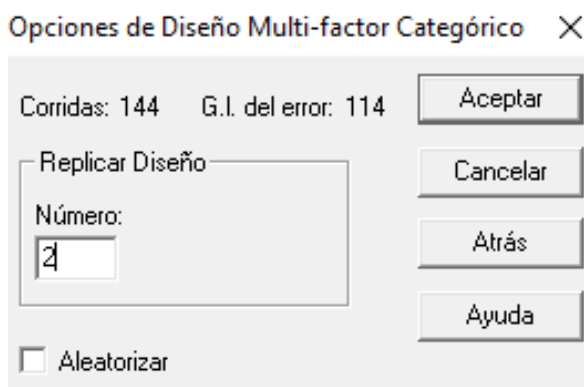
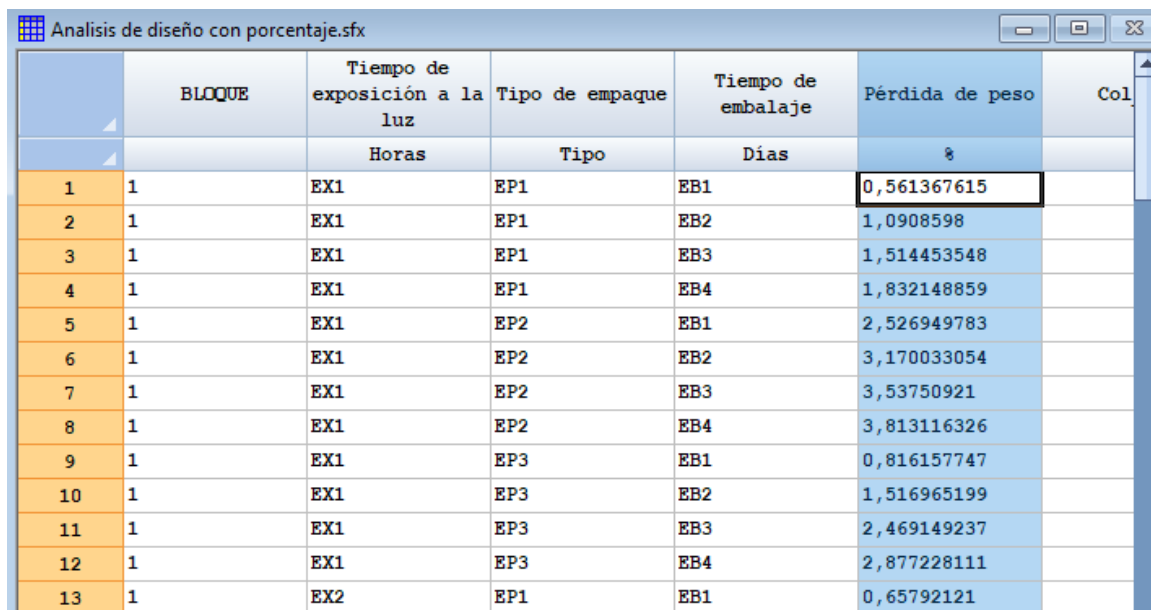


Figura 23. Definición de réplicas. Fuente: Elaboración propia.

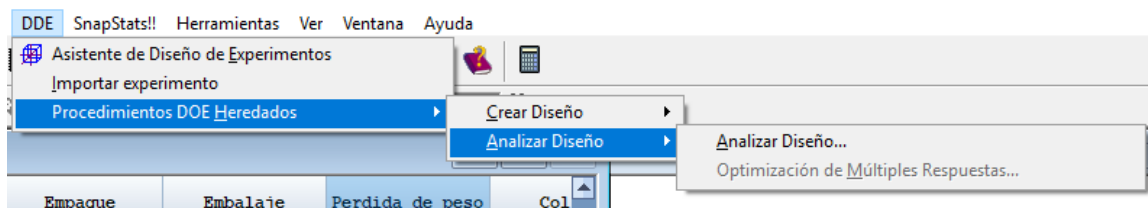
Luego de dar “Aceptar” aparece una lista de datos en donde se debe ingresar la información de cada tratamiento (*Figura 24*), teniendo en cuenta que estos están relacionados con la variación porcentual del tubérculo, la cual fue calculado mediante la ecuación 2 presentada anteriormente en la metodología de esta investigación.



	BLOQUE	Tiempo de exposición a la luz	Tipo de empaque	Tiempo de embalaje	Pérdida de peso	Col
		Horas	Tipo	Dias	%	
1	1	EX1	EP1	EB1	0,561367615	
2	1	EX1	EP1	EB2	1,0908598	
3	1	EX1	EP1	EB3	1,514453548	
4	1	EX1	EP1	EB4	1,832148859	
5	1	EX1	EP2	EB1	2,526949783	
6	1	EX1	EP2	EB2	3,170033054	
7	1	EX1	EP2	EB3	3,53750921	
8	1	EX1	EP2	EB4	3,813116326	
9	1	EX1	EP3	EB1	0,816157747	
10	1	EX1	EP3	EB2	1,516965199	
11	1	EX1	EP3	EB3	2,469149237	
12	1	EX1	EP3	EB4	2,877228111	
13	1	EX2	EP1	EB1	0,65792121	

Figura 24. Información por cada tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

Luego de ingresados los diferentes datos de todos los tratamientos, se procede a analizar mediante este software estadístico. Para esto, es necesario dirigirse a la lista de opciones del programa y elegir la opción DDE, en donde se escoge la opción Procedimiento DOE heredados, con la finalidad de comenzar el análisis del diseño establecido. En la *Figura 25* se presenta los explicado anteriormente.



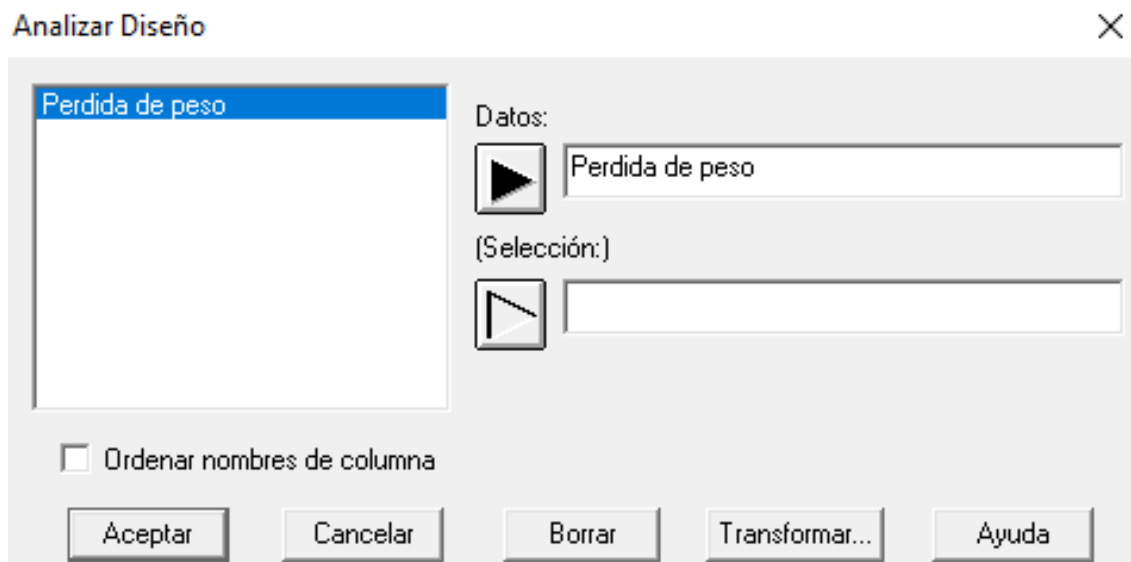


Figura 25. Análisis del diseño. Fuente: Elaboración propia.

Luego, se debe establecer la cantidad de interacciones que deben existir entre los factores. Para el diseño de este estudio se muestran 3 interacciones de orden máximo, así como se muestra en la *Figura 26*, debido a que se relaciona factor por factor (AB, BC y AC) y existe una interacción en que los tres factores (ABC) se analizan.

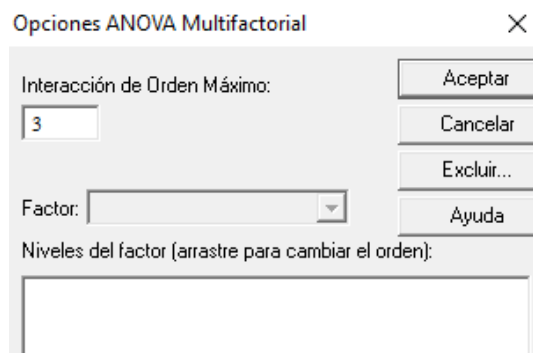


Figura 26. Interacciones del diseño. Fuente: Elaboración propia.

Luego de configurar las interacciones, se procede a definir las tablas y gráficos del análisis del experimento, en el caso de este análisis se seleccionaron todas las tablas y gráficos disponibles en el software. *Figura 27*.



Figura 27. Tablas y gráficos del análisis. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se pulsa “Aceptar” a esta configuración aparece una ventana con todos los resultados del diseño analizado, en donde se muestra un resumen del análisis, así mismo se presenta el ANOVA del experimento, tabla de medias, el gráfico de dispersión, gráficos de residuos, entre otros tipos de resultados.

4.1.4 Análisis del ANOVA.

Después de introducir todos los datos recolectados al diseño del experimento que fue creado, se analizó y se obtuvo el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 7, en donde se puede observar que la exposición a la luz es un factor significativo de forma independiente sobre la pérdida de peso del ñame, debido a que, cuenta con un valor-P de 0,0002, siendo este valor menor al 5% (0,05) que corresponde al nivel de significancia del experimento, cabe resaltar que los factores de tipo de empaque y el tiempo de embalaje cuenta también con un valor menor al nivel de significancia, estos cuenta con un valor p de 0. Además, la interacción entre el tiempo de exposición a la luz y tipo de empaque cuenta con un valor-P de 0,0036 lo que indica que esta interacción es estadísticamente significativa. En el caso de la interacción entre el tiempo de exposición a la luz y tiempo de embalaje no resultó significativa, debido a que su valor-p fue de 0,9949, siendo este mayor que el valor de referencia (0,05), esto mismo ocurrió con la interacción entre el tipo de empaque y tiempo de embalaje (valor-P: 0,2642), y también con la interacción

triple de los factores de tiempo de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje (valor-P: 1).

Con base a lo dicho anteriormente, se puede decir que las hipótesis nulas (H_0) se rechazan para $H_0: Efecto A = 0$, $H_0: Efecto B = 0$, $H_0: Efecto C = 0$ y $H_0: Efecto AB = 0$, de tal forma, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que las hipótesis alternas (H_A) son correctas, en donde $H_A: Efecto A \neq 0$, $H_A: Efecto B \neq 0$, $H_A: Efecto C \neq 0$ y $H_A: Efecto AB \neq 0$, por lo tanto, se puede decir que estos factores influyen la variable de respuesta de la investigación, en este caso sobre la pérdida de peso (%) del ñame.

Tabla 7.

Análisis de varianza.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Tiempo de exposición a la luz	9,00229	3	3,00076	7,15	0,0002
B:Tipo de empaque	130,375	2	65,1877	155,33	0
C:Tiempo de embalaje	53,6025	3	17,8675	42,58	0
AB	8,80959	6	1,46827	3,5	0,0036
AC	0,713036	9	0,0792262	0,19	0,9949
BC	3,27593	6	0,545988	1,3	0,2642
ABC	0,823585	18	0,0457547	0,11	1
Residuos	40,2882	96	0,419668		
Total (corregido)	246,891	143			

Fuente: Elaboración propia, a partir de Statgraphics.

4.1.5 Análisis de los supuestos.

Gracias a la prueba de Kolmogorov-Smirnov se obtiene que los datos de pérdida de peso no hacen parte de una distribución normal, debido a que cuentan con un valor-P menor a 0,05, pues el valor que se obtuvo que esta prueba fue de 0.004109.

Para determinar si el supuesto de varianza constante se válida, fue necesario analizar cada uno de los factores de esta investigación, en donde solamente cumple con este supuesto el factor de tiempo de embalaje, esto cumplimiento se conoció gracias a la prueba de Bartlett, entonces se puede decir que se valida el supuesto de homogeneidad de las varianzas, debido a que cuenta el factor de tiempo de embalaje cuenta con un valor-P igual 0.09739 y este es mayor que 0,05, en cambio los factores de tiempo de exposición a la luz y tipo de empaque cuenta con un valor-p menor al valor de referencia. En la *Figura 28* se muestra la gráfica de homogeneidad.

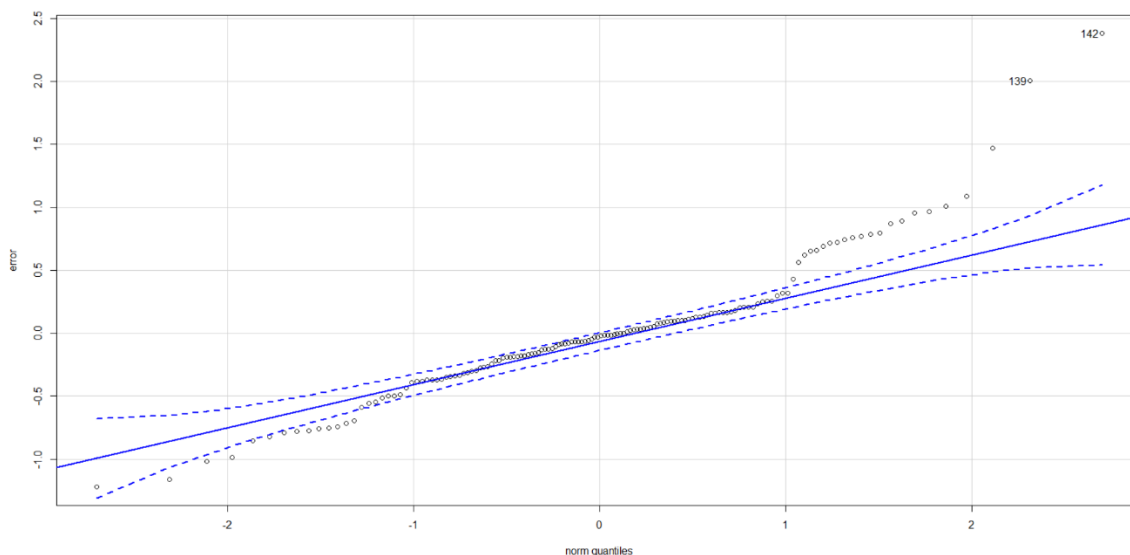


Figura 28: Grafico de homogeneidad. Fuente: elaboración propia a partir del software Statgraphics.

En el caso del supuesto de independencia se dice que se cumple, debido a que, el modelo se caracteriza por ser al azar.

4.1.6 Test de Tukey.

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) mediante al software estadístico llamado Statgraphics Centurion se realizó el método de Tukey con un nivel de confianza del 95% (0,95), es decir un error del 5% (0,05), este método permitió realizar observaciones para determinar cuáles tratamientos son diferentes entre sí y escoger cuál de todos es el mejor. Se evaluó en este caso cada nivel del tiempo de exposición a la luz (sin exposición, 1 hora, 2 horas, 3 horas), también cada nivel de empaque (Bolsa de polietileno, Papel kraft y parafina) y los de tiempo de embalaje (8 días, 15 días, 21 días y 28 días).

En el caso del factor de tiempo de exposición a la luz se obtuvieron dos grupos homogéneos, es decir, que no existen diferencias estadísticamente significativas entre estos niveles, lo que traduce a que estas medias se traslapan entre sí, dichos grupos están conformados por el nivel EX2 (1 hora), EX1 (sin exposición) y EX3 (2 horas), para los otros grupos homogéneos hacen parte los EX3 (2 horas) y EX4 (3 horas) en donde se logra percibir que la menor media registrada es la del nivel EX2 con un valor de 1,92981 (%) y le sigue el nivel EX1 con una media de 2,03332(%), pero estadísticamente iguales . En la Tabla 8 se muestra cada uno de los niveles con su respectiva media LS, sigma LS y si hacen parte de grupos homogéneos.

Tabla 8.

Prueba de tukey de Exposición a la luz

Tiempo de exposición a la luz	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
EX2	36	1,929 81	0,107 97	X
EX1	36	2,033 32	0,107 97	X
EX3	36	2,251 42	0,107 97	XX
EX4	36	2,582 93	0,107 97	X

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

En la Tabla 9 se presenta la diferencia entre cada uno de los niveles, y si es significativo o no dicha diferencia, pues cada una de estas comparaciones entre niveles tienen límites (+/-), en donde si se supera a este límite significa que es estadísticamente significativo, y si no, no lo es. Al realizar la diferencia entre las medias de EX1 - EX2, EX1 - EX3, EX2 - EX3 y EX3 - EX4, se obtiene que dicha diferencia no es significativa, al contrario de los contrastes entre EX1 - EX4 y EX3 - EX4, los cuales son estadísticamente significativos entre sí. Cabe resaltar que entre niveles que hacen parte de grupos homogéneos no existen diferencias significativas de forma estadística, debido a que se traslapan como es el caso del contraste EX1 - EX2, EX1 - EX3, EX2 - EX3 y EX3 - EX4.

Tabla 9.

Contraste de medias (Exposición a la luz)

Contraste	Significativ	Diferencia	+/- Límites
EX1 - EX2	o	0,103502	0,399222
EX1 - EX3		-0,218106	0,399222
EX1 - EX4	*	-0,549616	0,399222
EX2 - EX3		-0,321608	0,399222
EX2 - EX4	*	-0,653118	0,399222
EX3 - EX4		-0,33151	0,399222

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

Statgraphics también arrojó un gráfico de medias (*Means Plot*) con la finalidad de comparar visual y estadísticamente a cada una de las medias de todos los niveles de exposición a la luz, así como se muestra en la *Figura 29*.

Medias y 95,0% de Tukey HSD

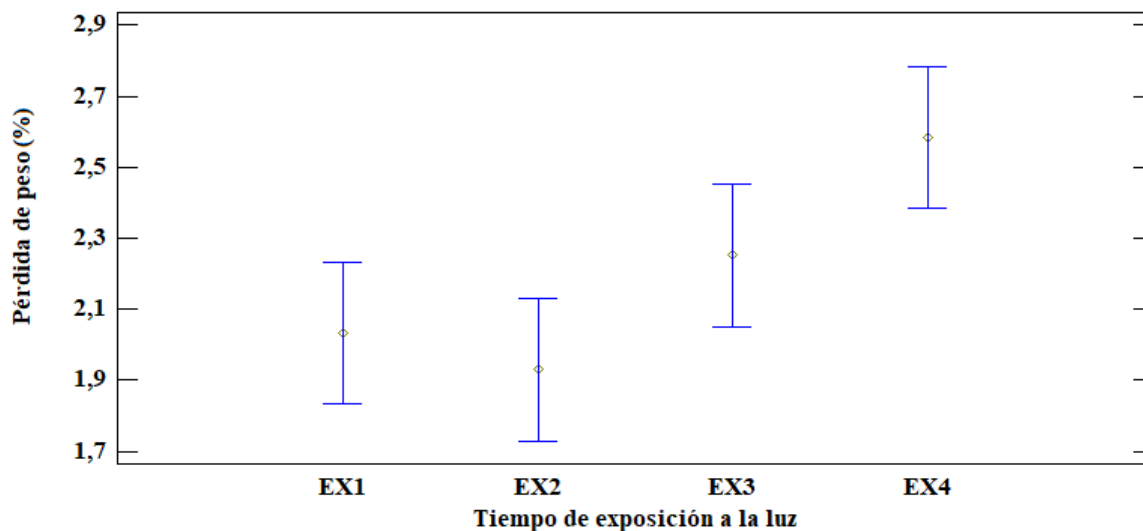


Figura 29. Gráfico de medias de exposición a la luz. Fuente: Elaboración propia a partir del software Statgraphics.

En la Figura 29, se puede reafirmar que existe dos grupos homogéneos, es decir, que se traslapan, pues se observa a los niveles EX1, EX2 y EX3, por último, los niveles EX3 y EX4 hacen parte de otro grupo homogéneo. De lo anterior se puede decir que en cada uno de los niveles de estos grupos son estadísticamente iguales entre ellos, es decir, EX1, EX2 Y EX3 son niveles estadísticamente iguales a pesar de poseer medias distintas.

De acuerdo a una investigación realizada por Villacrés, Brito Grandes, & Espín (2004) los tubérculos cuando son expuestos al sol pierden o eliminan agua, debido a que, según Russo et al.,(2007) “la temperatura puede aumentar en el interior de los tubérculos”, por lo tanto, se puede decir que estos pierden peso.

Además, existe la corriente del aire en el ambiente, lo que hace que este arrastre el vapor de agua que se encuentra alrededor de los tubérculos y de tal forman las raíces transpiren más, contribuyendo a la pérdida de peso de los ñames. (Iztacala, En, Lucía, & Meza, 2015)

En el caso del tipo de empaque se observó mediante esta prueba de Tukey que no existen grupos homogéneos, también se puede decir que factor de empaque con parafina y el de papel kraft, cuentan con medias mucho más grandes que la media del empaque con bolsa de polietileno. El empaque de polietileno cuenta con una media de 1,23683 (%), el de papel kraft con una media de 3,49502 (%) y para la parafina con una media de pérdida de peso de 1,86627 (%). Cabe resaltar que los códigos EP1, EP2 y EP3 hace referencia a bolsa de polietileno, papel kraft y parafina, respectivamente. En la Tabla 10 se muestra la información de cada uno de los niveles de empaque.

Tabla 10.

Tukey del tipo de empaque

Tipo de empaque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
EP1	48	1,23683	0,0935045	X
EP3	48	1,86627	0,0935045	X
EP2	48	3,49502	0,0935045	X

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

En la Tabla 11 se muestra el contraste entre los niveles de empaque, en donde se conoce si las medias entre estos niveles son estadísticamente significativas, en el caso de EP1 – EP2, EP1 – EP3 y EP2 – EP3, se puede considerar como significativo, ya que estas cuentan con medias estadísticamente diferente, debido a que, entre niveles no hacen parte de un mismo grupo homogéneo, lo que significa que ninguno de los niveles se traslapan en el gráfico de medias.

Tabla 11.

Contraste de medias (Empaque)

Contraste	Significativo	Diferencia	+/- Límites
EP1 - EP2	*	-2,25819	0,262486

EP1 - EP3	*	-0,629441	0,262486
EP2 - EP3	*	1,62875	0,262486

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

En el gráfico de medias se presenta información visual suministrada en la Tabla 11, en donde se analiza que el tipo de empaque con bolsa de polietileno de baja densidad es aquel nivel que representa estadísticamente menor pérdida de peso sobre los tubérculos, además el empaque de papel kraft es el que representa mayor pérdida y el de parafina se observó en un nivel intermedio. En la Figura 30 se muestra el gráfico de medias de Tukey.

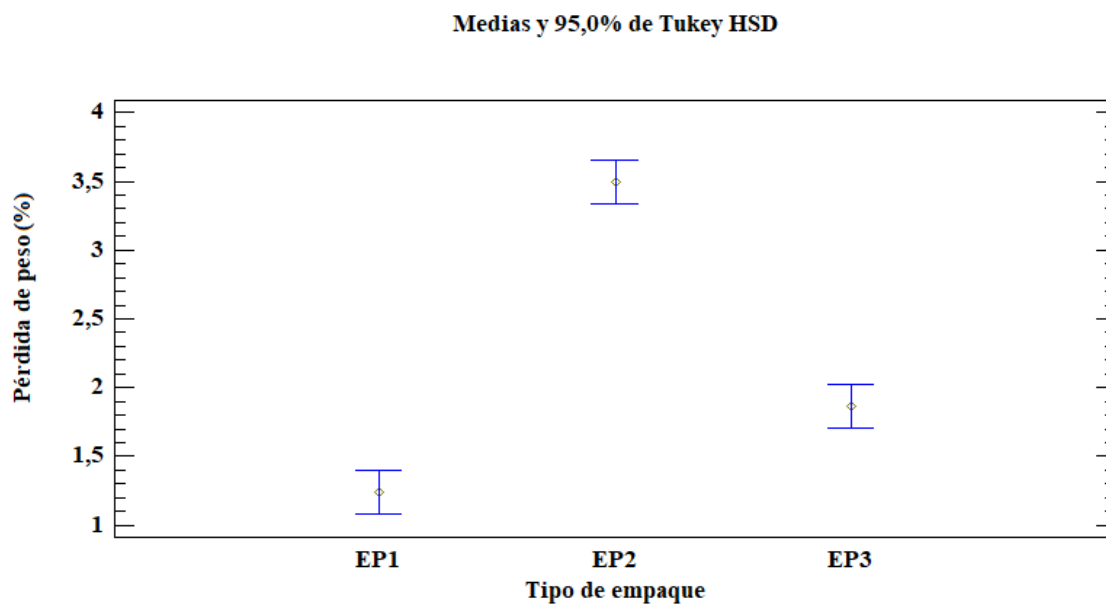


Figura 30. Gráfico de medias de Tipo de empaques. Fuente: Elaboración propia a partir del software Statgraphics

En un estudio realizado por Cenoz, López, & Burgos (2016) empacaron la mandioca con película de polietileno, en donde demostraron que la privación del oxígeno, retarda más el deterioro de las raíces, y de esta manera se logra una mayor conservación de los tubérculos, cabe resaltar que en los resultados, las raíces que fueron empacadas con este material fueron los que contaron con menor pérdida de peso que cuando no se hace uso de algún empaque, debido a que, este impidió la deshidratación del tubérculo.

En el caso de la parafina se puede decir que este tipo de empaque es usado para disminuir el deterioro de los tubérculos, puesto que reduce la pérdida de agua, disminuye los niveles de respiración de la planta, además, limita el intercambio gaseoso (Huaraca Jerónimo, 2009). En un estudio realizado por Sánchez Soto, Ramos, & Torres Mendoza (2014) compararon el empacado de la yuca con parafina y sin parafina, de dicha investigación se obtuvo que; al parafinar este tubérculo se observa una menor pérdida de peso que cuando esta cuenta sin ningún método de empaque, debido a que se presenta menor pérdida de agua.

Lo que se dijo anteriormente, representa que, para los tipos de empaque, existe afectación a la variable de respuesta (pérdida de peso), debido a que se presentan pérdidas en el contenido de agua, pues en algunos tipos de empaque esta disminución del contenido es mayor que en otros tipos, como es el caso del papel kraft.

Para el caso del tiempo de embalaje se puede decir que existe un solo grupo homogéneos, en donde se observó que a los 28 días (EB4) y los 21 días (EB3) estadísticamente se presentaron más pérdida de peso que en los otros niveles, en segundo lugar, se ubica el nivel EB que corresponde a los 15 días y, por último, se encuentra el nivel EB1 (8 días de almacenamiento) que es estadísticamente el que cuenta con menor pérdida de peso de los 4 niveles, este cuenta con una media de 1,32348 (%) y el de mayor media de pérdida de peso es el de 28 días con una media de 2,93741 (%). En la Tabla 12 se muestra la diferencia mínima significativa para cada uno de los tiempos de embalaje que se utilizaron en el diseño experimental.

Tabla 12.

Prueba de Tukey de tiempo de embalaje

Tiempo de embalaje	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
EB1	36	1,32348	0,10797	X
EB2	36	1,97884	0,10797	X
EB3	36	2,55775	0,10797	X
EB4	36	2,93741	0,10797	X

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

Para el tiempo de embalaje, se presentaron diferencias de medias estadísticamente significativa, debido a que la mayoría de las diferencias entre los contrastes no superan el límite que se obtuvo en el software, el cual cuenta con un valor de 0,399222 a excepción del contraste EB3-EB4, teniendo en cuenta que los que son significativos entre sí son los contrastes EB1-EB2, EB1-EB3, EB1-EB4, EB2-EB3 y EB2-EB4, debido a que no se traslapan o no hacen parte de un grupo homogéneo. En la Tabla 13 se muestra el contraste de medias entre todos los niveles de tiempo de embalaje.

Tabla 13.

Contraste de medias (Tiempo de embalaje)

Contraste	Significativo	Diferencia	+/- Límites
EB1 - EB2	*	-0,655367	0,399222
EB1 - EB3	*	-1,23427	0,399222
EB1 - EB4	*	-1,61394	0,399222
EB2 - EB3	*	-0,5789	0,399222
EB2 - EB4	*	-0,958569	0,399222
EB3 - EB4		-0,379669	0,399222

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics

De acuerdo a esto, se puede obtener el gráfico de medias, en donde se puede percibir que la mayoría de los niveles que existen no se traslapan entre sí, solamente los niveles EB3 Y EB4. De lo que se puede decir que el nivel que representa menor pérdida de peso es para un tiempo de almacenamiento de 8 días, y los que representa de manera estadística una mayor pérdida es cuando se almacena con un tiempo de almacenamiento de 21 días y 28 días, en la Figura 31 se muestra el gráfico de medias de tukey.

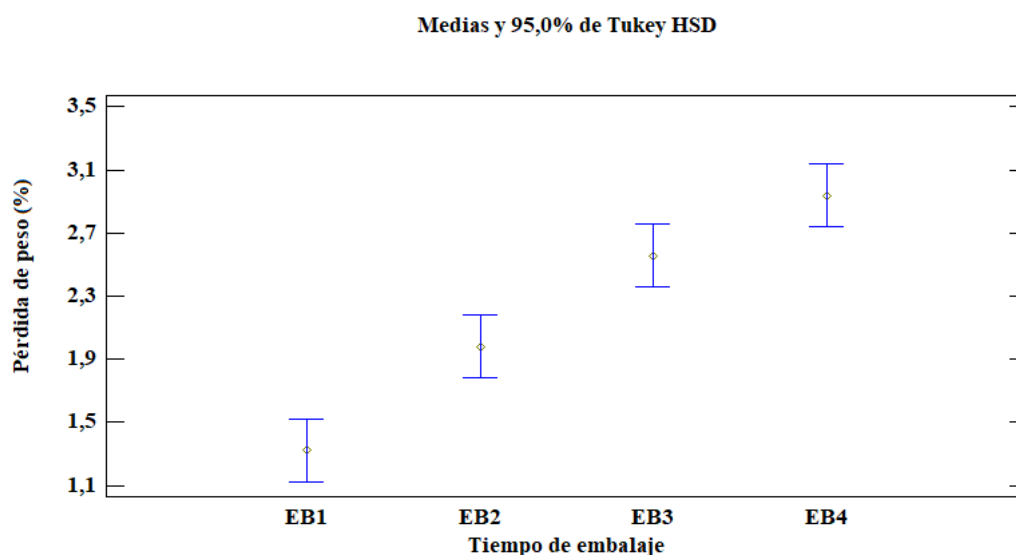


Figura 31. Gráfico de medias de Tiempo de embalaje. Fuente: elaboración propia a partir del software Statgraphics

Según información brindada por (FAO, 2018) las frutas y hortalizas están compuesta normalmente por agua, y que a través del tiempo estas se van deshidratando, lo que se traduce a una disminución del peso fresco del producto.

Entonces si un ñame se encuentra almacenado, al pasar el tiempo este contará con menor peso y esto va a depender también de las condiciones de almacenamiento en las que se encuentre, tal y como se analizó anteriormente.

Como se obtuvo en el análisis de varianza (ANOVA), se observó que existía interacción entre los factores AB (Tiempo de exposición a la luz y tipo de empaque), debido a que, su valor p es menor a 0,05 (5%) lo que significa que su interacción es significativa para la pérdida de peso del tubérculo, en *la Figura 32* se muestra que, si existe tal interacción, ya que el efecto del tiempo de exposición sobre la pérdida de peso es diferente dependiendo del nivel de tipo de empaque.

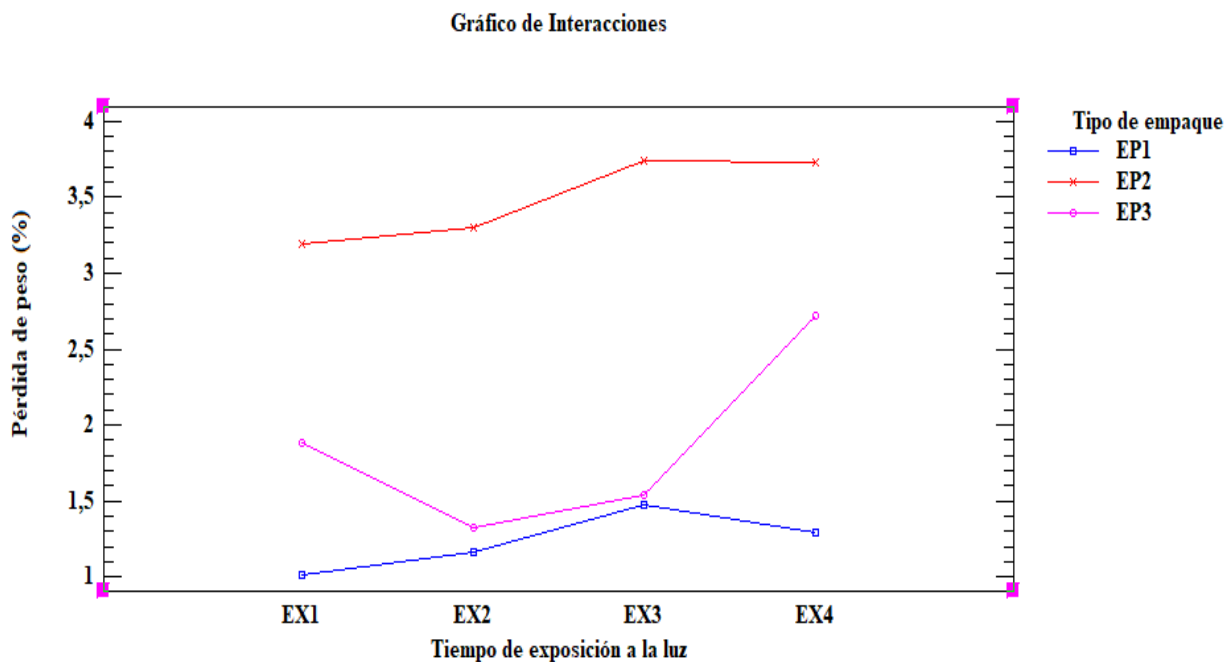


Figura 32. Gráfico de interacción entre los factores A y B. Fuente: elaboración propia a partir del software Statgraphics

Asimismo, en el análisis de varianza se obtuvo que las interacciones AC (tiempo de exposición a la luz y Tiempo de embalaje), BC (Tipo de empaque y Tiempo de embalaje) y en la interacción entre todos los factores (ABC) no contaban con significancia sobre la pérdida de peso, debido que los efectos entre el factor del tiempo de exposición (A) sobre la pérdida de peso son indiferentes al tiempo de embalaje (C), de igual forma, en la interacción entre el tipo de empaque (B) y el tiempo de embalaje (C) tampoco actúa sobre la pérdida de peso de manera considerable. En las *Figuras 33* y *34* se muestra el grafico de interacciones, para los efectos AC y BC, respectivamente.

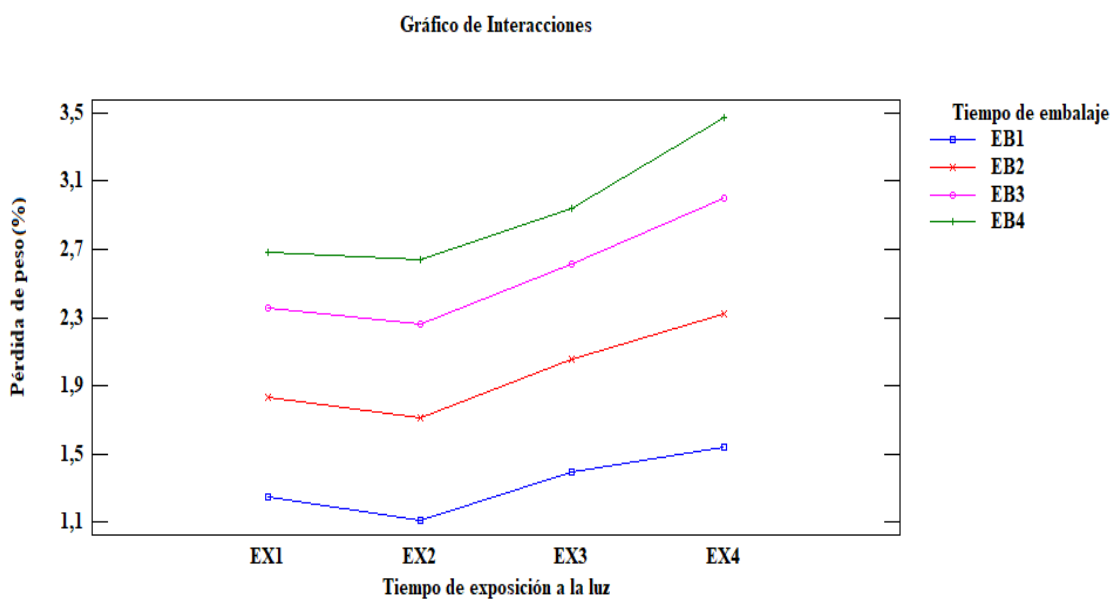


Figura 33. Gráfico de interacción entre los factores A y C. Fuente: Elaboración propia a partir del software Statgraphics

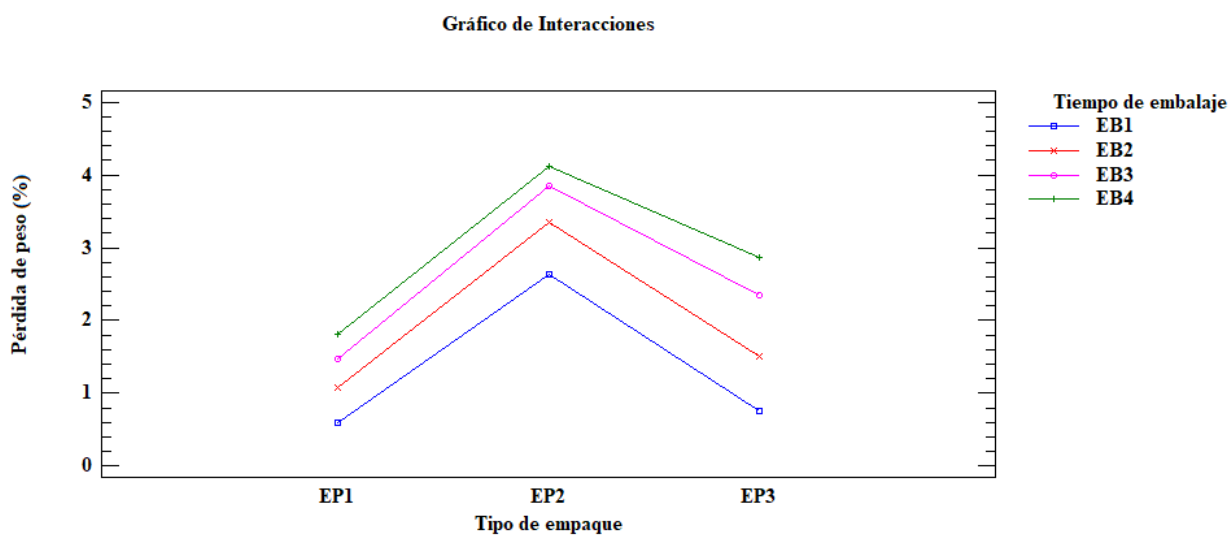


Figura 34. Gráfico de interacción entre los factores B y C. Fuente: Elaboración propia a partir del software Statgraphics

De acuerdo a esto, resulta conveniente analizar la interacción entre tiempo de exposición a la luz y el factor del tipo de empaque, con la finalidad de conocer el comportamiento de estos factores cuando entran en interacción, debido a que en el análisis de varianza resultó estadísticamente significativo, debido a que su valor- P resultó menor a 0,05, en cambio las interacciones entre tiempo de exposición a la luz y tiempo de embalaje y la interacción entre tipo de empaque y tiempo de embalaje contaron con un valor mayor a este. Cabe resaltar que para este análisis entre los factores se usó el Software estadístico llamado R Studio Versión 1.1.463 – © 2009-2018 RStudio, Inc.

Cuando se contrastan los factores de Tipo de empaque y de tiempo de exposición a la luz, se obtiene que en las bolsas de polietileno las medias son estadísticamente iguales para cada uno de los niveles de exposición, cuando los tubérculos se empacan en papel kraft, las medias también resultan estadísticamente iguales, en cambio cuando se empaca con parafina las medias de los primeros factores de tiempo de exposición a la luz (sin exposición, 1 hora y 2 horas) cuentan con medias iguales de forma estadística, a excepción de cuando se exponen a 3 horas que pierden mayor peso (2.721928 %). Además, se puede decir que cuando los tubérculos no se exponen a la luz solar, los ñames presentan medias diferentes, en donde el mejor material cuando se empaca a esta condición es con bolsas de polietileno, pues representa una pérdida de (1.018349 %) mucho menor a cuando se hace uso de papel kraft y parafina. Cuando el tubérculo se expone durante 1 hora, se presenta que la parafina y las bolsas de polietileno presentan medias estadísticamente iguales y son menores que cuando se empacan con papel kraft (3.301898%). Para el caso de la exposición de 2 horas ocurre lo mismo que cuando se expone a una hora, pues el papel kraft representa mayor pérdida de peso (3,742195%). Si los tubérculos son expuestos durante 3 horas, resulta conveniente empacar en bolsa de polietileno, debido a que cuenta con una pérdida de peso de 1.293827%, en cambio, cuando el material utilizado es papel kraft o parafina existen mayores variaciones de peso. En la Tabla 14 se presenta la información anteriormente dicha.

De acuerdo a lo anterior se puede decir que la bolsa de polietileno estadísticamente es la que representa menor pérdida de peso del ñame en cualquier nivel de exposición, y que para el factor exposición a la luz cuando se relaciona con los niveles de tipo de empaque, la que representa

menor variación de peso es cuando no se expone a la luz con un valor de 1.018349%. En la *figura 35* se presenta de manera gráfica cada uno de los niveles de tiempo de exposición vs el tipo de empaque relacionándolas con la variable de respuesta (pérdida de peso), en donde el color azul representa las bolsas de polietileno, el rojo el papel kraft y el verde representa el empaque con parafina.

Tabla 14.

Test de comparaciones múltiples de Tukey

Tiempo de exposición a la luz	Tipo de empaque		
	Bolsa de Polietileno	Papel Kraft	Parafina
Sin exposición	1.018349 ^{c,A}	3.202943 ^{a,A}	1.878655 ^{b,B}
1 hora	1.163488 ^{b,A}	3.301898 ^{a,A}	1.324055 ^{b,B}
2 horas	1.471638 ^{b,A}	3.742195 ^{a,A}	1.54043 ^{b,B}
3 horas	1.293827 ^{c,A}	3.73304 ^{a,A}	2.721928 ^{b,A}

Fuente. Elaboración propia a partir de R Studio.

Para la Tabla 14 es importante decir que en las columnas se comparan el tiempo de exposición a la luz contra el tipo de empaque (literales en mayúsculas), y en las filas se relaciona el tipo de empaque contra el tiempo de exposición a la luz (literales en minúsculas).

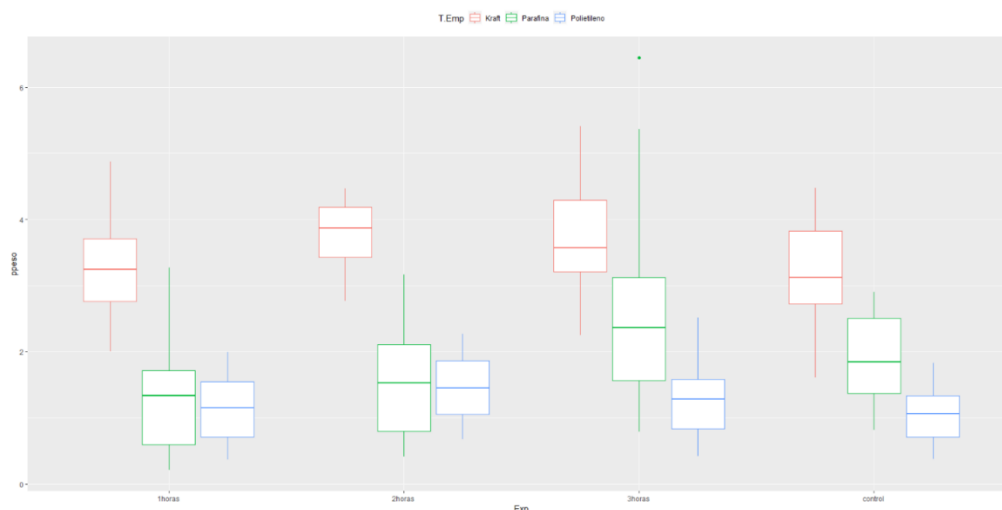


Figura 35. Tiempos de exposición a la luz vs Tipos de empaque. Fuente: Elaboración propia a partir de R Studio.

4.2 Resultados de variables de respuestas

De acuerdo al análisis estadístico se puede determinar el tratamiento que representa una menor pérdida de peso sobre el tubérculo, teniendo en cuenta que para el caso del tiempo de exposición a la luz existieron el que menor pérdida de peso representaba es el nivel EX1 (sin exposición) en el caso del empaque se presenta que el mejor nivel es el empaque de bolsa de polietileno de baja densidad (EP1), debido a que, con este se presenta una menor pérdida de peso del tubérculo de manera estadística, y para el embalaje, el tiempo que mejor se relaciona con la variable de respuesta mencionada es con un almacenamiento durante 8 días (EB1). En definitiva, y en base a los resultados arrojados por el software es posible afirmar que el mejor tratamiento para que se presente menor pérdida de peso es: EX1 – EP1 – EB1 “sin exposición– bolsa de polietileno de baja densidad – 8 días”.

Para el caso de la germinación se puede decir que no se presentó este fenómeno en ninguno de los tubérculos, por lo tanto, se puede decir que el ñame espino es un producto que puede ser almacenado perfectamente bajo las condiciones de tiempo de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje, sin presentar ninguna afectación del producto durante el tiempo máximo en el que fue almacenado (28 días).

4.3 Costos de empaque

Para cada uno de los tipos de materiales de empaque, existieron 12 ñames, es decir, se empaclaron en cada réplica 3 tubérculos. En el caso de la bolsa de polietileno, se obtuvo que cada ñame que fue empacado con esta, contaba con un precio de \$38 en promedio, este valor se obtiene al dividir el costo del material entre la cantidad de unidades que trae cada paquete, así como se muestra a continuación:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo del material}}{\text{Cantidad por paquete}}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$ 3000}{80 \text{ unidades}} = \$ 38/\text{unidad}$$

En la Tabla 15 se muestra el costo total y el costo promedio de empacar los tubérculos con bolsas de polietileno de baja densidad, en donde se obtuvo que el costo total es de \$ 450 para 12 ñames y de \$38 para un ñame, así como se mencionó anteriormente.

Tabla 15.

Costo de bolsa de polietileno

EX	EP	Réplica 1 (kg)	Réplica 2 (kg)	Réplica 3 (kg)
1	1	\$ 38	\$ 38	\$ 38
2	1	\$ 38	\$ 38	\$ 38
3	1	\$ 38	\$ 38	\$ 38
4	1	\$ 38	\$ 38	\$ 38
Sumatoria		\$ 450		
Promedio		\$ 38		

Fuente: Elaboración propia

Para el papel kraft se tuvo que medir la cantidad de papel utilizado para poder envolver cada uno de los tubérculos, en este proceso se utilizó un total de 1,3983 metros de largo y 1,5 de ancho, lo que representa menos de 1 pliego para poder empacar los 12 ñames, es decir, que en promedio se utilizó 0,039 metros para cada ñame, esto se obtiene al dividir la cantidad de material utilizado entre los tubérculos totales empacado, así como se muestra a continuación:

$$\text{Metros por tubérculo} = \frac{\text{Cantidad de material utilizado}}{\text{Tubérculos totales empacados}}$$

$$\text{Metros por tubérculo} = \frac{1,3983 \text{ metros}}{12 \text{ Tubérculos}} = 0,117 \text{ metros/ tubérculo}$$

Gracias a esto se pudo conocer el costo unitario de cada empaque, teniendo en cuenta que el costo por pliego es de \$ 1000, a continuación, se muestra dicho costo unitario por ñame empacado:

$$\text{Costo unitario} = \text{Costo del material} * \text{Cantidad de metros por unidad}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$ 1000}{\text{metro}} * \frac{0,117 \text{ metros}}{\text{unidad}} = \$ 117 / \text{unidad}$$

De acuerdo a esto, se puede decir que el costo unitario en promedio por unidad empacada con papel kraft es de \$117 y que los costos totales de los tubérculos empacados con este papel son de \$ 1398. En la Tabla 16 se presenta la distribución de los costos de empaque del papel kraft.

Tabla 16.

Costo en papel kraft.

EX	EP	Réplica 1 (kg)	Réplica 2 (kg)	Réplica 3 (kg)
1	2	\$ 117	\$ 117	\$ 117
2	2	\$ 117	\$ 117	\$ 117
3	2	\$ 117	\$ 117	\$ 117

4	2	\$ 117	\$ 117	\$ 117
Sumatoria		\$ 1398		
Promedio		\$ 117		

Fuente: Elaboración propia.

Para el empaque con parafina, como se explicó en el proceso de parafinado, fue necesario conocer el peso inicial del ñame y el peso final, luego de ser recubierto con la capa de parafina, esto con la finalidad de poder conocer el peso de la parafina al saber la diferencia entre los dos pesos. (Anexo 2).

Entonces, para conocer el costo unitario fue necesario contar con el costo de la parafina por kilo, la cual tiene un precio en el mercado de \$9000, además, la cantidad de kilogramos utilizados en cada ñame, es decir, la diferencia entre el peso inicial y final. A continuación, se muestra el cálculo del primer ñame de la primera réplica:

$$\text{Costo unitario} = \text{Costo del material} * \text{Cantidad de kilogramos utilizados}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$ 9000}{\text{kg}} * \frac{0,008 \text{ kg}}{\text{unidad}} = \$ 72/\text{unidad}$$

Luego, se calcularon cada uno de los costos que representa en cada uno de los tubérculos empacados con parafina, se muestran en la Tabla 17 todos los resultados, en donde se obtuvo que para empacar con parafina todos los ñames, el costo total de \$ 801 y que en promedio se tiene un costo de \$67 por cada ñame.

Tabla 17.

Costo en parafina.

EX	EP	Réplica 1(kg)	Réplica 2 (kg)	Réplica 3(kg)
1	3	\$ 72	\$ 54	\$ 63
2	3	\$ 54	\$54	\$ 45

3	3	\$ 63	\$72	\$ 63
4	3	\$ 99	\$90	\$ 72
Sumatoria		\$ 801		
Promedio		\$ 67		

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los tres tipos de empaque, se obtiene que el costo de empaque por unidad es más alto para el material de papel kraft, pues este tiene un costo de empaque de \$117 por unidad, en segundo lugar, se encuentra la parafina, cuyo costo es de \$67, finalmente la bolsa de polietileno su costo es de \$38, siendo este último el que representa más beneficio, en términos de costo. Si se compara el costo de la parafina con el de la bolsa de polietileno, se puede decir que existe una diferencia de \$29, es decir, la parafina casi duplica el costo empaque de la bolsa de polietileno. y si se contrasta el empaque con polietileno contra el papel kraft, se puede decir que existe una diferencia de \$ 79, lo que traduce a que el papel kraft triplica los costos de empaque que cuando se empaca en bolsa de polietileno. En la *Figura 36* se presenta un gráfico sobre el costo de empaque por unidad.

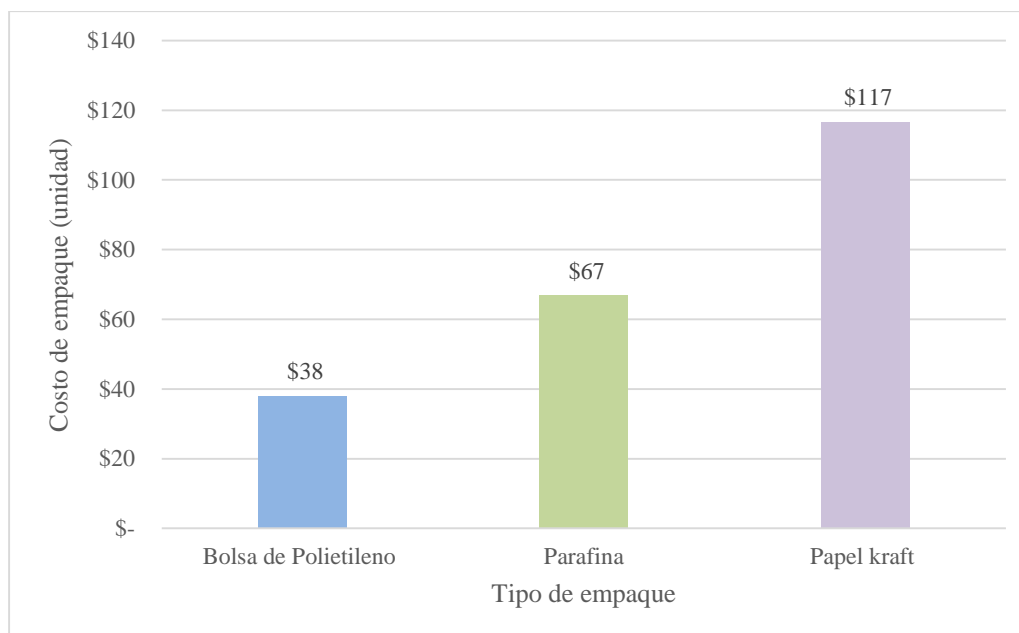


Figura 36. Costo promedio por empaque. Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta el desarrollo del proyecto, mediante el diseño experimental se puede demostrar que los factores de tiempo de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje, son variables que efectivamente tienen influencia significativa sobre la pérdida de peso del ñame, en donde existe una interacción entre el factor de exposición a la luz y tipo de empaque, es decir, de manera conjunta existe mayor afectación sobre la variable de respuesta (pérdida de peso).

Además, es importante decir que, mediante el análisis estadístico se logró determinar el mejor tratamiento que representa menores de pérdidas de peso del tubérculo, en el caso de la exposición a la luz, se observó que entre el nivel EX1 presentaba menores pérdidas de peso. Para el tipo de empaque se determinó que la bolsa de polietileno de baja densidad (EP1) fue mejor que los otros tipos de empaques analizados, y para el tiempo de embalaje es importante almacenar el tubérculo durante 8 días, debido a que los ñames se relacionaban mejor con la variable de respuesta al compararlo con los otros niveles de este factor.

Como se mencionó en el desarrollo del proyecto, otra variable de respuesta analizada, pero de manera cualitativa, fue la germinación, de la cual se puede decir que en el transcurso de la investigación no se observó afectación del tubérculo por parte de este fenómeno, lo que permite decir que, bajo estas condiciones de tiempo de exposición a la luz, tipo de empaque y tiempo de embalaje, los tubérculos pueden ser almacenados de manera efectiva, sin correr el riesgo de no cumplir con este parámetro de calidad.

En esta investigación se analizó los costos que proporcionaba cada uno de los materiales utilizados para realizar el empaque, en donde la mejor opción fue empacarlo en bolsa de polietileno, debido a que, por ñame, representaba en promedio menor costo que los otros niveles de este factor. En caso de que una empresa exporte grandes cantidades de ñame, el costo total por empaque será menor que utilizar papel kraft o parafina.

Al comparar el menor costo por empaque con respecto al mejor nivel de empaque que presenta menor pérdida de peso, se puede decir que en ambos casos termina siendo beneficioso hacer uso de la Bolsa de polietileno como material para empacar, debido a que, representa menor costo que cuando se hace uso de papel kraft y parafina, y en el caso de la pérdida de peso y la germinación también es conveniente hacer uso de la Bolsa de polietileno, ya que la pérdida de peso en este tipo material, estadísticamente, es menor que en los otros tipos de materiales, y conserva, al igual que los otros niveles de empaque, la inexistencia del proceso de germinación bajo las condiciones de almacenamiento durante los 28 días.

6. Recomendaciones

Es de mucha importancia que para próximas investigaciones que guardan cierta relación con este estudio, se consideren más tiempos de almacenamiento de los tubérculos bajo las mismas condiciones de exposición y de empaque, esto con el objetivo de conocer los días en que el producto hortícola logre germinar y conocer para que tiempo de exposición y tipo de empaque el proceso de germinación es más rápido.

Para futuras investigaciones también se recomienda, considerar diferentes niveles por factor de empaque, es decir, que se evalúen otros tipos de empaque, con la finalidad de determinar si existe otro tipo de material que reduzca mucho más la pérdida de peso del ñame que al ser empacado en bolsa de polietileno de baja densidad. Además, esto permitiría conocer y comparar los costos de los niveles nuevos con respecto a la bolsa de polietileno de baja densidad y poder decidir que es más beneficioso en términos de costos.

Por otra parte, una alternativa interesante, sería considerar otras variables de repuestas que hagan parte del factor de calidad, una de estas variables puede estar relacionada con la dureza del tubérculo, además, se podría realizar otro estudio relacionando los factores con el estado de afectación de los tubérculos.

Referencias Bibliográficas

- Agronet. (2016). Estadísticas (Área, producción, rendimiento y participación. Retrieved February 5, 2019, from <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Andrade, R. D., Palacio, J. C., Pacheco, W. A., & Betin, R. A. (2012). Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas. *Información Tecnológica*, 23(4), 65–72. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000400008>
- Andy, T. (2014). Buñuelos de Ñame - RecetasPuertoRico.com. Retrieved January 22, 2019, from <http://www.recetaspuertorico.com/2014/12/18/bunuelos-de-name-2/>
- Aranza, Y. C. R. (2012). *El cultivo de ñame en el*. Retrieved from http://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3097/dtser_168.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ararat, C. A., & Murillo, E. A. (2016). Polietileno de baja densidad funcionalizado con un poliéster polioli altamente ramificado maleinizado. *Ing. Cienc*, 12(23), 127–144. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.23.7>
- Betin, R., & Pacheco, W. (2004). Determinación de las condiciones para el empaque en atmósfera modificada de trozos de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir). Retrieved from <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/265>
- Cámara Argentina del Papel y Afines. (n.d.). Tipos y usos del papel. Retrieved February 19, 2019, from <https://www.camarapapel.org.ar/papel-tipos-aplicaciones.php>
- Caribbean Garden. (2018). Jamaican Yellow Yam Guinea yam Yellow Guinea yam | Etsy. Retrieved January 15, 2019, from <https://www.etsy.com/mx/listing/554199695/jamaican-yellow-yam-guinea-yam-yellow>
- Caribeño, O. (2011). Orgullo Caribe: Tradición de los dulces en la semana santa. Retrieved January 24, 2019, from <http://orgullocaribe-obed.blogspot.com/2011/05/tradicion-de-los-dulces-en-la-semana.html>
- Cenoz, P. J., López, A. E., & Burgos, Á. M. (2002). Factores ambientales que regulan el deterioro poscosecha en mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ). *Agrotecnia*, 0(8), 3–7. Retrieved from <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/473/407>
- Contreras, J. (2011). Cultura Sucreña. Retrieved January 22, 2019, from

- <http://culturadelasabana.blogspot.com/>
- Datos Abiertos. (2018). Cadena Productiva Ñame - Area, Producción Y Rendimiento | Datos Abiertos Colombia. <https://doi.org/10.1002/bs.3830090205>
- Donegá, M., Tessmer, M., Mooz, E., Dall'orto, L., Sasaki, F., & Kluge, S. (2013). Fresh cut yam stored under different temperatures. Retrieved from <http://www.lcb.esalq.usp.br/publications/articles/2013/2013hvb31n2p248-254.pdf>
- Dreams time. (2017). Ñame Dioscorea Alata. Retrieved February 22, 2019, from <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-ñame-o-kachil-dioscorea-alata-image84333697>
- El horticultor. (2016). Dioscórea Bulbifera o “Patata aérea” - El Horticultor. Retrieved January 15, 2019, from <https://elhorticultor.org/dioscorea-bulbifera-o-patata-aerea/>
- FAO. (2018). Capítulo 3. Almacenamiento. Retrieved April 1, 2019, from <http://www.fao.org/3/y4893s/y4893s06.htm>
- FAOSTAT. (2017). Producción mundial de ñame. Retrieved January 13, 2019, from <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fundación Procaribe. (2012). *Guía práctica para el manejo orgánico de cultivo de ñame tipo exportación*. Retrieved from https://www.swissaid.org.co/sites/default/files/Cartilla%2BÑame_Julio%2B2012.pdf
- Gonzalez, M. (2012). El ñame (*Dioscorea* spp.). características, usos y valor medicinal. Aspecto de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos Tropicales*, 33(4), 11. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000400001
- Gutiérrez, H., & De la vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (McGraw-Hill/ Interamericana editores, Ed.) (Segunda ed). México.
- Guzmán Barney, M., & Buitrago Hurtado, G. (2000). *Ñame: producción de semillas por biotecnología*. UN. Instituto de Biotecnología. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/43184/>
- Guzmán, M., & Murillo, E. A. (2014). Funcionalización de polietileno de baja densidad con anhídrido maleico en estado fundido. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, 24(2), 162–169. <https://doi.org/10.4322/polimeros.2014.034>
- Hamadina, E., Togun, A., & Hamadina, M. (2015). Changes in Crude Protein Content in the Peel

- and Pulp of Three Tuber Regions of Yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) during Storage in Dark and Natural Light Environments. Retrieved from <http://article.sapub.org/10.5923.j.ijaf.20150502.10.html>
- Huaraca Jerónimo, Y. N. (2009). *Respuesta del deterioro de la raíz de yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad camerún al uso de empaques de conservación en condiciones de la zona Satipo.* Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1901/HuaracaJeronimo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2009). *Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional de la cera de parafina, humos.* Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/Doc_Toxicologica/Ficheros/DLEP09.pdf
- Iztacala, F. E. S., En, D., Lucía, C. E., & Meza, P. (2015). *Papel de la transpiración, Mecanismos de apertura estomática y Medidas de la transpiración.* Retrieved from http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap01/04_03.htm[26/05/
- Jaimes, W. A. (2017). *Empaques y embalajes.* Retrieved from http://www.seprologistica.unal.edu.co/Sepro/qh/academia/archivos/Empaques_y_embalajes.pdf
- Jaqueline Henríquez. (n.d.). Flan de ñame. Retrieved January 22, 2019, from <https://jacquelinehenriquez.com/receta/flan-de-name/>
- Labexco. (2018). *Vaso de precipitado graduado de vidrio.* Retrieved from <http://labexco.com/uploads/1505241855.pdf>
- López Camelo, A. F. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas : del campo al mercado.* FAO.
- Martínez, I. (2009). *Cartón corrugado pruebas a producto terminado.* Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/3988/1/CARTONCORRUGADO.pdf>
- Melgarejo, L. M., & Suárez, D. (2010). *Biología y germinación de semillas.* Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/258627099>

- Mi Cosecha de Hoy. (2016). Bizcocho de ñame. Retrieved January 22, 2019, from <https://www.facebook.com/micosechadehoy/photos/a.826897154110703/826901550776930/?type=3&theater>
- My Taste. (n.d.). Croquetas de ñame caseras - Receta original de myTaste. Retrieved January 22, 2019, from <https://www.mytasteve.com/r/croquetas-de-ñame-caseras-3937627.html>
- My Way Recetas. (2018). Receta para Soufflé de ñame. Retrieved January 22, 2019, from <https://www.mywayrecetas.com/2018/08/receta-para-souffle-de-name.html>
- Nascimento, A., Soares, C., Da Silva, E., Barros, A., & Ferreira, S. (2016). Quality of minimally processed yam (*Dioscorea* sp.) stored at two different temperatures. *Revista Caatinga*, 29(1), 25–36. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n104rc>
- Noguera, N. (2008). *Evaluación de las diferentes resistencias del papel kraft mediante la utilización de polímeros orgánicos que permitan reducir el peso base dicho papel en la línea de producción.* Retrieved from <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/7381/1/neynoguera.pdf>
- Pérez, D. J., Campo, R. O., & Jarma, A. (2015). Respuesta fisiológica del ñame espino (*Dioscorea Rotundata* Poir) a las densidades de siembra Physiological response of the white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) to planting densities. *Cienc. Agr. Julio-Diciembre*, 32(2), 104–112. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.18>
- Pérez, E., Jimenez, Y., Emaldi, U., & Dufour, D. (2009). Atributos físicos y composición proximal de tres variedades de ñame Mapuey (# *Dioscorea trifida* #) cultivados en el estado Amazonas, Venezuela.
- Ramos Duarte, V. A., Bustamante, R., S. L., Rincón Velandia, J., Rojas Cardozo, M. A., Raz, L., Buitrago Hurtado, G., & Hurtado, G. B. (2015). Identificación, establecimiento in vitro y análisis fitoquímico preliminar de especies silvestres de ñame (*Dioscorea* spp.) empleadas con fines medicinales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 9–17. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50711>
- Russo, R., Botero, R., & Ruperto, J. (2007). *Producción de Raíces y Tubérculos. Los ñames cultivados en la región atlántica de Costa Rica.* Retrieved from <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Output.pdf>

- Salcedo, J., Montes, E., Zapata, J., Márquez, D. A., & Diaz, M. (2010). *Obtención de jarabes de fructosa a partir de hidrolizados enzimáticos de almidón de ñame*. *Vitae* (Vol. 17). Facultad De Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/1698/169815641002/>
- Sánchez, C., & Hernández, L. (1997). Descripción de aspectos productivos, de poscosecha y de comercialización del ñame en Córdoba, Sucre y Bolívar. Retrieved from https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16042/40032_24606.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez, J. (2015). *Efecto del tipo de empaque y la temperatura de almacenamiento en la degradación de compuestos antocianicos de la papa (Solanum andigenum Juz et Buk) Nativa, variedad Yana Chapiña*. Retrieved from http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/943/TesisAI154_Rin.pdf?sequence=1
- Sánchez Soto, J. M., Ramos, L. H., & Torres Mendoza, E. J. (2014). Efectos fisiológicos de badea (*Passiflora quadrangularis*) y yuca (*Manihot esculenta*) utilizando recubrimientos a base de cera y parafina bajo conservación en frío. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1, 33. <https://doi.org/10.23850/24220582.113>
- Tejada Benitez, L. P., Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, A., Tarón Dunoyer, A., Barrios Mindiola, R., & Tejada Benítez, L. M. (2008). Aprovechamiento del ñame Espino (*Dioscorea Rotundata*) en la producción de bioplásticos. Retrieved from <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/1390>
- Torres, R., Montes, E., Andrade, R., & Perez, O. (2012). Drying kinetics of two yam (*Dioscorea alata*) varieties. *DYNA*, 79(171), 175–182. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000100022
- Torrey. (2018). *Báscula porcionadora LEQ*. Retrieved from www.torrey.net
- Trade Map. (2017). Trade Map - List of importing markets for the product exported by Colombia in 2017. Retrieved January 16, 2019, from https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=1%7C170%7C%7C%7C%7C0714%7C%7C%7C4%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1

- Troemner. (2019). *Instruction Manual*. Retrieved from https://www.troemner.com/downloads/dl/file/id/101/715051_00_talboys_mini_hotplate_stirrers_instruction_manual_rev_5.pdf
- USDA. (2018). Food Composition Databases Show Foods -- Yam, raw. Retrieved January 18, 2019, from <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11601?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=yam&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=VegaProduce>.
- VegaProduce. (2015). Vega Produce - Colombian Yam (Espino Name). Retrieved January 15, 2019, from <https://www.vegaproduce.com/product/colombian-yam-name/>
- Vicomex. (1995). Ñame. Retrieved December 3, 2018, from http://www.vicomex.gob.pa/p_name.html
- Villacrés, E., Brito Grandes, B., & Espín, S. (2004). Alternativas agroindustriales con raíces y tubérculos andinos.
- Zaccari, F., Galietta, G., & Silveira, A. (2013). La importancia de Poscosecha para asegurarnos alimentos sanos y nutritivos. Retrieved January 31, 2019, from <http://www.fagro.edu.uy/index.php/noticias-principales/1006-conociendo-a-poscosecha-en-facultad-de-agronomia>
- Zhu, F. (2015). Isolation, Composition, Structure, Properties, Modifications, and Uses of Yam Starch. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 357–386. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12134>
- Zubaidah, E., & Akhadiana, W. (2013). Comparative Study of Inulin Extracts from Dahlia, Yam, and Gembili Tubers as Prebiotic. *Food and Nutrition Sciences*, 04(11), 8–12. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.411A002>

Anexos

Anexo 1.

Variación de peso.

Tratamiento	Réplica 1				Réplica 2				Réplica 3			
	E X	E P	E B	% de peso	E X	E P	E B	% de peso	E X	E P	E B	% de peso
1	1	1	1	0,56136761 5	1	1	1	0,43891733 7	1	1	1	0,37735849 1
2	1	1	2	1,0908598	1	1	2	0,80468178 5	1	1	2	0,75471698 1
3	1	1	3	1,51445354 8	1	1	3	1,09729334 3	1	1	3	1,03773584 9
4	1	1	4	1,83214885 9	1	1	4	1,38990490 1	1	1	4	1,32075471 7
5	1	2	1	2,52694978 3	1	2	1	3,04659498 2	1	2	1	1,60614525 1
6	1	2	2	3,17003305 4	1	2	2	3,85304659 5	1	2	2	2,23463687 2
7	1	2	3	3,53750921	1	2	3	4,30107526 9	1	2	3	2,79329608 9
8	1	2	4	3,81311632 6	1	2	4	4,48028673 8	1	2	4	3,07262569 8
9	1	3	1	0,81615774 7	1	3	1	0,92307692 3	1	3	1	0,91603053 4
10	1	3	2	1,51696519 9	1	3	2	1,53846153 8	1	3	2	1,52671755 7
11	1	3	3	2,46914923 7	1	3	3	2,15384615 4	1	3	3	2,29007633 6
12	1	3	4	2,87722811 1	1	3	4	2,61538461 5	1	3	4	2,90076335 9

13	2	1	1	0,65792121	2	1	1	0,56451612	2	1	1	0,36630036
								9				6
14	2	1	2	1,24475205	2	1	2	1,04838709	2	1	2	0,73260073
				6				7				3
15	2	1	3	1,58008396	2	1	3	1,53225806	2	1	3	1,00732600
				7				5				7
16	2	1	4	1,99924885	2	1	4	1,85483871	2	1	4	1,37362637
				7								4
17	2	2	1	3,05432382	2	2	1	2	2	2	1	2,24089635
												9
18	2	2	2	3,91035628	2	2	2	2,625	2	2	2	2,80112044
				1								8
19	2	2	3	4,55238062	2	2	3	3,125	2	2	3	3,36134453
				6								8
20	2	2	4	4,87339279	2	2	4	3,4375	2	2	4	3,64145658
				9								3
21	2	3	1	0,53736139	2	3	1	0,20491803	2	3	1	0,37174721
				4				3				2
22	2	3	2	1,66286483	2	3	2	0,61475409	2	3	2	0,74349442
				5				8				4
23	2	3	3	2,46890692	2	3	3	1,22950819	2	3	3	1,48698884
				6				7				8
24	2	3	4	3,27494901	2	3	4	1,43442623	2	3	4	1,85873605
				8								9
25	3	1	1	0,92528841	3	1	1	0,67739204	3	1	1	0,69686411
				5				1				1
26	3	1	2	1,46499501	3	1	2	1,10076206	3	1	2	1,39372822
				5				6				3
27	3	1	3	1,85049973	3	1	3	1,43945808	3	1	3	1,91637630
								6				7

28	3	1	4	2,23600444 4	3	1	4	1,69348010 2	3	1	4	2,26480836 2
29	3	2	1	2,83508317 4	3	2	1	2,95291300 9	3	2	1	2,76595744 7
30	3	2	2	3,74034637 4	3	2	2	3,59138068 6	3	2	2	3,61702127 7
31	3	2	3	4,14268557 4	3	2	3	3,99042298 5	3	2	3	4,14893617
32	3	2	4	4,34385517 4	3	2	4	4,30965682 4	3	2	4	4,46808510 6
33	3	3	1	0,59961025 3	3	3	1	0,41493775 9	3	3	1	0,70257611 2
34	3	3	2	1,36411332 6	3	3	2	0,82987551 9	3	3	2	1,40515222 5
35	3	3	3	2,26352870 6	3	3	3	1,65975103 7	3	3	3	2,10772833 7
36	3	3	4	3,16294408 6	3	3	4	1,86721991 7	3	3	4	2,10772833 7
37	4	1	1	0,85380805 5	4	1	1	0,53835800 8	4	1	1	0,42347247 4
38	4	1	2	1,40707921 5	4	1	2	1,07671601 6	4	1	2	0,78644888 1
39	4	1	3	1,96035037 6	4	1	3	1,48048452 2	4	1	3	1,14942528 7
40	4	1	4	2,51362153 6	4	1	4	1,88425302 8	4	1	4	1,45190562 6
41	4	2	1	2,25379715 8	4	2	1	3,56317803 8	4	2	1	2,71028037 4
42	4	2	2	2,84174424 3	4	2	2	4,53838185 5	4	2	2	3,36448598 1

43	4	2	3	3,33170014 7	4	2	3	5,08016175 4	4	2	3	3,92523364 5
44	4	2	4	3,57667809 9	4	2	4	5,40522969 3	4	2	4	4,20560747 7
45	4	3	1	1,88994320 7	4	3	1	0,83752093 8	4	3	1	0,79365079 4
46	4	3	2	3,74789237 6	4	3	2	1,50753768 8	4	3	2	1,58730158 7
47	4	3	3	5,36784369 6	4	3	3	2,34505862 6	4	3	3	2,38095238 1
48	4	3	4	6,44781124 3	4	3	4	2,84757118 9	4	3	4	2,91005291

Fuente: elaboración propia a partir de datos recolectados

Anexo 2.

Peso de la parafina

	EX	EP	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Peso de parafina (kg)
Réplica 1	1	3	0,7272	0,7352	0,008
	2	3	0,3662	0,3722	0,006
	3	3	0,3266	0,3336	0,007
	4	3	0,7298	0,7408	0,011
Réplica 2	1	3	0,644	0,65	0,006
	2	3	0,482	0,488	0,006
	3	3	0,474	0,482	0,008
	4	3	0,587	0,597	0,010
Réplica 3	1	3	0,648	0,655	0,007
	2	3	0,264	0,269	0,005
	3	3	0,42	0,427	0,007

	4	3	0,37	0,378	0,008
--	---	---	------	-------	-------

Fuente: elaboración propia a partir de datos recolectados