



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Industrial

Proyecto de Investigación

Estudio del proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos: papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), papa china (*Colocasia esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*)

Autores

Marcos Gregorio Crespo Troya

Jerry Alexis Rivera Orellana

Director del proyecto

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Crespo Troya Marcos Gregorio**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Crespo Troya Marcos Gregorio

C.C. # 0942207986



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Rivera Orellana Jerry Alexis**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Rivera Orellana Jerry Alexis

C.C. # 1206430264



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes Crespo Troya Marcos Gregorio y Rivera Orellana Jerry Alexis., realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “Estudio del proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos: papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), papa china (*Colocasia esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*)”, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

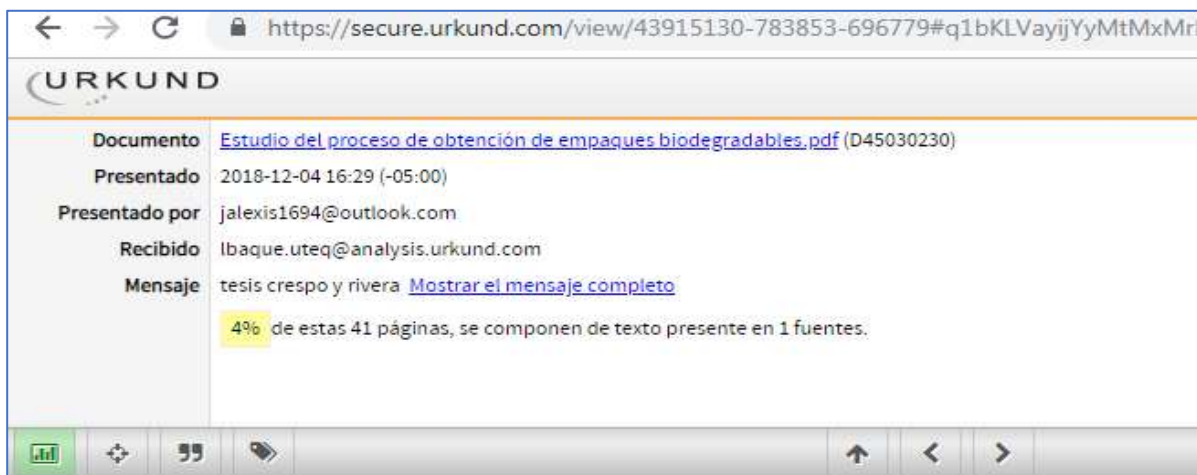
Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.
DIRECTOR DE PROYECTO INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD. en calidad de director de proyecto de Investigación titulado **“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN DE DIFERENTES TUBÉRCULOS: PAPA (SOLANUM TUBEROSUM), YUCA (MANIHOT ESCULENTA), PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA), CAMOTE (IPOMOEA BATATAS)”**, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes **CRESPO TROYA MARCOS GREGORIO y RIVERA ORELLANA JERRY ALEXIS**, egresados de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresada su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar que en la revisión respectiva en el sistema anti plagio se obtuvo un porcentaje favorable del 4%. Se adjunta imagen del sistema.



Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación

Estudio del proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos: papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), papa china (*Colocasia esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*)

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Aprobado por:

McS. Luis Enrique Mera Chinga
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

McS. Leonardo Arturo Baque Mite
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

McS. Robert William Moreira Macías
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios, por el amor, bondad y sabiduría con las cuales me ha mantenido con vida durante mis años de aprendizaje, aciertos y desaciertos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, carrera de ingeniería industrial y a cada uno de los docentes que me impartieron clases, no solo brindando sus conocimientos, también sus experiencias de vida, consejos, todos estos muy valiosos no solo para mi formación profesional, también personal.

Al PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera que, mediante su guía y sus relevantes conocimientos, me han permitido llegar a esta etapa de mi vida estudiantil, de tal forma que todo aquello impartido son de mucha ayuda y utilidad.

A mis padres, hermanos y familiares en general, por ser ellos mi motor, impulso y motivación para cada día poder seguir adelante a pesar de las adversidades que se presentaron a su debido tiempo, aconsejándome, dándome ánimos, siendo ellos quienes forjaron mi perfil ético, moral e ideológico para poder así lograr mis objetivos.

Al igual deseo agradecer a mis conocidos y más aún a los grandes amigos que uno ha ganado en el transcurso de esta aventura llamada vida, a ellos les agradezco el hecho de haber compartido grandes momentos, anécdotas y experiencias de vida únicas e inmemorables que se quedara guardada en cada una de nuestras mentes, a ustedes les deseo todas las bendiciones del mundo y éxitos.

Marcos Gregorio Crespo Troya

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por el amor y la bondad que me ha mantenido con vida durante mis años de aprendizaje.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial y todos los docentes que impartieron clases sembrando sus conocimientos y experiencias en mí para formarme como un Profesional.

Al PhD. Ing. Juan Neira Mosquera, que mediante su guía y sabios consejos permitió llegar a esta etapa de mi vida estudiantil, de tal forma que sus conocimientos impartidos fueron de mucha ayuda y utilidad así también al señor Edgar Nogales por la prestación de su planta industrial para realizar los respectivos experimentos.

A mis padres y hermanos por sus enseñanzas en mi formación ética y moral, aconsejando en seguir adelante y cumplir con mis objetivos.

Al igual agradecer a mis amigos por haber compartido momentos y experiencias durante todo este tiempo de estudio en nuestra formación profesional y superación.

Rivera Orellana Jerry Alexis

DEDICATORIA

Dedico esta obra previamente a Dios por permitirme tener vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos que es ser Ingeniero Industrial.

A mis padres, por brindarme su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta larga y hermosa Carrera de Ingeniería.

A mis hermanos, por su ejemplo, quienes me enseñaron que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito profesional.

A mis maestros que forman parte de la Carrera de Ingeniería Industrial, por su apoyo, paciencia y colaboración para poder realizar este trabajo.

Marcos Gregorio Crespo Troya

DEDICATORIA

Este gran logro va dedicado directamente a mis padres, los cuales durante muchos años se esforzaron al máximo para formarme como persona, demostrando todo su amor.

Mis hermanos y familia que estuvieron al tanto de la culminación de mi carrera Universitaria, dando ánimos continuamente.

Rivera Orellana Jerry Alexis

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo estudiar el proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos, tratando de hallar una solución alternativa a los altos niveles de contaminación que se producen por el uso indebido de bolsas plásticas y productos similares; estudiar las féculas de diferentes tubérculos (papa, yuca, camote, papa china), como materia prima en la elaboración de empaques biodegradables. La investigación se diseñó mediante un ANOVA con arreglo factorial ($A*B*C$), como factores de estudio se comparó: variedades de tubérculos, métodos de extracción de féculas y la adición de aditivos para la obtención de empaques biodegradables, para la extracción de almidón se estudiaron 16 tratamientos con tres repeticiones esto da como resultado 48 unidades experimentales, de 1000 gramos de producto cada una (camote, yuca, papa y papa china), dando un total de 36 kilogramos de producto, estos fueron sometidos pelado, molienda decantación tamizado y deshidratación en dos tipos de proceso de extracción: con H_2O destilada y el otro con $NaOH$, para evitar contaminación del almidón se utilizó benzoato de sodio 0.05%, y ácido ascórbico para evitar el pardeamiento. En la segunda fase investigativa (obtención de biodegradables) se aplicó los 4 tipos de almidón obtenidos con dos porcentajes de glicerina (5% y 8%) y dos proporciones de H_2O como plastificante (200% y 400%) , para esto se estudiaron 16 tratamientos con tres repeticiones dando un total de 48 unidades de estudio, la fase investigativa consistió combinar los tres componentes (almidón, glicerina y H_2O), para someterle a una T° de $90^\circ C$ por 3 minutos a 1200 RPM, las variables evaluadas fueron: rendimiento, pH, viscosidad, humedad, masa residual y densidad en el almidón, y tiempo de biodegradación, pH y humedad de empaque. Se concluyó que para la obtención de almidón los mejores tratamientos son las relacionadas con el producto yuca con ambos métodos de extracción y ambos métodos de conservación, los cuales se encuentran en estándares óptimos, y a lo que concierne la elaboración de empaques biodegradables se concluyó que los mejores tratamientos son con los productos papa, camote, papa china y yuca, con un porcentaje del 8% de glicerina y 400% de agua destilada.

ABSTRACT

This research aims to study the process of obtaining biodegradable packaging from the starch of different tubers, trying to find an alternative solution to the high levels of pollution that occur due to misuse of plastic bags and similar products; To study the starches of different tubers (potato, cassava, sweet potatoes, potato china), as raw material in the elaboration of biodegradable packaging. The research was designed through a factorial ANOVA ($A * B * C$), as study factors were compared: tuber varieties, starch extraction methods and the addition of additives to obtain biodegradable packaging, for the extraction of Starch was studied 16 treatments with three replicates this results in 48 experimental units, of 1000 grams of product each (sweet potato, cassava, potato and potato), giving a total of 36 kilograms of product, these were subjected to peeling, grinding Sieved decanting and dehydration in two types of extraction process: with distilled H₂O and the other with NaOH, to avoid starch contamination, sodium benzoate 0.05% was used, and ascorbic acid to avoid browning. In the second phase of research (obtaining biodegradable) was applied the 4 types of starch obtained with two percentages of glycerin (5% and 8%) and two proportions of H₂O as plasticizer (200% and 400%), for this were studied 16 treatments with three replicates Giving a total of 48 units of study, the investigation phase consisted of combining the three components (starch, glycerin and H₂O), to submit to a T° of 90 °C for 3 minutes at 1200 RPM, the evaluated variables were: yield, pH, viscosity, humidity, mass Residual and density in the starch, and time of biodegradation, PH and packing humidity. It was concluded that for the obtaining of starch the best treatments are those related to the cassava product with both extraction methods and both methods of conservation, which are in optimal standards, and with regard to the elaboration of packaging Biodegradable it was concluded that the best treatments are with the products potato, sweet potato, potato china and cassava, with a percentage of 8% glycerin and 400% distilled water.

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Estudio del proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos: papa (<i>Solanum tuberosum</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>), papa china (<i>Colocasia esculenta</i>), camote (<i>Ipomoea batatas</i>)”.			
Autor:	Marcos Gregorio Crespo Troya, Jerry Alexis Rivera Orellana			
Palabra Clave:	Fécula	Aditivos	Tubérculo	Biodegradable
Fecha de Publicación:				
Editorial:	QUEVEDO UTEQ 2018			
Resumen	La presente investigación tiene como objetivo estudiar el proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos, tratando de hallar una solución alternativa a los altos niveles de contaminación que se producen por el uso indebido de bolsas plásticas y productos similares; estudiar las féculas de diferentes tubérculos (papa, yuca, camote, papa china), como materia prima en la elaboración de empaques biodegradables. La investigación se diseñó mediante un ANOVA con arreglo factorial ($A*B*C$), como factores de estudio se comparó: variedades de tubérculos, métodos de extracción de féculas y la adición de aditivos para la obtención de empaques biodegradables, para la extracción de almidón se estudiaron 16 tratamientos con dos repeticiones esto da como resultado 32 unidades experimentales, de 1000 gramos de producto cada una (camote, yuca, papa y papa china), dando un total de 36 kilogramos de producto, estos fueron sometidos pelado, molienda decantación tamizado y deshidratación en dos tipos de proceso de extracción: con H₂O destilada y el otro con NaOH, para evitar contaminación del almidón se utilizó benzoato de sodio 0.05%, y ácido ascórbico para evitar el pardeamiento. En la segunda fase investigativa (obtención de biodegradables) se aplicó los 4 tipos de almidón obtenidos con dos porcentajes de glicerina (5% y 8%) y dos proporciones de H₂O como plastificante (200% y 400%), para esto se estudiaron 16 tratamientos con tres repeticiones dando un total de 48 unidades de estudio, la fase investigativa consistió combinar los tres componentes (almidón, glicerina y H₂O), para someterle a una T° de 90°C por 3 minutos a 1200 RPM, las variables evaluadas fueron: rendimiento, pH, viscosidad, humedad, masa residual y densidad en el almidón, y tiempo de biodegradación, pH y humedad de empaque. Se concluyó que para la obtención de almidón los mejores tratamientos son las relacionadas con el producto yuca con ambos métodos de extracción y ambos métodos de conservación, los cuales se encuentran en estándares óptimos, y a lo que concierne la elaboración de empaques biodegradables se concluyó que los mejores tratamientos son con los			

	productos papa, camote, papa china y yuca, con un porcentaje del 8% de glicerina y 400% de agua destilada. Abstract: This research aims to study the process of obtaining biodegradable packaging from the starch of different tubers, trying to find an alternative solution to the high levels of pollution that occur due to misuse of plastic bags and similar products; To study the starches of different tubers (potato, cassava, sweet potatoes, potato china), as raw material in the elaboration of biodegradable packaging. The research was designed through a factorial ANOVA (A * B * C), as study factors were compared: tuber varieties, starch extraction methods and the addition of additives to obtain biodegradable packaging, for the extraction of Starch was studied 16 treatments with two replicates this results in 32 experimental units, of 1000grams of product each (sweet potato, cassava, potato and potato), giving a total of 36 kilograms of product, these were subjected to peeling, grinding Sieved decanting and dehydration in two types of extraction process: with distilled H2O and the other with NaOH, to avoid starch contamination, sodium benzoate 0.05% was used, and ascorbic acid to avoid browning. In the second phase of research (obtaining biodegradable) was applied the 4 types of starch obtained with two percentages of glycerin (5% and 8%) and two proportions of H2O as plasticizer (200% and 400%), for this were studied 16 treatments with three replicates Giving a total of 48 units of study, the investigation phase consisted of combining the three components (starch, glycerin and H2O), to submit to a T° of 90 °c for 3 minutes at 1200 RPM, the evaluated variables were: yield, pH, viscosity, humidity, mass Residual and density in the starch, and time of biodegradation, PH and packing humidity. It was concluded that for the obtaining of starch the best treatments are those related to the cassava product with both extraction methods and both methods of conservation, which are in optimal standards, and withregard to the elaboration of packaging Biodegradable it was concluded that the best treatments are with the products potato, sweet potato, potato china and cassava, with a percentage of 8% glycerin and 400% distilled water.
Descripción:	Hojas dimensiones, 29 x 21 cm + CD- ROM
URI:	

ÍNDICE GENERAL

Página

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CÓDIGO DUBLIN	xiii

INTRODUCCIÓN

Introducción	25
--------------------	----

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Problema de investigación.....	28
1.1.1.	Planteamiento del problema.	28
1.1.2.	Formulación del problema.....	29
1.1.3.	Sistematización del problema.	29
1.2	Objetivos.....	31
1.2.1.	General.....	31
1.2.2.	Específicos.....	31
1.2.3.	Hipótesis del proceso de obtención de almidón.....	31
1.2.4.	Hipótesis del proceso de elaboración de empaques biodegradables.....	32
1.3.	Justificación	33

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco Conceptual.....	35
2.1.1.	Fécula descripción y generalidades.	35
2.1.2.	Descripción y datos de la producción de los siguientes cultivos; yuca, camote, papa china.	36
2.1.2.1	Yuca.....	36
2.1.2.2	Papa	37
2.1.3	Plástico biodegradable evolución y estructura en la industria.	37
2.1.4	Propiedades del almidón.....	38
2.1.4.1	Gelatinización.....	38
2.1.4.2	Retrogradación.....	38
2.1.4.3	Transición vítrea	39
2.1.4.4	Desestructuración	39
2.1.5.	Plástico.....	39
2.1.6	Agua Destilada	39
2.1.7.	Hidróxido de sodio	40
2.1.8.	Sosa Cáustica en Escamas	40
2.1.9.	Benzoato de Sodio	40
2.1.10	Obtención del almidón de papa, papa china, camote y yuca.	40
2.1.11	Aplicaciones industriales del almidón	42
2.1.12.	Procesos de obtención de féculas de papa (<i>solanum tuberosum</i>), yuca (<i>manihot esculenta</i>), papa china (<i>colocasia esculenta</i>), camote (<i>ipomoea</i> <i>batatas</i>).....	43
2.1.13.	Proceso industrial para la producción de plástico biodegradable a partir del almidón.	44
2.1.14	Biopolímeros: una alternativa al plástico sintético	44
2.1.15	Propiedades físicas y químicas de la biodegradación.....	45
2.1.16	Caracterización del polímero biodegradable	45
2.2	Marco Referencial	46
2.2.1.	Descripción de los elementos que conforman al almidón	46
2.2.2	Fuentes y utilización.....	46
2.2.3	Introducción a los bioplásticos	47

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización.....	49
3.2.	Tipo de Investigación	49
3.2.1.	Descriptiva.....	49
3.2.2.	Bibliográfica	49
3.2.3	Experimental.....	49
3.3	Métodos de Investigación	50
3.3.1	Deductivo.....	50
3.3.2	Analítico	50
3.4	Fuentes de recopilación de información	50
3.5	Diseño de la Investigación.....	50
3.6	Instrumentos de investigación.	52
3.6.1	Diseño estadístico de la investigación.	52
3.7.	Tratamiento de la investigación.....	53
3.8.	Talento humano y materiales y equipos	55
3.8.1	Talento humano	55
3.8.2	Materiales y equipos.....	56
3.9.	Procedimental	57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados.....	60
4.1.1	Del Estudio de diferentes tubérculos (papa, yuca, camote, papa china), como materia prima en la elaboración de empaques biodegradables	60
4.1.1.2	Resultados con respecto a los análisis del almidón.	60
4.1.1.3.	Resultados con respecto a los factores de estudio.	66
4.1.1.3.1.	Resultados con respecto a la evaluación de las variedades de los tubérculos.....	66
4.1.2.	Resultados con respecto al efecto que ocasiona los métodos de extracción.	68
4.1.2.1.	Resultados con respecto a los métodos de conservación en el proceso de obtención de fécula.....	70

4.1.2.2	Resultados con respecto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación).....	72
4.1.3.	Evaluar la posibilidad de mezcla con aditivos considerando dos porcentajes de glicerina al 5% y 8 % para obtener empaques biodegradables.	78
4.1.3.1	Balance de materia del proceso de obtención de empaque biodegradable.	78
4.1.3.2	Resultados con respecto a los análisis del empaque biodegradable.	80
4.1.3.3.	Resultados con respecto a los factores de estudio en la obtención de empaque biodegradable.....	83
4.1.3.3.1.	Resultados con respecto a la evaluación de almidones.....	83
4.1.3.3.2.	Resultados con respecto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradable.....	84
4.1.3.3.3	Resultados con respecto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradable.....	85
4.1.3.3.4	Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedad de almidón, Aditivos, Agua destilada).	86
4.1.4	Detallar mediante flujogramas, diagrama de recorrido y capacidades de procesos la obtención de féculas y empaques biodegradables.....	89
4.1.4.1.	Proceso de obtención de obtención de fécula	89
4.1.4.2	Diagrama de flujo de proceso para la obtención de almidón.....	91
4.1.4.3	Diagrama de flujo de obtención de fécula	92
4.1.4.4	Diagrama de recorrido de proceso de obtención de fécula	93
4.1.4.5	Resumen de Eventos de Diagrama de procesos de obtención de almidón	95
4.1.4.6	Capacidad de producción de obtención de fécula.....	96
4.1.4.8	Proceso de obtención de elaboración de piezas y empaques biodegradables usando como materia prima fécula.	99
4.1.4.9	Diagrama de flujo de proceso para la obtención de empaques biodegradables y piezas plásticas.....	101
4.1.4.10	Diagrama de flujo de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas.	102
4.1.4.11	Diagrama de recorrido de proceso de elaboración de piezas plásticas.	103
4.1.7.12	Resumen de Eventos de diagrama de proceso de elaboración de piezas plásticas.	104
4.1.4.13	Diagrama de recorrido de elaboración de empaques biodegradables.	105
4.1.4.14	Resumen de eventos de procesos de elaboración de empaques biodegradables.....	106
4.1.4.15	Capacidad de producción del proceso de elaboración de piezas plásticas.....	107
4.1.4.16.	Capacidad de producción de empaques biodegradables.....	108
4.1.4.17	Costo de producción de obtención de piezas plásticas.	109

4.1.4.18	Costo de producción de obtención de empaques.....	110
4.1.7.19	Flujograma de procesos de obtención de fécula	111
4.1.4.20	Flujo de procesos de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas.....	113
4.1.4.21.	Cadena de suministro de comercialización de empaques biodegradables.....	115
4.2	Discusión	116
4.2.1	Con respecto al estudio de las 4 variedades de féculas.....	116
4.2.2	Resultados con respecto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH).....	116
4.2.3	Resultados con respecto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio).	117
4.2.4	Resultados con respecto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación).....	117
4.2.5	Resultados con respecto a la evaluación de almidones.....	118
4.2.6	Resultados con respecto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables.	119
4.2.7	Resultados con respecto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables.	119
4.2.8	Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedad de almidón, aditivos, agua destilada).	119

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	122
5.1.1	En cuanto concierne al estudio de las 4 variedades de féculas.	122
5.1.2	En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH).	122
5.1.2.1	En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio).	122
5.1.2.2	En cuanto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación).	123
5.1.3	En cuanto a la evaluación de almidones	124
5.1.3.1	En cuanto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables	124

5.1.3.2	En cuanto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables.	124
5.1.3.3	En cuanto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada).....	124
5.1.4	Resultados con respecto a estandarizar el proceso industrial de obtención de almidón y empaques biodegradables, mediante flujogramas y capacidad del proceso.....	125
5.1.4.1	Proceso de obtención de almidón.	125
5.1.4.2	Proceso de obtención de empaques biodegradables.	125
5.2	Recomendaciones.	126
5.2.1	En cuanto concierne al estudio de las 4 variedades de féculas.	126
5.2.2	En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH).	126
5.2.2.1	En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio).	127
5.2.2.2	En cuanto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación).	127
5.2.3	En cuanto a la evaluación de almidones	128
5.2.3.1	En cuanto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables.	129
5.2.3.2	En cuanto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables	129
5.2.3.3	En cuanto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada).....	129
5.2.4	En cuanto a estandarizar el proceso industrial de obtención de almidón y empaques biodegradables, mediante flujogramas y capacidad del proceso.	130

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.....	132
-------------------	-----

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Recepción de la materia prima	135
ANEXO 2. Peso del almidón.....	136
ANEXO 3. Molienda	136
ANEXO 4. Químicos usados en la investigación	137
ANEXO 5. Empaque plástico de papa	138
ANEXO 6. Empaque plástico de camote	138
ANEXO 7. Empaque plástico de yuca	139
ANEXO 8. Empaque plástico papa china	139
ANEXO 9. Los empaques biodegradables.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Superficie, producción y rendimiento del cultivo de yuca en el Ecuador valores promedios 2000-2012)	36
Figura 2	Diagrama de Flujo Obtención de Almidón (papa, papa china, camote, yuca)	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Muestra los resultados de la prueba de tukey ($p < 0.05$) del almidón para los niveles del factor A (variedades de tubérculos).....	66
Gráfico 2	Muestra los resultados de la prueba de tukey ($p < 0,05$) del almidón para los niveles del factor B métodos de extracción	68
Gráfico 3	Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0,05$) del almidón para los niveles del factor C métodos de conservación.....	70
Gráfico 4	Balance de materia del proceso de obtención de empaque biodegradable.	79
Gráfico 5	Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor A (variedad de almidón).....	83
Gráfico 6	Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor B (Aditivos).....	84
Gráfico 7	Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor C (agua destilada).....	85
Gráfico 8	Diagrama de flujo de obtención de fécula	92
Gráfico 9	Diagrama de recorrido de proceso de obtención de fécula	94
Gráfico 10	Capacidad de producción de obtención de fécula.....	97
Gráfico 11	Diagrama de flujo de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas	102
Gráfico 12	Diagrama de flujo de proceso de elaboración de piezas plásticas	103
Gráfico 13	Diagrama de procesos de elaboración de empaques biodegradables.....	105
Gráfico 14	Capacidad de producción del proceso de elaboración de piezas plásticas.....	107
Gráfico 15	Capacidad de producción de empaques biodegradables.	108
Gráfico 16	Costo de producción de obtención de empaques.	112
Gráfico 17	Flujo de procesos de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas	114
Gráfico 18	Cadena de suministro de comercialización de empaques biodegradables.	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Aplicaciones industriales del almidón.	42
Tabla 2	Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de almidón para elaboración de empaques biodegradables.	51
Tabla 3	Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de empaques biodegradables.....	51
Tabla 4	Esquema de análisis de varianza.....	52
Tabla 5	Esquema de análisis de varianza de elaboración de empaques biodegradables.	52
Tabla 6	Características del experimento de elaboración de empaques biodegradables.....	53
Tabla 7	Características del experimento de elaboración de empaques biodegradables.....	53
Tabla 8	Combinación de los tratamientos para obtención de empaques biodegradables. ...	54
Tabla 9	Combinación de los tratamientos para elaboración de empaques biodegradables.	55
Tabla 10	Materiales, equipos y reactivos utilizados en la obtención de almidón.	56
Tabla 11	Materiales, equipos y reactivos utilizados en la elaboración de empaques biodegradables.	57
Tabla 12	Análisis de varianza de masa residual.	60
Tabla 13	Análisis de varianza de fécula.	61
Tabla 14	Análisis de varianza de humedad.....	62
Tabla 15	Análisis de varianza de viscosidad.	63
Tabla 16	Análisis de varianza de densidad.....	64
Tabla 17	Análisis de varianza de pH.	65
Tabla 18	Masa residual.....	72
Tabla 19	Cantidad de fécula	72
Tabla 20	Humedad.....	73
Tabla 21	Viscosidad	73
Tabla 22	Densidad	74
Tabla 23	pH	75
Tabla 24	Materiales e insumos empleados en la elaboración de empaques biodegradables.	79
Tabla 25	Análisis de varianza de humedad del empaque	80
Tabla 26	Análisis de varianza de tiempo de biodegradación.....	81
Tabla 27	Análisis de varianza de materia prima.....	82
Tabla 28	Humedad de empaque.....	86
Tabla 29	Tiempo de biodegradación	87
Tabla 30	Materia prima	87
Tabla 31	Descripción de la simbología del diagrama de flujo.....	91
Tabla 32	Resumen de Eventos de Diagrama de procesos de obtención de almidón	95
Tabla 33	Costo de producción de obtención de fécula	98
Tabla 34	Descripción de la simbología del diagrama de flujo.....	101
Tabla 35	Resumen de Eventos de diagrama de proceso de elaboración de piezas plásticas.	104
Tabla 36	Resumen de eventos de procesos de elaboración de empaques biodegradables...	106

Tabla 37	Costo de producción de obtención de piezas plásticas.	109
Tabla 38	Costo de producción de obtención de empaques.	110

Introducción

Actualmente el Ecuador procesa alrededor de 4493 toneladas de resina PET mensualmente para elaborar envases plásticos desechables de productos de consumo masivo, lo cual implica en 10% de desperdicio luego de ser consumido dicho producto, porque solo se recicla alrededor del 90% del mismo, el resto va a parar en los basureros y/o son incinerados emanando gases tóxicos y CO₂ dañinos para el ambiente. [1]

Debido a la iniciativa de demanda de plástico biodegradable en el país, se llegó con este fin de mostrar un proyecto nuevo e innovador sobre la obtención de empaques biodegradable tipo plástico, usando como polímero natural al almidón, más aditivos en proporciones y condiciones determinadas. Esta investigación reduce ciertos efectos ambientales tales como, emisión de gases contaminantes, consumo de energía, residuos inorgánicos, factores que afectan a la fauna del ecosistema con mortalidad de especies, pudiendo llegar a la extinción de estos.

Los tubérculos considerados en nuestro estudio para la obtención de almidón son yuca, papa, camote y papa china, estos dos últimos son de poco valor comercial, ya que el consumo de estos es bajo; el análisis de estos nos ayuda a determinar las posibles características de nuestros empaques biodegradables el cultivo de papa en el Ecuador se realiza en todas las provincias de la Sierra, pero Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi abarcan el 89% de la producción. Correspondiente a la siembra de yuca esta se da en la costa occidental, la amazonia oriental, Loja y Santo Domingo de los Colorados. La plantación de camote es originaria de la costa, principalmente Guayas y Manabí, y en menor proporción las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Santa Elena, El Oro, Carchi, Imbabura, su forma de extracción se realiza año a año y no requiere de muchos cuidados. La papa china sus cultivos son producidos en la provincia amazónica y en menor proporción en la costa ecuatoriana, los habitantes de la ciudad de Puyo se han dedicado a la producción de papa china para fortalecer su economía familiar siendo estos uno de sus principales fuentes de ingreso.

Los métodos de extracción por agua destilada e hidróxido de sodio es la técnica usada para realizar una mezcla de reacción se basa en la transferencia de un compuesto desde una mezcla solida o liquida con otros compuestos hacia una fase liquida. En los métodos de conservación previene la proliferación de bacterias y contribuye a mantener la calidad deseada del producto.

En la actualidad diversos grupos de investigación buscan la manera de desarrollar empaques plásticos menos contaminantes. La biodegradación es un proceso mediante el cual los microorganismos del suelo, como bacterias y hongos, descomponen en sustancias más sencillas los materiales presentes en él.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente en Ecuador se obtiene plástico mediante los derivados del petróleo, lo cual implica una contaminación ambiental por el uso de las bolsas plásticas, sorbetes o cualquier otro subproducto que tenga el mismo origen, ya que son inorgánicos tienen características contaminantes tales como la emisión de gases tóxicos, que afectan a la biodiversidad en fauna.

La resina de PET (polyethylene terephthalate) sirve como insumo para muchos productos de la industria y del hogar. Es por ello que su consumo se ha incrementado con los años. En el año 2012 se ha consumido 42.005,46 toneladas, en el periodo de 5 años se ha producido un incremento del 37.84%. [1]

Los plásticos son indispensables para casi todas las actividades que se realizan en el ámbito industrial, por lo tanto, la producción nivel mundial no se detendrá y en la actualidad la producción de plástico se deriva del petróleo. Los productores de los tubérculos en estudio (yuca, papa, camote, papa china) podrían ser los principales beneficiados con el desarrollo de esta investigación debido a la adquisición de estos productos para obtención de la materia prima.

Las producciones y cosechas de los tubérculos en estudio varían según el producto, yuca considerando que el uso de las féculas de los tubérculos serán la materia prima para obtener empaques biodegradables, es necesario establecer métodos para usar las líneas de producción de plástico convencional en la fabricación de empaques tipo plástico.

Diagnóstico

Se puede establecer una producción de plástico con orígenes orgánicos, estableciendo los procesos, balances y proporciones que se implementen en las líneas de producción de plásticos convencionales, eso quiere decir que no se afectaría a las líneas principales ya existentes en las empresas, más bien ellas reducen el consumo energético por el hecho de que esta materia prima trabaja en temperaturas inferiores que la producción habitual, la

relación de este déficit energético alcanza un 67.5% de ahorro, lo cual implicaría un beneficioso económico y funcional en sus líneas de producción.

La emisión de gases tóxicos desciende por el hecho de la biodegradabilidad del producto, reduciendo la contaminación. Los productores tienen mayor beneficio económico al ser ellos los principales proveedores de los tubérculos en estudio.

Pronóstico

La contaminación ambiental será más severa por el aumento de la emisión de gases tóxicos producidos por el plástico convencional, a más de ello la tasa de mortalidad en animales aumentaría por la gravedad que causa su ligero consumo inconsciente del mismo, para aquello se desea Cambiar la matriz productiva referente a los plásticos, concientizar en la utilización de productos con orígenes orgánicos, ahorro energético y bajos costes de producción. Se debe buscar alternativas que el plástico PET siendo este altamente contaminante y requiere demasiado tiempo en degradarse ocasionando problemas en el ecosistema para ello se desea desarrollar empaques biodegradables amigables al ecosistema.

1.1.2. Formulación del problema

¿La falta de Procesos de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), papa china (*Colocasia esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*) limita la industrialización de estos tubérculos y la obtención de empaques biodegradable con materias primas locales?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Se puede obtener materia prima mediante el almidón de diferentes tubérculos, para la elaboración de empaques biodegradables?

¿Se puede obtener almidón mediante los procesos de agua destilada e hidróxido de sodio?

¿El aditivo glicerina en ciertas proporciones permite la obtención del empaque biodegradable?

¿Se puede determinar la capacidad de la producción de almidón y empaques biodegradables mediante conceptos industrializados de flujogramas y diagramas?

1.2 Objetivos

1.2.1. General

Estudiar el proceso de obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de diferentes tubérculos: papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), papa china (*Colocasia esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*) para determinar la efectividad frente a los existentes.

1.2.2. Específicos

- Estudiar las propiedades de diferentes tubérculos (papa, yuca, camote, papa china), como materia prima en la elaboración de empaques biodegradables.
- Determinar la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos aplicando dos métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH).
- Evaluar distintas mezclas con aditivos, considerando dos porcentajes de glicerina al 5% y 8% de solución para obtener empaques biodegradables.
- Estandarizar el proceso industrial, mediante flujograma y capacidad del proceso la obtención de féculas y empaques biodegradables.

1.2.3. Hipótesis del proceso de obtención de almidón

Nulas (H_0):

- Las variedades de tubérculos estudiados no afectan la calidad de la fécula a obtener.
- Los métodos de extracción aplicados no afectan a la obtención de fécula.
- Los métodos de conservación no afectan en la producción de empaques biodegradables.

Alternativas (H_a):

- Las variedades de tubérculos estudiados afectan a la calidad de fécula a obtener.
- Los métodos de extracción aplicados afectan a la obtención de fécula.
- Los métodos de conservación afectan a la producción de empaques biodegradables.

1.2.4. Hipótesis del proceso de elaboración de empaques biodegradables

Nulas (H_0):

- Las variedades de almidones estudiados no afectan a la calidad de empaques biodegradables.
- El porcentaje de aditivo no afecta a la calidad de empaques biodegradables.
- La cantidad de agua destilada no afecta a la calidad de empaques biodegradables.

Alternativas (H_a)

- Las variedades de almidones estudiados afectan a la calidad de empaques biodegradables.
- El porcentaje de aditivo afecta a la calidad de empaques biodegradables.
- La cantidad de agua destilada afecta a la calidad de empaques biodegradables.

1.3. Justificación

Debido a la problemática ambiental y la necesidad de ir en constante innovación en temas de procesos y producción de empaques biodegradables que replacen sistemáticamente al plástico convencional que se está considerado altamente contaminante, se plantea la necesidad de investigar el aprovechamiento de biopolímeros de origen vegetal a partir de cuatro tubérculos producidas en la zona de influencia de la UTEQ en la obtención de empaques con bajo impacto ambiental, los cuales no afectan al medio ambiente, ni al ecosistema, es decir contar con una alternativa diferente en la línea de producción del plástico.

El fin o propósito general radica en colaborar en una producción sostenible reduciendo los índices de contaminación, para ello este proyecto se basa en menos consumo de energía y biodegradabilidad del producto evitando la emisión de contaminantes al medio ambiente, además la presente investigación contribuye al desarrollo agrícola-productivo del país.

Para esto debe estudiarse diferentes métodos o técnicas a fin de lograr máxima rentabilidad tanto en la producción de féculas y a su vez estos tengan características admisibles por un ente regulador.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Fécula descripción y generalidades

Es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables. Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que con una producción mundial de 48,5 millones de ton/año, existe una demanda insatisfecha del mismo. [2]

De las calorías consumidas por los humanos, cerca del 70 al 80% provienen del almidón. Es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades de plantas, como, por ejemplo, en los granos de cereales, los cuales contienen entre 60 y 75% de su peso seco de almidón, así como también, puede encontrarse en tubérculos, semillas de leguminosas y en algunas frutas, y su concentración varía con el estado de madurez de los mismos. [2]

Estructuralmente, la fécula consiste en dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero pueden formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo de yodo. Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94 - 96% por enlaces α (1 - 4) y en un 4 - 6% con uniones α (1 - 6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15 - 25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta. [2]

2.1.2. Descripción y datos de la producción de los siguientes cultivos; yuca, camote, papa china

2.1.2.1 Yuca

En Ecuador la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se considera un producto fundamental para la seguridad alimentaria. Además de emplearse en fresco para el consumo humano y animal, se utiliza como materia prima en las industrias locales, (textiles, balanceados, cartoneras, elaboración de plásticos), y para la exportación. Se desarrolla con precipitaciones mínimas de 750 mm y superiores a 3.000 mm, en la Amazonia ecuatoriana soporta temperaturas entre 25° y 27°C con una media de 30°C y una mínima de 17°C, necesita fotoperiodos de 10 a 12 horas luz con su mejor respuesta agronómica en suelos franco-ligeros con un buen drenaje y su pH de 5,5 a 7,5. [3]

Provincia	Superficie Sembrada ha	Superficie Cosechada ha	Producción t	Rendimiento t/ha
Morona Santiago	4.832,00	4.775,00	17.253,83	3,57
Cotopaxi	3.078,17	2.791,92	12.964,75	4,77
Santo Domingo de los Tsáchilas	2.752,40	2.395,80	16.811,40	7,00
Manabí	2.261,33	1.967,92	4.872,83	2,62
Pichincha	1.816,67	1.773,00	9.714,58	4,99
Loja	1.630,50	1.591,00	7.765,92	4,33
Los Ríos	1.621,83	1.464,17	10.040,42	7,00
Pastaza	1.314,75	1.251,08	2.755,83	2,18
Zamora Chinchipe	1.247,58	1.130,83	4.689,58	3,85
Esmeraldas	778,58	749,00	1.540,92	2,24
Orellana	578,50	579,50	1.287,25	2,27
Sucumbios	283,25	268,67	473,00	1,78
El Oro	278,33	261,58	489,50	2,10
Guayas	264,33	225,25	581,75	2,82
Bolívar	199,4	199,4	139,17	0,84
Imbabura	167,33	161,75	366,42	2,43
Cañar	124,36	90,64	332,09	4,16
Azuay	89,75	68,38	101,58	2,10
Chimborazo	63,89	62,78	135,25	2,44
Santa Elena	56,33	41,00	92,60	2,35
Galápagos	44,00	41,00	55,00	1,34
Carchi	21,67	21,17	48,29	4,03
Tungurahua	14,00	12,00	22,00	1,83
Total Nacional	23.518,95	21.922,84	92.533,96	3.18*

Figura 1 Superficie, producción y rendimiento del cultivo de yuca en el Ecuador valores promedios 2000-2012)

En la tabla se puede ver el mayor rendimiento por t/ha está en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos y las producciones más bajas estuvieron en Bolívar y las islas Galápagos. [4]

2.1.2.2 Papa

Los últimos años han traído cambios en los hábitos alimenticios de los ecuatorianos debido a una mayor urbanización de la población, a la incorporación de la mujer en el mercado laboral y a influencias culinarias de otros países. Esta situación ha hecho que la industrialización de la papa se ha convertido en una actividad cada vez más importante. [5]

El cultivo de la papa es de un ciclo corto de aproximadamente de 90 días, la mayor limitante para este cultivo son las temperaturas, ya que si son inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura óptima para una mejor producción va de 17 a 23 °C, en cuestiones de altitud la papa se desarrolla óptimamente en 1500-2000 msnm. La papa es muy susceptible a factores abióticos tales como; heladas, altas temperaturas, granizo y sequía [5]

2.1.3 Plástico biodegradable evolución y estructura en la industria

Hasta la fecha son varios los estudios que se han realizado respecto a la obtención de plásticos biodegradables y del almidón termoplastificado TPS, pero como es de esperar, se dispone de muy poca información bibliográfica en cuanto a procesos químicos para obtener este producto, sin embargo, con la información disponible de investigaciones, se pretende diseñar un proceso nuevo que es el objetivo del presente estudio. Los procesos de obtención de almidón a partir del almidón de yuca, papa u otros productos ricos en almidón mantienen cierta similitud en sus operaciones del proceso debido a que se opera solamente con el almidón obtenido. [6]

No se ha encontrado a nivel nacional antecedentes de estudios similares, ni tecnologías de implementación a los procesos industriales, sin embargo, a nivel internacional son varios los países y empresas transnacionales que vienen invirtiendo en investigación y desarrollo de estas tecnologías. En países como Japón, Francia, Estados Unidos, China, entre otros se han

instalado plantas industriales que producen bioplásticos y las comercializan por todo el mundo. [6]

Recientemente en Colombia, investigadores de varias universidades colombianas desarrollaron por primera vez un polímero de almidón termo plastificado basado en almidón de yuca que sirve para la fabricación de bolsas plásticas y productos desechables. Actualmente la patente colombiana se encuentra en trámite y con prometedoras aplicaciones en el campo industrial (Villada, Acosta, Velasco, 2008). Griffin fue el primero en usar almidón de relleno en los plásticos sintéticos (León, Leszek, 2009). En el mercado se encuentran películas o láminas de polímero que llevan TPS como aditivo, en un 10% en peso. Para utilizarlo, el TPS debe ser secado hasta por debajo de 1% de humedad. [6]

2.1.4 Propiedades del almidón

Existen varias propiedades del almidón y que determinan la forma en que deber tratarse, según el uso para el que se le requiera. [7]

2.1.4.1 Gelatinización

Se define como la pérdida de la semicristinalidad de los gránulos de almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua, con muy poca o ninguna ocurrencia de despolimerización. [7]

La gelatinización ocurre en un rango estrecho de temperaturas que varía dependiendo de la fuente del almidón. El almidón de yuca gelatiniza en agua a temperaturas entre los 60° C y 67°C, lo que consiste en un hinchamiento de las moléculas de almidón debido a que el agua penetra en su estructura molecular. [7]

2.1.4.2 Retrogradación

Posteriormente a la gelatinización, en el momento en que deja de introducirse calor y comienza la etapa de enfriamiento la viscosidad crece de nuevo y se presenta el fenómeno denominado retrogradación. [7]

2.1.4.3 Transición vítrea

La transición vítrea de un material polimérico se refiere al cambio inducido por el calor sobre las características de polímero, el cual con el incremento de la temperatura pasa de sólido frágil y quebradizo a flexible. [7]

2.1.4.4 Desestructuración

La desestructuración del almidón nativo consiste en la transformación de los gránulos de almidón cristalino en una matriz homogénea de polímero amorfo, acompañada por un rompimiento de los puentes de hidrogeno entre las moléculas de almidón, de un lado, y la despolimerización parcial de las moléculas, del otro. [7]

El proceso de desestructuración puede generarse por la aplicación de energía al almidón. Los factores químicos y físicos involucrados son temperatura, esfuerzo cortante, como el que genera una maquina tradicional para trabajar plásticos como las extrusoras e inyectoras, tasa de residencia, contenido de agua y cantidad de energía aplicada. [7]

2.1.5. Plástico

El nombre común de plásticos se debe a la propiedad que tienen de ser deformables por plasticidad (frente a la elasticidad), bajo la influencia del calor, la presión o de ambas a la vez. Existen tres grandes familias de plásticos: los termoplásticos, los termo endurecibles y los poliuretanos. [8]

2.1.6 Agua Destilada

El agua destilada está libre de impureza e iones. Por medio de la destilación se consigue un agua carente de cloruros, calcio, magnesio y fluoruros. Su fórmula química es H_2O .

El oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerzas a los electrones de cada enlace covalente. El resultado de esta diferencia de electronegatividades provoca que la molécula de agua, aunque tiene una carga total neutra (igual número de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en

una molécula polar, alrededor de oxígeno se concentra una densidad de carga negativa. El ángulo entre los enlaces H-O-H es de $104^{\circ}5'$. [9]

2.1.7. Hidróxido de sodio

Como es de costumbre le llamamos por el nombre técnico a la droga que tiene una mínima pureza para ser utilizada en laboratorio. De paso se puede decir que suele haber cuatro niveles de calidad en las drogas del laboratorio. [10]

2.1.8. Sosa Cáustica en Escamas

Es un producto relativamente económico que tiene diversas utilidades dentro y fuera del laboratorio. Es imprescindible, si se lo va a guardar por un cierto tiempo, que este perfectamente asilado del aire porque es extremadamente ávido de agua, lo que técnicamente se dice higroscópico y por lo tanto va a ir absorbiendo el vapor del agua de la atmósfera. Esa avidez llega al punto que si se deja el tiempo suficiente se forma una solución acuosa de un 50% de concentración. [10]

2.1.9. Benzoato de Sodio

También conocido como benzoato de sosa, es un polvo o granulo de color blanco, inodoros o con olor ligero, su sabor es astringente y en cantidades elevadas es tóxica. Puede ser producido por reacción de hidróxido sódico con ácido benzoico.

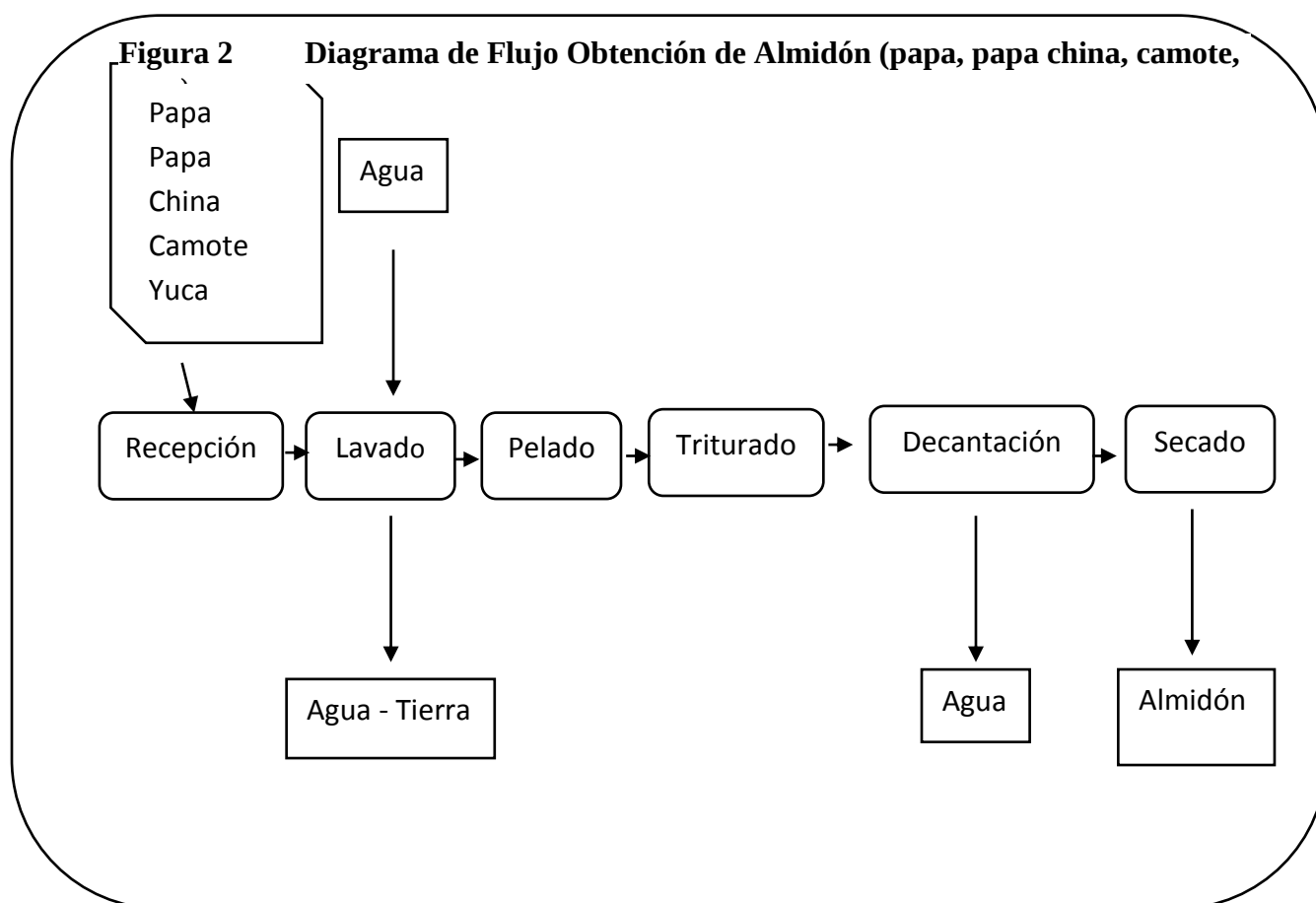
El benzoato de sodio es más efectivo en condiciones ácidas ($\text{pH} < 3.6$) lo que hace que su uso más frecuente sea en conservas, en aliño de ensaladas (vinagres), en bebidas carbonatadas (ácido carbónico), en mermeladas, en zumo de frutas (ácido cítrico) y en salsa de comida china (soja, mostaza). [11]

2.1.10 Obtención del almidón de papa, papa china, camote y yuca

Para la extracción del almidón en la figura se representa al diagrama de flujo de la obtención de almidón de papa, papa china, camote y yuca, en el que se detallan los procesos de recepción de producto, lavado para eliminar tierra e impurezas, pelado, se

tritura para liberar los gránulos de almidón que se dejan decantar lechada y el concentrado para la obtención del polvo seco.

Después del proceso de trituración se procede aplicar los métodos de extracción, agregándolos de una manera determinada



Elaborado por: Marcos C. Jerry R. 2018

2.1.11 Aplicaciones industriales del almidón

Tabla 1 Aplicaciones industriales del almidón.

Industria	Aplicaciones
Textil	• Estampados de tejidos • Dureza • Restaurar apariencia • Encolante • Almidonar tejidos blancos
Alimentaria	• Fuente de alcohol para la producción de licores. • Preparación de edulcorantes. • Es usada como aditivo para algunos alimentos • Gelificante • Aglutinante
Farmacéutica	• Materia prima para la fabricación de dextrosa • Como ligante del ingrediente activo de tabletas y productos medicinales.
Papelería	• Adhesivo • Aglomerante • Aumenta la resistencia mecánica del papel • Permite unir láminas de cartón a lamina corrugada u ondulada, etc.
Química	• Fabricación de colas y pegamentos • En la fabricación de películas biodegradables • Materia prima para tensoactivos biodegradables
Minería	• Agente floculante en las minas de potasio
Petrolera	• Floculante para recuperar vanadio • Para el tratamiento de aguas usadas para metales pesados (cobre, níquel, etc.)

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

2.1.12. Procesos de obtención de féculas de papa (*solanum tuberosum*), yuca (*manihot esculenta*), papa china (*colocasia esculenta*), camote (*ipomoea batatas*)

Para la obtención de los almidones de los respectivos vegetales se debe seguir un proceso dividido en diferentes fases o etapas, las cuales son:

- **Lavado:** En esta etapa se lavan cuidadosamente los vegetales, para luego examinarlas para que no contengan partes sucias o maltratadas.
- **Molienda:** Una vez que los vegetales hayan sido verificados, estas se trasladan a un molino, donde se muelen finamente hasta obtener una masa suave.
- **Extracción:** La masa que fue creada se envía a una zaranda vibratoria, donde se le agregará agua o NaOH con el fin de extraer el almidón. Posteriormente el almidón es colocado en tinas de decantamiento.
- **Decantamiento:** En estas tinas se mantiene el almidón en reposo absoluto, lo cual permite que el almidón se asiente en el fondo de las tinas. Una vez que haya descendido el almidón, el agua es retirada de las tinas.
- **Secado:** El almidón es expuesto al sol con el fin de eliminar o disminuir la humedad provocada por el agua, después el almidón pasa por un túnel de secado donde se extrae completamente los residuos de agua.
- **Molienda:** Finalmente el almidón es colocado en un molino, el cual lo convierte en un polvo suave, listo para utilizarse.

2.1.13. Proceso industrial para la producción de plástico biodegradable a partir del almidón

Ya obtenido el almidón se procede a procesar el mismo en diferentes fases o etapas:

- **Extrusión:** existen tres tipos de funciones: la primera función, extrae el material en gránulos del método de alimentación y es conducido al tiempo que lo comprime y, a veces, desgasifica; en segundo lugar, mezcla y produce un fundido homogéneo, y, como última función, desarrolla una presión suficiente para que supere la resistencia al flujo de la hilera abierta, de modo que el perfil emerja de la hilera de forma continua.
- **Prensado:** El procesado de plásticos con una prensa solicita un producto semielaborado capaz de fluir cuando se calienta y endurecerse cuando se enfría. Cuando se trata de material en placas, debe además ser autoportante durante la carga del molde. Estos materiales susceptibles de ser prensados, tanto de matriz termoestable como termoplástica, tienen un contenido cada vez mayor de fibras y mejores características mecánicas.
- **Laminado:** El producto final se rebobina como una estructura laminada de varias capas con adherencia permanente. La mayoría de las películas plásticas y láminas requieren un recubrimiento para imprimación antes de que se utilicen en el proceso de extrusión.

2.1.14 Biopolímeros: una alternativa al plástico sintético

Existe una creciente preocupación sobre el medio ambiente y el cambio climático. La constante incertidumbre en la producción de los combustibles fósiles, así como la recesión y los precios impredecibles de los aceites y petroquímicos, representa factores clave para los gobiernos, empresas e investigadores por buscar alternativas más seguras con respecto a los plásticos a base de petróleo. Debido a esto, se ha promovido el uso y estudio de los biopolímeros, materiales con características similares a los polímeros sintéticos, pero que provienen de fuentes naturales y que además son degradables. De los biopolímeros, se producen materiales que son conocidos comúnmente como bioplásticos. [12]

2.1.15 Propiedades físicas y químicas de la biodegradación

El almidón es un nutriente para muchos organismos y una vez que el agua está presente en la estructura el almidón se biodegrada fácilmente. El agua puede ser absorbida por el almidón dando como desintegración del material por solubilidad parcial. El almidón parcialmente solubilizado es aún más fácilmente biodegradado por enzimas principalmente de microorganismos. [13]

En esta categoría se reportan estudios que muestran una teoría base para la observación del envejecimiento de diferentes TPS y el cambio en el peso molecular, utilizando diferentes métodos. [14]

En las modificaciones químicas que tienen que ver con cambios enzimáticos durante la extrusión (tornillo simple o doble) conocida como extrusión reactiva y también los extrusores relacionados con la incorporación de fibras. Otras investigaciones muestran que la modificación del almidón a través de la esterificación, eterificación y la oxidación antes del proceso permite lograr un alto grado de sustitución de grupos hidrofílicos, lo que reduce la sensibilidad al agua y mejora las propiedades mecánicas y de barrera en los materiales. [14]

2.1.16 Caracterización del polímero biodegradable

Se realiza un ensayo de tracción a cada una de las mezclas preparadas utilizando una máquina universal de ensayos, de acuerdo a las normas NTC 444. Luego se hace un DSC utilizando un calorímetro. Instrumento modelo, siguiendo el método para la determinación de transiciones de primero y segundo orden en capsulas de aluminio herméticamente selladas, con 10 mg de material en cada una, el borrado térmico se hace calentando entre 25 y 200°C, en atmosfera de nitrógeno, a una velocidad de 20°C/min. Después se hace un calentamiento entre 40 y 200°C, a 10°C/min, para determinar la temperatura de transición vítrea.

La morfología de las láminas procesada se determina mediante un análisis de dispersión, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 18553. Cada muestra se corta con un

micrótopo en seis trozos de 35µm de espesor. Se toman cinco fotografías con luz transmitida a 100 aumentos y una a 50, con el fin de tener una visión global del fenómeno de dispersión. [15]

2.2 Marco Referencial

2.2.1. Descripción de los elementos que conforman al almidón

Los gránulos de almidón formados por amilosa y amilopectina constituido por unidades de glucosa presentan diámetros entre 15 – 100 µm. la amilosa, generalmente el menor componente, presenta una estructura lineal constituida por monómeros de glucosa ligados únicamente por enlaces α -1,4. Forma muchos complejos insolubles con un gran número de moléculas que generalmente se precipitan. La amilopectina es generalmente el mayor componente y es altamente ramificada, formada por monómeros de glucosa ligados por enlaces α -1,4 y α -1,6. [16]

2.2.2 Fuentes y utilización

El almidón se produce principalmente en las semillas, raíces y tubérculos de las plantas superiores. Algunos polisacáridos de reserva similar llamado fitoglicógeno. Las plantas sintetizan starco como resultado de la fotosíntesis. Se sintetiza en plastidios como un compuesto de almacenamiento para la respiración durante periodos oscuros también se sintetiza en amiloplastos que se encuentran en tubérculos, semillas y raíces compuesto de almacenamiento a largo plazo. [17]

Los cultivos que contienen almidón forman un importante componente de la dieta humana. Además del uso de partes de plantas que contienen almidón como fuente de alimento, el almidón se cosecha y se procesados enzimáticamente en una variedad de productos diferentes, como los hidrolizados de almidón, jarabes de glucosa, fructosa, almidón o derivados de maltodextrina, o ciclodextrinas. A pesar de gran número de plantas capaces de producir almidón, solo unas pocas plantas son importantes para la industria procesamiento de almidón. Las principales fuentes industriales son maíz, tapioca, papa, trigo. [17]

2.2.3 Introducción a los bioplásticos

La escasez y encarecimiento del petróleo, junto con un aumento de las regulaciones medioambientales, actúan de forma sinérgica para promover el desarrollo de nuevos materiales y productos más compatibles con el medioambiente e independientes de los combustibles fósiles. En este contexto, los bioplásticos se ajustan perfectamente a las nuevas necesidades e inquietudes industriales y sociales. [18]

Los bioplásticos constituyen en la actualidad un campo de interés creciente en sectores industriales diversos (envase, automoción, alimentación, sector eléctrico – electrónico, construcción, medicinas, textil, etc.). Este interés está íntimamente relacionado con la tendencia globalmente extendida, de sustitución de los materiales procedentes de fuentes fósiles por otros procedentes de fuentes renovables y tipologías de bioplásticos que se conocen. [18]

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

En el presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en la Av. Quito Km 11/2 vía Santo Domingo de los Tsáchilas, Laboratorios de Agroindustria, con la colaboración de la empresa ´´RHINO´´, el dueño propietario es el Ing. Edgar Nogales, se utilizó materiales, equipos disponibles e instalaciones del Laboratorio de Bromatología y empresa.

3.2. Tipo de Investigación

3.2.1. Descriptiva

Se aplicó basada en un diagnóstico realizado a los problemas que conllevan la producción de plástico a nivel industrial, mediante el cual se describió la problemática sobre la producción industrial del plástico convencional en busca de nuevas alternativas para desarrollar este producto.

3.2.2. Bibliográfica

Este tipo de investigación consistió en búsqueda de información en investigaciones científicas, normas en cuanto a los requerimientos del papel, revistas científicas, los cuales son el fundamento para el análisis y discusión de los resultados obtenidos.

3.2.3 Experimental

Se realizó mediante el proceso de obtención de almidón para la elaboración de empaques biodegradables, se manipuló las variables planteadas y se plasmó las actividades necesarias para formar los empaques.

3.3 Métodos de Investigación

3.3.1 Deductivo

Para este tipo de métodos se vio en la necesidad de usarlo en el diseño experimental deduciendo las variables por los factores de estudio, dando en consideración el mejor o los mejores tratamientos en estudio.

3.3.2 Analítico

Se empleó mediante un diseño experimental el cual permitió analizar factores de estudio para la elaboración de empaques biodegradables, los cuales conllevaron a conocer los efectos del experimento realizado y establecer un método definido.

3.4 Fuentes de recopilación de información

Las fuentes principales fueron libros, tesis, revistas científicas y demás información con fuente confiable y verídica.

3.5 Diseño de la Investigación

En esta investigación se aplicó dos diseños factoriales ($A*B*C$), en la primera fase investigativa se aplicó 4 tipos de tubérculos, con dos métodos de extracción y dos métodos de conservación y en la segunda fase se interactuó con los tipos de almidones con dos porcentajes de glicerina (5% y 8%), más dos proporciones de H_2O como plastificante (200% y 400%), a continuación, se muestra ambos diseños con sus respectivas nomenclaturas.

Tabla 2 Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de almidón para elaboración de empaques biodegradables.

FACTORES DE ESTUDIO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Factor A: Variedad de Tubérculos.	a0	Papa
	a1	Camote
	a2	Yuca
	a3	Papa china
Factor B: Métodos de extracción	b0	Agua destilada
	b1	NaOH
Factor C: Aditivos	c0	Benzoato de sodio
	c1	Ácido ascórbico.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Tabla 3 Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de empaques biodegradables

FACTORES DE ESTUDIO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Factor A: Variedad de almidón.	a0	Papa
	a1	Camote
	a2	Yuca
	a3	Papa china
Factor B: Aditivos.	b0	Glicerina 8%
	b1	Glicerina 5%
Factor C: Agua destilada.	c0	400%
	c1	200%

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

3.6 Instrumentos de investigación

3.6.1 Diseño estadístico de la investigación

Tabla 4 Esquema de análisis de varianza

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Replica	1
Factor A (tubérculos)	3
Factor B (métodos de extracción)	1
Factor C (aditivos)	1
A*B	3
A*C	3
B*C	3
A*B*C	3
Error Experimental	15
TOTAL	31

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Tabla 5 Esquema de análisis de varianza de elaboración de empaques biodegradables.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Replica	1
Factor A (variedad de almidón)	3
Factor B (aditivos %)	1
Factor C (agua destilada)	1
A*B	3
A*C	3
B*C	3
A*B*C	3
Error Experimental	15
TOTAL	31

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Tabla 6 **Características del experimento de elaboración de empaques biodegradables.**

Número de tratamientos	16
Número de repeticiones	2
Unidades experimentales	32
Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).	

Tabla 7 **Características del experimento de elaboración de empaques biodegradables.**

Número de tratamientos	16
Número de repeticiones	2
Unidades experimentales	32
Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).	

3.7. Tratamiento de la investigación

En los tratamientos se combinaron todos los niveles de factores de estudio según el diseño, a primera instancia se presenta el diseño de obtención de almidón, el cual presenta la relación entre los factores variedad de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación.

En tanto que para el otro diseño de investigación presenta la interacción entre los factores variedad de almidón, porcentaje de aditivos, porcentaje de agua destilada.

Todos estos diseños se presentan a continuación, con sus interacciones y nomenclaturas correspondientes:

Tabla 8 **Combinación de los tratamientos para obtención de empaques biodegradables.**

Nº.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
1	a0b0c0	Papa + Agua destilada + Benzoato de sodio
2	a0b0c1	Papa + Agua destilada + Ácido ascórbico.
3	a0b1c0	Papa + NaOH + Benzoato de sodio
4	a0b1c1	Papa + NaOH + Ácido ascórbico.
5	a1b0c0	Camote + Agua destilada + Benzoato de sodio
6	a1b0c1	Camote + Agua destilada + Ácido ascórbico.
7	a1b1c0	Camote + NaOH + Benzoato de sodio
8	a1b1c1	Camote + NaOH + Ácido ascórbico.
9	a2b0c0	Yuca+ Agua destilada + Benzoato de sodio
10	a2b0c1	Yuca + Agua destilada + Ácido ascórbico.
11	a2b1c0	Yuca + NaOH + Benzoato de sodio
12	a2b1c1	Yuca + NaOH + Ácido ascórbico.
13	a3b0c0	Papa china + Agua destilada + Benzoato de sodio
14	a3b0c1	Papa china + Agua destilada + Ácido ascórbico.
15	a3b1c0	Papa china + NaOH + Benzoato de sodio
16	a3b1c1	Papa china + NaOH + Ácido ascórbico.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Variables de estudio de almidón

- Cantidad de almidón
- pH
- Humedad
- Viscosidad
- Densidad
- Masa residual

Tabla 9 Combinación de los tratamientos para elaboración de empaques biodegradables.

Nº.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
1	a0b0c0	Almidón de Papa + glicerina 8% + agua destilada 832ml
2	a0b0c1	Almidón de Papa + glicerina 8% + agua destilada 416ml
3	a0b1c0	Almidón de Papa + glicerina 5% + agua destilada 832ml
4	a0b1c1	Almidón de Papa + glicerina 5% + agua destilada 416ml
5	a1b0c0	Almidón de Camote + glicerina 8% + agua destilada 832ml
6	a1b0c1	Almidón de Camote + glicerina 8% + agua destilada 416ml
7	a1b1c0	Almidón de Camote + glicerina 5% + agua destilada 832ml
8	a1b1c1	Almidón de Camote + glicerina 5% + agua destilada 416ml
9	a2b0c0	Almidón de Yuca+ glicerina 8% + agua destilada 832ml
10	a2b0c1	Almidón de Yuca + glicerina 8% + agua destilada 416ml
11	a2b1c0	Almidón de Yuca + glicerina 5% + agua destilada 832ml
12	a2b1c1	Almidón de Yuca + glicerina 5% + agua destilada 416ml
13	a3b0c0	Almidón de Papa china + glicerina 8% + agua destilada 832ml
14	a3b0c1	Almidón de Papa china + glicerina 8% + agua destilada 416ml.
15	a3b1c0	Almidón de Papa china + glicerina 5%+ agua destilada 832ml
16	a3b1c1	Almidón de Papa china + glicerina 5% + agua destilada 416ml

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Variedades de estudio de empaques biodegradables

- Humedad
- Tiempo de biodegradación.
- Cantidad de materia prima

3.8. Talento humano y materiales y equipos

3.8.1 Talento humano

En la ejecución de esta investigación intervino el director de proyecto de investigación y los estudiantes egresados de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo que desarrollaron el trabajo mencionado

3.8.2 Materiales y equipos

A continuación, se presentan la lista de materiales y equipos utilizados:

Tabla 10 Materiales, equipos y reactivos utilizados en la obtención de almidón.

Materiales		Equipos		Otros	Reactivos
Cofia, guantes, mascarillas, gafas, cuchillos, recipientes de aluminio.		Molino		Cámara fotográfica	
Recipientes de acero inoxidable.		Balanza eléctrica OHAUS		Cinta de papel	Solución de hidróxido o agua destilada al 5% de solución.
				Cámara fotográfica	
Tamiz		Balanza electrónica OHAUS.		Cinta de papel	Solución de benzoato de sodio o ácido ascórbico al 5%
				Cámara fotográfica	
Recipientes de aluminio		Deshidratadora		Cinta de papel	
				Cámara fotográfica	
Guantes, cofia, mascarillas, gafas.		Molino		Cámara fotográfica	
				Computadora	
Tamiz		Balanza electrónica OHAUS		Cámara fotográfica.	
				Cintas de papel	
				Marcadores,	

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Tabla 11 Materiales, equipos y reactivos utilizados en la elaboración de empaques biodegradables.

Materiales	Equipos	Otros	Reactivos
Cofia, guantes, mascarillas, gafas, cuchillos, recipientes de metálicos.	Reactor	Cámara fotográfica	Agua destilada (832ml o 416ml)
Recipientes de acero inoxidable.	Estufa	Cámara fotográfica	Solución de glicerina (5% o 8%)
Tamiz	Balanza electrónica OHAUS.	Cinta de papel Cámara fotográfica	Solución de benzoato de sodio o ácido ascórbico al 5%
Recipientes de aluminio	Deshidratadora	Cinta de papel Cámara fotográfica	

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

3.9. Procedimental

El trabajo experimental consistió en dos fases, en la primera parte se evaluó la extracción de almidón y la segunda la elaboración de empaques biodegradables, para la extracción de almidón se estudiaron 16 tratamientos con tres repeticiones esto dio como resultado 36 unidades experimentales, de 1000gramos de producto cada una(camote, yuca, papa y papa china), dando un total de 36 kilogramos de producto, estos fueron sometidos pelado, molienda decantación tamizado y deshidratación en dos tipos de proceso de extracción: con H₂O= destilada y el otro con NaOH, para evitar contaminación del almidón se utilizó benzoato de sodio 0.05%, y ácido ascórbico para evitar el pardeamiento. En la segunda fase investigativa (obtención de biodegradables) se aplicó los 4 tipos de almidón obtenidos con dos porcentajes de glicerina (5% y 8%) y dos proporciones de H₂O como plastificante

(200% y 400% , para esto se estudiaron 16 tratamientos con tres repeticiones dando un total de 36 unidades de estudio, la fase investigativa consistió combinar los tres componentes (almidón, glicerina y H₂O), para someterle a una T° de 90°C por 3 minutos a 1200 RPM, las variables evaluadas fueron: rendimiento, viscosidad, humedad, masa residual, densidad en el almidón, tiempo de biodegradación, pH y humedad de empaque. El proceso de obtención de empaques se realizó en la empresa RHINO de la Provincia de Santo Domingo de las Tsáchilas, bajo la supervisión y asesoramiento del Ing. Edgar Nogales. Los análisis se hicieron bajo NORMAS ISO 14855.

Referente a los empaques biodegradables, ocurre dos procesos paralelos por un lado se inicia el mezclado de agua fría con el almidón y por el otro lado la cocción de agua a 65°C, después de 2 min, se procede a verter el agua fría más almidón, al recipiente de agua a 65°, apenas se mezclen se sube la temperatura a 90°C se procede a mezclar nuevamente, se deja decantar, reposar y de allí obtienes el empaque biodegradable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Estudio de las propiedades de diferentes tubérculos (papa, yuca, camote, papa china), como materia prima en la elaboración de empaques biodegradables

4.1.1.2 Resultados con respecto a los análisis del almidón

Con respecto a las variables estudiadas (masa residual, fécula, humedad, viscosidad densidad y pH), a partir de los tubérculos nos indica que se descompone la variabilidad del proceso de obtención de almidón. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados, la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores

Tabla 12 Análisis de varianza de masa residual.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	564531	3	188177,	7680,70	0,0000
B: método de extracción	91,125	1	91,125	3,72	0,0729
C: método de conservación	84,5	1	84,5	3,45	0,0830
D: Repeticiones	40,5	1	40,5	1,65	0,2180
INTERACCIONES					
AB	68,625	3	22,875	0,93	0,4488
AC	368,75	3	122,917	5,02	0,0132
BC	3,125	1	3,125	0,13	0,7260
ABC	120,625	3	40,2083	1,64	0,2221
RESIDUOS	367,5	15	24,5		
TOTAL (CORREGIDO)	565676,	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 12 (ANOVA). Puesto que 5 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre masa residual con un 95,0% de nivel de confianza. Se observa que respecto a los efectos principales se encontró diferencia significativa en el factor Tubérculos y en la interacción Tubérculos – Métodos de conservación. A lo que se refiere a repeticiones no se encontró diferencia significativa esto quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 13 Análisis de varianza de fécula.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	73572,6	3	24524,2	5264,59	0,0000
B: método de extracción	40,5	1	40,5	8,69	0,0100
C: método de conservación	66,125	1	66,125	14,19	0,0019
D: Repeticiones	1,125	1	1,125	0,24	0,6302
INTERACCIONES					
AB	122,25	3	40,75	8,75	0,0014
AC	200,125	3	66,7083	14,32	0,0001
BC	4,5	1	4,5	0,97	0,3413
ABC	10,75	3	3,58333	0,77	0,5289
RESIDUOS	69,875	15	4,65833		
TOTAL (CORREGIDO)	74087,9	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 13 (ANOVA). Puesto que 5 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre fécula con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó que respecto a los efectos principales se encontró diferencia significativa en Tubérculos, Métodos de extracción, Métodos de conservación, interacción Tubérculo-Método de extracción, Tubérculo-Método de conservación. Con respecto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa esto quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 14 Análisis de varianza de humedad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	10952,4	3	3650,8	10297,76	0,0000
B: método de extracción	2,48088	1	2,48088	7,00	0,0184
C: método de conservación	1,71588	1	1,71588	4,84	0,0439
D: Repeticiones	1,1514	1	1,1514	3,25	0,0916
INTERACCIONES					
AB	5,36063	3	1,78688	5,04	0,0130
AC	9,70308	3	3,23436	9,12	0,0011
BC	0,487578	1	0,487578	1,38	0,2592
ABC	1,27548	3	0,425161	1,20	0,3438
RESIDUOS	5,31785	15	0,354523		
TOTAL (CORREGIDO)	10979,9	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 14 (ANOVA). Puesto que 5 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre humedad con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó que respecto a los efectos principales se encontró diferencia significativa en el factor Tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación. Y en las interacciones tubérculos-métodos de extracción y tubérculos-métodos de conservación. En repeticiones no se encontró diferencia significativa esto quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 15 Análisis de varianza de viscosidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	642054,	3	214018,	22371,22	0,0000
B: método de extracción	128,0	1	128,0	13,38	0,0023
C: método de conservación	40,5	1	40,5	4,23	0,0575
D: Repeticiones	12,5	1	12,5	1,31	0,2709
INTERACCIONES					
AB	46,75	3	15,5833	1,63	0,2247
AC	165,25	3	55,0833	5,76	0,0079
BC	10,125	1	10,125	1,06	0,3199
ABC	20,125	3	6,70833	0,70	0,5658
RESIDUOS	143,5	15	9,56667		
TOTAL (CORREGIDO)	642621,	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 15 (ANOVA). Puesto que 5 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre viscosidad con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó que respecto a los efectos principales se encontró diferencia significativa en tubérculos, métodos de extracción. Y en la interacción tubérculos-métodos de conservación. Mientras que en repeticiones no existió diferencia significativa la cual nos dice que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 16 Análisis de varianza de densidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	0,00728566	3	0,00242855	29,26	0,0000
B: método de extracción	0,000495338	1	0,000495338	5,97	0,0274
C: método de conservación	0,000218928	1	0,000218928	2,64	0,1252
D: Repeticiones	0,0001995	1	0,0001995	2,40	0,1419
INTERACCIONES					
AB	0,000509293	3	0,000169764	2,05	0,1507
AC	0,000282948	3	0,0000943161	1,14	0,3662
BC	0,0000109278	1	0,0000109278	0,13	0,7218
ABC	0,0000304284	3	0,0000101428	0,12	0,9456
RESIDUOS	0,00124512	15	0,0000830083		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0102781	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 16 (ANOVA). Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre densidad (g/ml) con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó diferencia significativa en los factores tubérculos, métodos de extracción. En tanto que en repeticiones no existió diferencia significativa eso quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 17 Análisis de varianza de pH.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: tubérculos	2,90594	3	0,968646	92,44	0,0000
B: método de extracción	0,945313	1	0,945313	90,21	0,0000
C: método de conservación	0,0153125	1	0,0153125	1,46	0,2454
D: Repeticiones	0,0378125	1	0,0378125	3,61	0,0769
INTERACCIONES					
AB	0,0684375	3	0,0228125	2,18	0,1332
AC	0,228438	3	0,0761458	7,27	0,0031
BC	0,0528125	1	0,0528125	5,04	0,0403
ABC	0,0759375	3	0,0253125	2,42	0,1070
RESIDUOS	0,157187	15	0,0104792		
TOTAL (CORREGIDO)	4,48719	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 17 (ANOVA). Puesto que 4 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre pH con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó que existe diferencia entre los efectos principales tanto en los factores tubérculos, métodos de extracción y en las interacciones tubérculos-métodos de conservación, métodos de extracción- métodos de conservación. En repeticiones existió normalidad en la toma de datos.

4.1.1.3. Resultados con respecto a los factores de estudio

4.1.1.3.1. Resultados con respecto a la evaluación de las variedades de los tubérculos

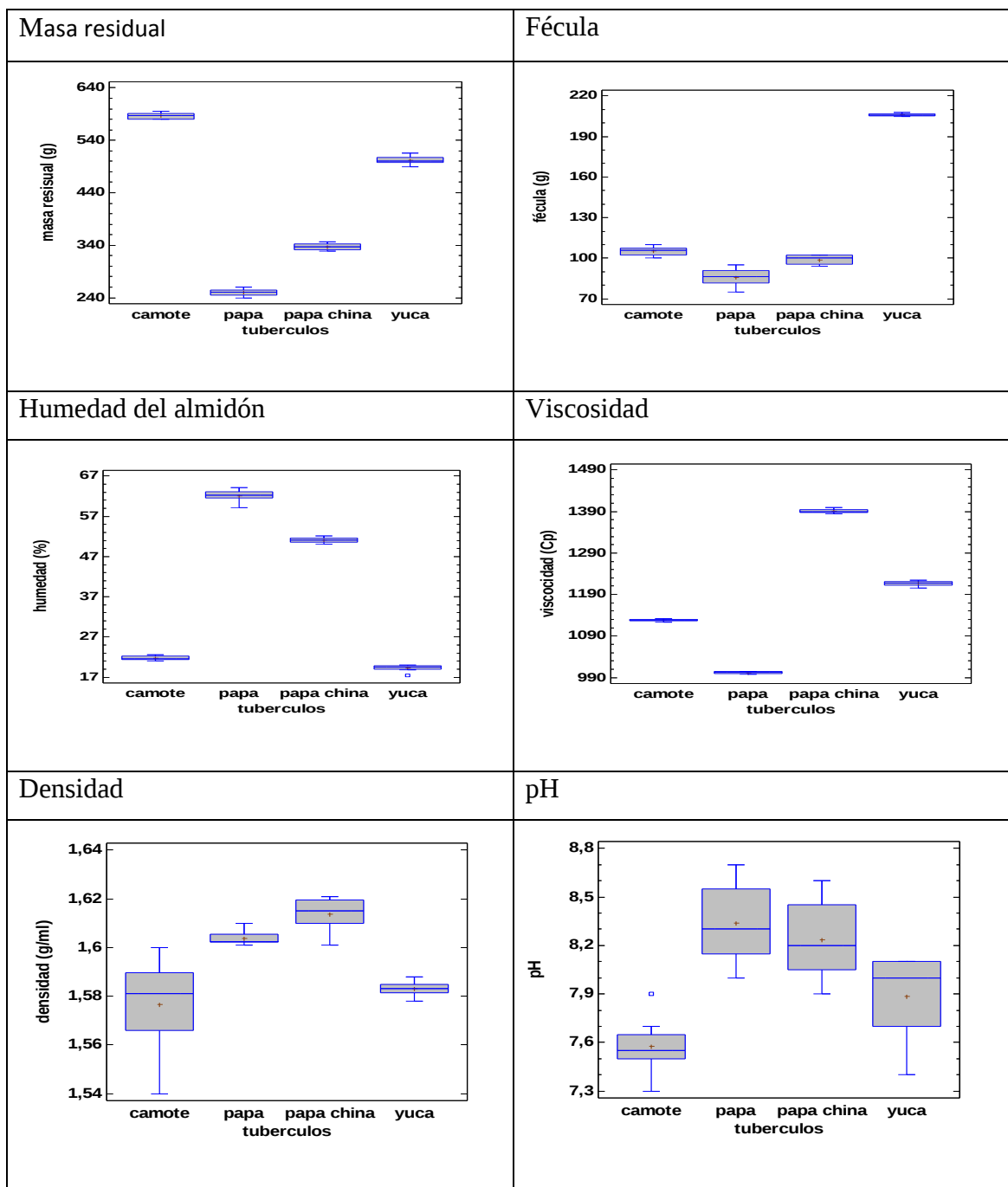


Gráfico 1 Muestra los resultados de la prueba de tukey ($p < 0.05$) del almidón para los niveles del factor A (variedades de tubérculos).

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

El grafico N°1 indica la diferencia entre masa residual con respecto a variedad de tubérculos, el valor más bajo se observó en el tubérculo papa ($a_1 = 250.125$ g) y el valor más alto en camote ($a_2 = 586.375$ g).

En cuanto a la cantidad de fécula existe diferencia significativa, el valor más bajo se observa en papa ($a_1 = 86$ g) y el valor más alto en yuca ($a_0 = 206.2$ g).

Con respecto a la humedad del almidón se observa diferencia significativa entre las variedades de tubérculos, presentando el valor más bajo en yuca ($a_0 = 19.2475\%$) y el valor más alto en papa ($a_1 = 62.1013\%$).

En la viscosidad se halla diferencia entre las variedades de tubérculos, encontrando el valor más bajo en papa ($a_1 = 1001.75$ Cp) y por consiguiente el valor más alto es papa china ($a_3 = 1390.88$ Cp).

Con referencia a la densidad existe diferencias significativas entre las variedades de los tubérculos, teniendo los valores más bajos en camote y yuca ($a_2 = 1.57664$ g/ml, $a_0 = 1.58312$ g/ml), los valores más altos se encuentran en papa y papa china ($a_1 = 1.60387$ g/ml, $a_3 = 1.61385$ g/ml).

En la variable pH se encuentran diferencias entre las medias de las variedades de los tubérculos, encontrando el valor más bajo en camote ($a_2 = 7,575$ pH) y los valores más altos se encuentran en papa china y papa ($a_3 = 8,2375$ pH, $a_1 = 8,3375$ pH)

4.1.2. Determinación de la factibilidad de almidón de féculas de tubérculos aplicando dos métodos de extracción (agua destilada y solución acuosa de NaOH).

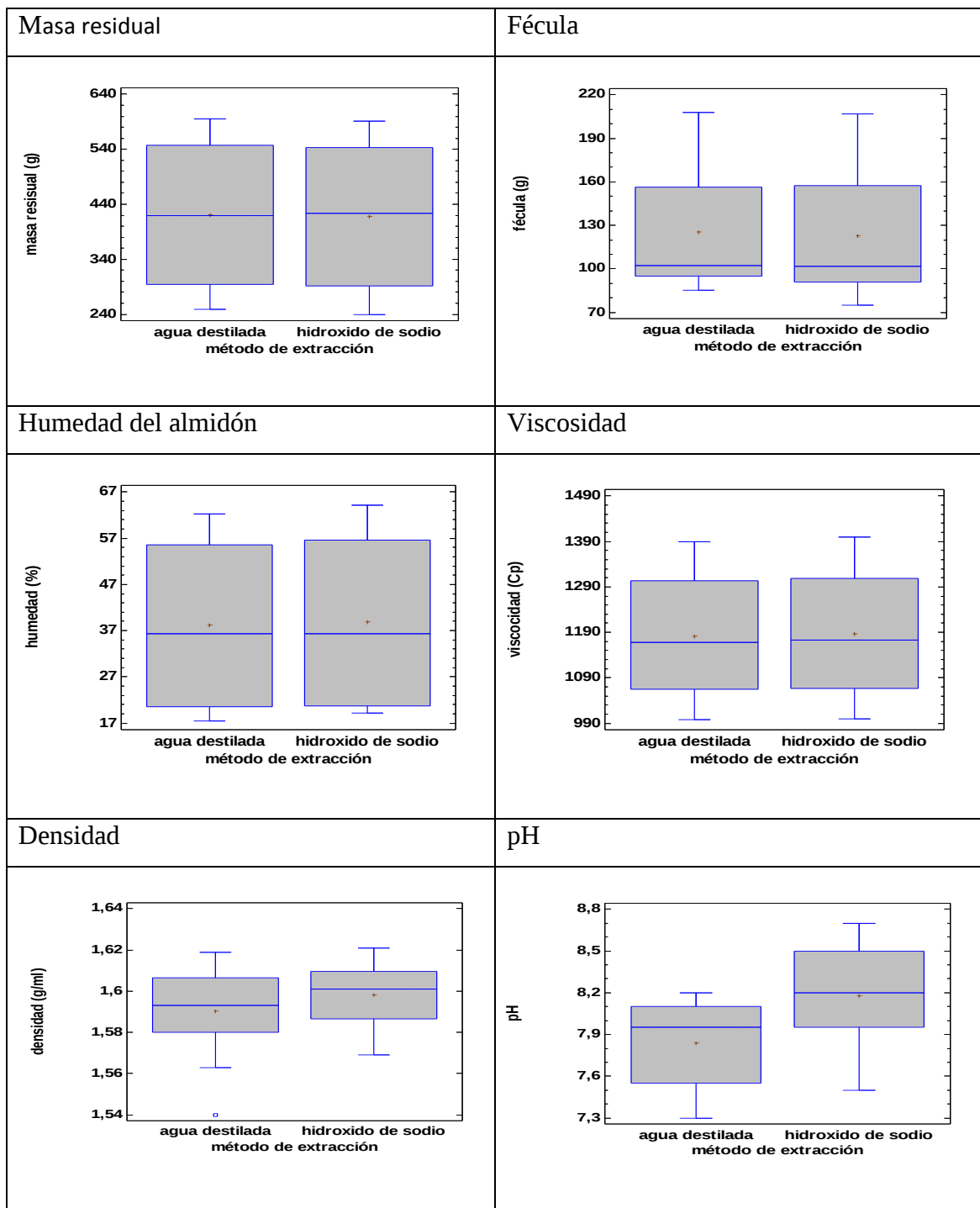


Gráfico 2 Muestra los resultados de la prueba de tukey ($p < 0,05$) del almidón para los niveles del factor B métodos de extracción

El grafico N°2 indica que no se observa diferencia significativa de masa residual con respecto a los métodos de extracción, obteniendo el valor más bajo en el método de extracción hidróxido de sodio ($b_1 = 417.813$ g) y el valor mayor en el método de agua destilada ($b_0 = 421.188$ g).

En cuanto a la cantidad de fécula, se observa diferencia significativa entre los métodos de extracción, teniendo el valor más bajo en el método de extracción de hidróxido de sodio ($b_1 = 122.938$ g) y por consiguiente el valor más alto en el método de extracción agua destilada ($b_0 = 125.188$ g).

Con respecto a la humedad del almidón se observa diferencia significativa con respecto a los métodos de extracción, observando que el valor más bajo se encuentra en el método agua destilada ($b_0 = 38.2669\%$) y el valor más alto se encuentra en el método de extracción hidróxido de sodio ($b_1 = 38.8238\%$).

En la viscosidad se halla diferencia significativa entre los métodos de extracción, teniendo el valor más bajo en el método de extracción agua destilada ($b_0 = 1182.31$ Cp) y el valor más alto se encuentra en el método de extracción de hidróxido de sodio ($b_1 = 1186.31$ Cp).

Con referencia a la densidad existe diferencia significativa con respecto a los métodos de extracción, encontrando al valor más bajo en el método de agua destilada ($b_0 = 1.59044$ g/ml) y hallando el valor más alto en el método de extracción hidróxido de sodio ($b_1 = 1.59831$ g/ml).

En la variable pH se encuentra diferencia significativa con respecto a los métodos de extracción, hallando el valor más bajo en el método agua destilada ($b_0 = 7.8375$ pH) y el valor más alto se encuentra en el método de hidróxido de sodio ($b_1 = 8.18125$ pH).

4.1.2.1. Resultados con respecto a los métodos de conservación en el proceso de obtención de fécula

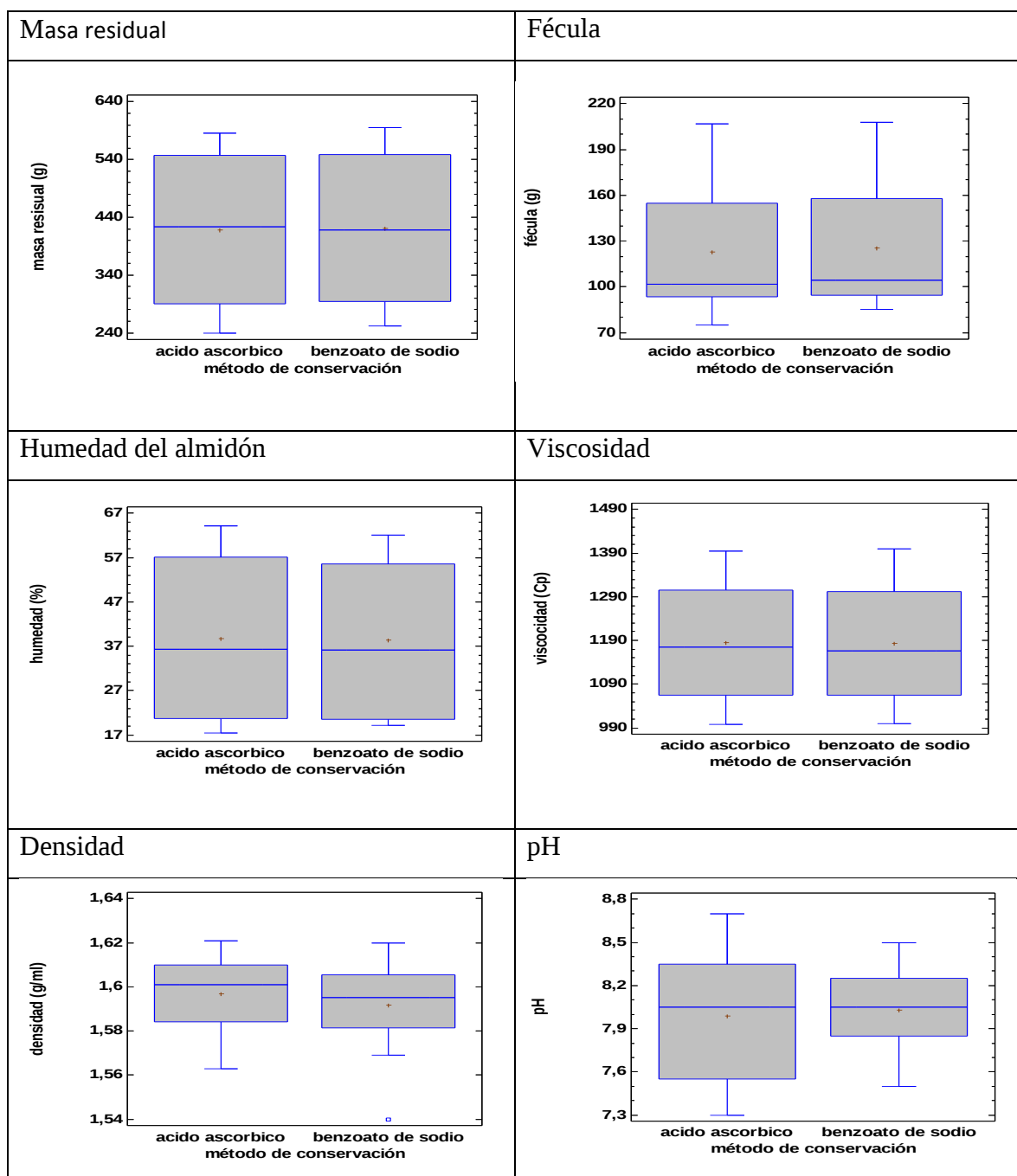


Gráfico 3 Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0,05$) del almidón para los niveles del factor C métodos de conservación.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

El grafico N°3 indica que NO existe diferencia entre la masa residual con respecto a los métodos de conservación, obteniendo el valor más bajo en el método ácido ascórbico ($c_1 = 417.875$ g) y el valor más alto se encuentra en el método de benzoato de sodio ($c_0 = 421,125$ g).

En cuanto a la cantidad de fécula se observó diferencia significativa con respecto a los métodos de conservación, obteniendo el valor más bajo en el método de ácido ascórbico ($c_1 = 122.625$ g) y el valor más alto se encuentra en el método benzoato de sodio ($c_0 = 125.5$ g).

Con respecto a la humedad de la fécula se encontró diferencia significativa con respecto a los métodos de conservación, hallando el valor más bajo en el método de benzoato de sodio ($c_0 = 38.3137\%$) y por consiguiente el valor más alto en el método de ácido ascórbico ($c_1 = 38.7769\%$).

En la viscosidad no se distingue diferencia significativa con respecto a los métodos de conservación, esto quiere decir que ambos métodos estadísticamente son iguales, existiendo el valor más bajo en el método benzoato de sodio ($c_0 = 1183.19$ Cp) y el valor más alto se presenta en el método de ácido ascórbico ($c_1 = 1185.44$ Cp).

Con referencia a la densidad no existe diferencia significativa, ya que sus valores relativamente son similares, hallando el valor más bajo del rango en el método benzoato de sodio ($c_0 = 1.59176$ g/ml) y el valor más en el método de ácido ascórbico ($c_1 = 1.59699$ g/ml).

En la variable pH no existe diferencia significativa, esto quiere decir que este factor no afecta considerablemente a esta variable, aun así, existe el valor más alto de este rango el cual se encuentra en el método ácido ascórbico ($c_1 = 7.9875$ pH) y el valor más alto se halla en el método benzoato de sodio ($c_0 = 8.03125$ pH).

4.1.2.2 Resultados con respecto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación)

Tabla 18 Masa residual

Tratamiento	Media	Grupo			
a ₁ b ₁ c ₁	240.5	A			
a ₁ b ₀ c ₁	249.5	A			
a ₁ b ₁ c ₀	252.5	A			
a ₁ b ₀ c ₀	258.0	A			
a ₃ b ₁ c ₀	333.5		B		
a ₃ b ₀ c ₁	337.5		B		
a ₃ b ₀ c ₀	338.0		B		
a ₃ b ₁ c ₁	339.0		B		
a ₀ b ₁ c ₁	501.0			C	
a ₀ b ₀ c ₀	501.5			C	
a ₀ b ₁ c ₀	503.0			C	
a ₀ b ₀ c ₁	512.5			C	
a ₂ b ₀ c ₁	580.0				D
a ₂ b ₁ c ₁	583.0				D
a ₂ b ₁ c ₀	590.0				D
a ₂ b ₀ c ₀	592.5				D

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 19 Cantidad de fécula

Tratamiento	Media	Grupo			
a ₁ b ₁ c ₁	76.5	A			
a ₁ b ₁ c ₀	86.5		B		
a ₁ b ₀ c ₁	86.5		B		
a ₁ b ₀ c ₀	94.5		B	C	
a ₃ b ₀ c ₀	95.5			C	
a ₃ b ₁ c ₀	98.0			C	
a ₃ b ₁ c ₁	100.0			C	D
a ₂ b ₁ c ₁	102.0			C	D
a ₃ b ₀ c ₁	102.0			C	D
a ₂ b ₀ c ₁	102.5			C	D

a ₂ b ₀ C ₀	107.5				D	
a ₂ b ₁ C ₀	108.5				D	
a ₀ b ₀ C ₁	205.5					E
a ₀ b ₁ C ₀	206.0					E
a ₀ b ₁ C ₁	206.0					E
a ₀ b ₀ C ₀	207.5					E

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 20 Humedad

Tratamiento	Media	Grupo					
a ₀ b ₀ C ₁	18.13	A					
a ₀ b ₁ C ₀	19.44	A	B				
a ₀ b ₁ C ₁	19.66	A	B	C			
a ₀ b ₀ C ₀	19.77	A	B	C			
a ₂ b ₀ C ₀	21.13		B	C	D		
a ₂ b ₁ C ₀	21.43		B	C	D		
a ₂ b ₀ C ₁	21.95			C	D		
a ₂ b ₁ C ₁	22.33				D		
a ₃ b ₁ C ₁	50.73					E	
a ₃ b ₁ C ₀	51.02					E	
a ₃ b ₀ C ₁	51.14					E	
a ₃ b ₀ C ₀	51.62					E	
a ₁ b ₀ C ₀	60.13						F
a ₁ b ₁ C ₀	62.0						F G
a ₁ b ₀ C ₁	62.29						F G
a ₁ b ₁ C ₁	64.0						G

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 21 Viscosidad

Tratamiento	Media	Grupo				
a ₁ b ₀ C ₁	1001.0	A				
a ₁ b ₁ C ₁	1001.0	A				
a ₁ b ₀ C ₀	1001.5	A				
a ₁ b ₁ C ₀	1003.5	A				

a ₂ b ₀ c ₀	1125.5		B			
a ₂ b ₀ c ₁	1127.5		B			
a ₂ b ₁ c ₀	1128.0		B			
a ₂ b ₁ c ₁	1130.0		B			
a ₀ b ₀ c ₀	1207.5			C		
a ₀ b ₁ c ₀	1216.5			C	D	
a ₀ b ₀ c ₁	1221.0				D	
a ₀ b ₁ c ₁	1222.5				D	
a ₃ b ₀ c ₁	1386.5					E
a ₃ b ₀ c ₀	1388.0					E
a ₃ b ₁ c ₁	1394.0					E
a ₃ b ₁ c ₀	1395.0					E

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 22 Densidad

Tratamiento	Media	Grupo			
a ₂ b ₀ c ₀	1.56	A			
a ₂ b ₀ c ₁	1.57	A	B		
a ₂ b ₁ c ₀	1.58	A	B	C	
a ₀ b ₀ c ₀	1.58	A	B	C	D
a ₀ b ₀ c ₁	1.58	A	B	C	D
a ₀ b ₁ c ₁	1.58	A	B	C	D
a ₀ b ₁ c ₀	1.59	A	B	C	D
a ₂ b ₁ c ₁	1.60	A	B	C	D
a ₁ b ₀ c ₀	1.60		B	C	D
a ₁ b ₁ c ₁	1.60		B	C	D
a ₁ b ₁ c ₀	1.61		B	C	D
a ₃ b ₀ c ₀	1.61		B	C	D
a ₁ b ₀ c ₁	1.61		B	C	D
a ₃ b ₁ c ₀	1.61		B	C	D
a ₃ b ₀ c ₁	1.61			C	D
a ₃ b ₁ c ₁	1.62				D

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 23 pH

Tratamiento	Media	Grupo						
a ₂ b ₀ c ₁	7.40	A						
a ₀ b ₀ c ₁	7.50	A						
a ₂ b ₁ c ₁	7.55	A	B					
a ₂ b ₀ c ₀	7.55	A	B					
a ₂ b ₁ c ₀	7.80	A	B	C				
a ₀ b ₀ c ₀	7.95		B	C	D			
a ₃ b ₀ c ₀	8.00			C	D			
a ₀ b ₁ c ₁	8.05			C	D	E		
a ₃ b ₀ c ₁	8.05			C	D	E		
a ₀ b ₁ c ₀	8.05			C	D	E		
a ₁ b ₀ c ₀	8.10			C	D	E		
a ₁ b ₀ c ₁	8.15			C	D	E	F	
a ₃ b ₁ c ₀	8.35				D	E	F	
a ₁ b ₁ c ₀	8.45					E	F	G
a ₃ b ₁ c ₁	8.55						F	G
a ₁ b ₁ c ₁	8.65							G

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

En las tablas (18 hasta 23) se muestra el efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación en la masa residual, teniendo 4 grupos independientes; el cual el grupo A presenta los valores más bajos y abarca los tratamientos : papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a₁b₀c₀= 240.5 g); papa, agua destilada y ácido ascórbico (a₁b₀c₁= 249.5 g); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a₁b₁c₀= 252.5 g); papa, agua destilada y benzoato de sodio (a₁b₁c₁= 258 g). Por otro lado, el valor más alto se presentó el grupo D que engloba: camote, agua destilada y ácido ascórbico (a₂b₀c₁= 580 g); camote, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a₂b₁c₁= 583 g); camote, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a₂b₁c₀= 590 g); camote, agua destilada y benzoato de sodio (a₂b₀c₀= 592.5 g).

En cuanto a la cantidad de fécula se muestra el efecto de la interacción de variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación, obteniendo 5 grupos independientes con el valor más bajo en el grupo A, el cual presenta los siguientes tratamientos: papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a₁b₀c₀= 76.5 g) y el valor más alto se encuentra en el grupo E en cual presenta las siguientes interacciones: yuca, agua

destilada y ácido ascórbico (a0b0c1= 205.5 g); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a0b1c0= 206 g); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a0b1c1= 206 g); yuca, agua destilada y benzoato de sodio (a0b1c1= 207.5 g).

En el análisis de la humedad del almidón se demuestra el efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación, hallando 7 grupos independientes con el valor más bajo en el grupo A, en el cual presenta los siguientes tratamientos: yuca, agua destilada y ácido ascórbico (a0b0c1 = 18,13 %); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a0b1c0= 19,44 %); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a0b1c1= 19,66%); yuca, agua destilada y benzoato de sodio (a0b1c1= 19,77%) y el valor más alto se halla en el grupo G el cual, presenta las siguientes interacciones: papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 62%); papa, agua destilada y ácido ascórbico (a1b0c1= 62,29%); papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a1b0c0= 64%).

En el estudio de la viscosidad del almidón se demuestra el efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación, teniendo 5 grupos independientes con el valor más bajo en el grupo A, encontrando los siguientes tratamientos: papa, agua destilada y ácido ascórbico (a1b0c1= 1001 Cp); papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a1b0c0= 1001 Cp); papa, agua destilada y benzoato de sodio (a1b0c1= 1001,50 Cp); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 1003,50 Cp); y el valor más alto se encuentra en el grupo E con las siguientes interacciones: papa china, agua destilada y ácido ascórbico (a3b0c1= 1386,50 Cp); papa china, agua destilada y benzoato de sodio (a3b1c1= 1388 Cp); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 1394 Cp); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 1395 Cp).

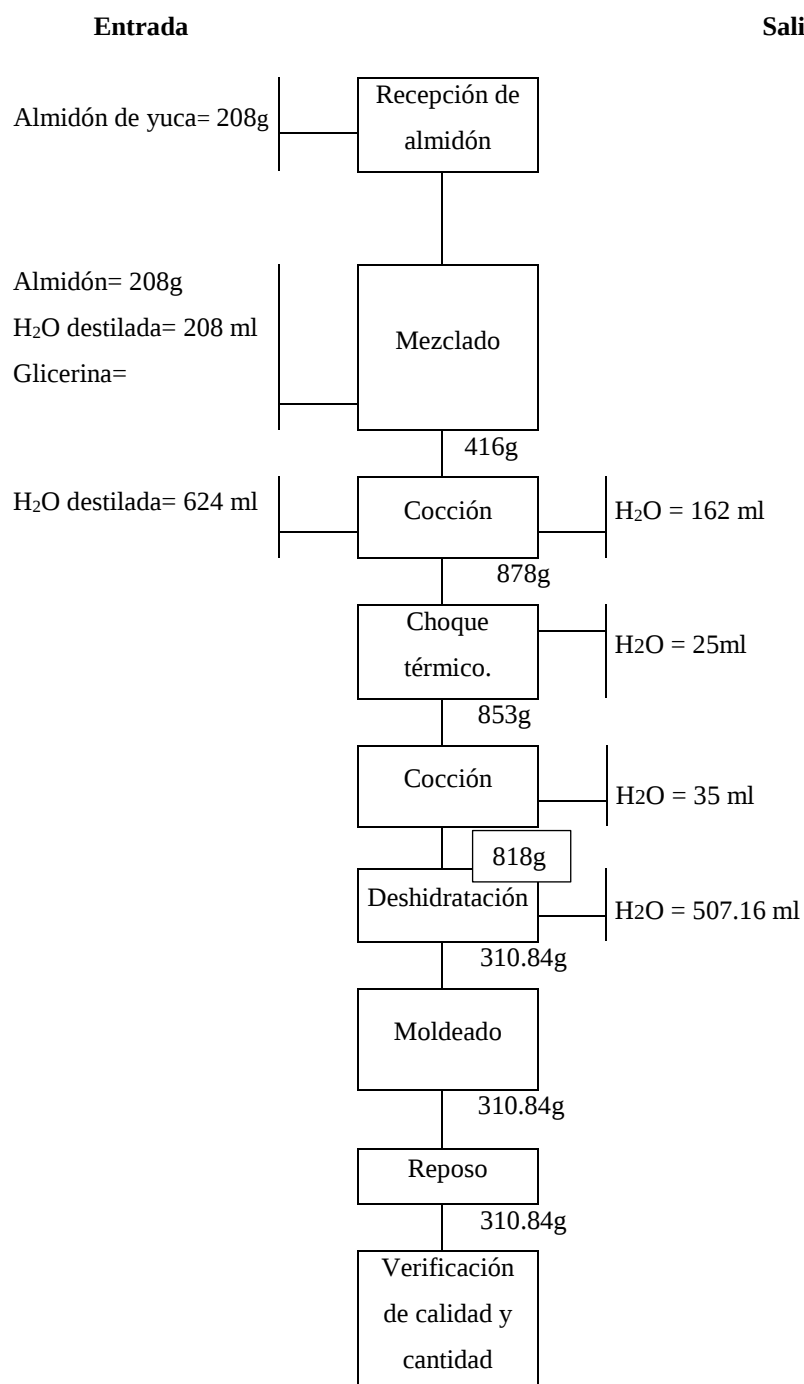
En el análisis de la densidad del almidón se demuestra el efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación, teniendo 4 grupos homogéneos con el valor más bajo en el grupo A, encontrando los siguientes tratamientos: camote, agua destilada y benzoato de sodio (a2b0c1= 1,56 g/ml); camote, agua destilada y ácido ascórbico (a2b0c1= 1,57 g/ml); camote, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a2b1c0= 1,58 g/ml); existen interacciones que pertenecen tanto al

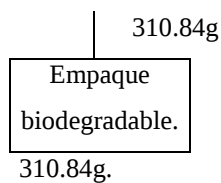
grupo A (el valor más bajo) y al grupo D (el valor más alto) las cuales son las siguientes; yuca, agua destilada y benzoato de sodio (a0b0c1= 1,58 g/ml); yuca, agua destilada y ácido ascórbico (a0b0c1= 1,58 g/ml); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a0b0c0= 1,58 g/ml); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a0b1c0= 1,59 g/ml); camote, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a2b0c0= 1,60 g/ml), ahora bien se muestra el valor del grupo D los cuales son los más altos: papa, agua destilada y benzoato de sodio (a1b0c1= 1,60 g/ml); papa, hidróxido de sodio, ácido ascórbico (a1b0c0= 1,60 g/ml); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 1,61 g/ml); papa china, agua destilada y benzoato de sodio (a3b0c1= 1,61 g/ml); papa, agua destilada y ácido ascórbico (a1b0c1= 1,61 g/ml); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 1,61 g/ml); papa china, agua destilada y ácido ascórbico (a3b0c1= 1,61 g/ml); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 1,62 g/ml).

En la variable pH del almidón se demuestra el efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación , teniendo 7 grupos independientes, el valor más bajo se encuentra en el grupo A, el cual contiene los siguientes tratamientos: camote, agua destilada y ácido ascórbico (a2b0c1= 7,40 pH); yuca, agua destilada y ácido ascórbico (a0b0c1= 7,50 pH); camote, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a2b0c0= 7,55 pH); camote, agua destilada y benzoato de sodio (a2b0c1= 7,55 pH); camote, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a2b1c0= 7,80 pH), y el valor más alto se encuentra en el grupo G, con las siguientes interacciones: papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 8,35 pH); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 8,45 pH); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 8,55 pH); papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a1b0c0= 8,65 pH).

4.1.3. Evaluación de distintas mezclas con aditivos, considerando dos porcentajes de glicerina al 5% y 8% de solución para obtener empaques biodegradables.

4.1.3.1 Balance de materia del proceso de obtención de empaque biodegradable





Interpretación de balance de materia de obtención de empaque biodegradable

El balance de materiales indica pérdidas en cada una de las fases del proceso, el más relevante observamos con una muestra de 208 g de almidón, 90.95 g de glicerina y 838 de H₂O, se observó pérdidas solamente en deshidratación, considerando para la escala de laboratorio $\geq 70\%$ como aceptable, para volúmenes entre 50 y 100 ml de muestra [19]. Obteniéndose un rendimiento de 62% considerándose una pérdida no aceptable en esta fase del proceso de obtención de empaque biodegradable.

Gráfico 4 Balance de materia del proceso de obtención de empaque biodegradable.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Tabla 24 Materiales e insumos empleados en la elaboración de empaques biodegradables.

Materiales	Cantidad	Porcentaje
Almidón de yuca	208 g	18.29 %
Agua destilada	838ml	73.71 %
Glicerina	90.95 ml	8 %
Total	1136.95g	100 %

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018)

4.1.3.2 Resultados con respecto a los análisis del empaque biodegradable.

Tabla 25 **Análisis de varianza de humedad del empaque**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: almidón	0,0937844	3	0,0312615	2,38	0,1109
B: aditivos	0,00382812	1	0,00382812	0,29	0,5975
C: agua destilada	122,5	1	122,5	9309,87	0,0000
D: Repeticiones	0,0472781	1	0,0472781	3,59	0,0775
INTERACCIONES					
AB	0,00978438	3	0,00326146	0,25	0,8616
AC	0,198034	3	0,0660115	5,02	0,0132
BC	0,000078125	1	0,000078125	0,01	0,9396
ABC	0,0315344	3	0,0105115	0,80	0,5136
RESIDUOS	0,197372	15	0,0131581		
TOTAL (CORREGIDO)	123,082	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 25 (ANOVA). Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre humedad de empaque con un 95,0% de nivel de confianza. Se observó que existe diferencia significativa en el factor agua destilada. Y en la interacción almidón- agua destilada. En repeticiones no se encontró diferencia significativa esto quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

Tabla 26 Análisis de varianza de tiempo de biodegradación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: almidón (208g)	0,0181125	3	0,0060375	0,40	0,7560
B: aditivos	0	1	0	0,00	1,0000
C: agua destilada	1,38611	1	1,38611	91,52	0,0000
D: Repeticiones	0,0171125	1	0,0171125	1,13	0,3046
INTERACCIONES					
AB	0,066625	3	0,0222083	1,47	0,2636
AC	0,0413125	3	0,0137708	0,91	0,4599
BC	0,0128	1	0,0128	0,85	0,3725
ABC	0,027825	3	0,009275	0,61	0,6174
RESIDUOS	0,227188	15	0,0151458		
TOTAL (CORREGIDO)	1,79709	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 26 (ANOVA). Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre tiempo de biodegradación con un 95,0% de nivel de confianza. Se encontró diferencia significativa en el factor agua destilada. Y en repeticiones existe normalidad en la toma de datos.

Tabla 27 Análisis de varianza de materia prima.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: almidón (208g)	23,8277	3	7,94258	4,94	0,0139
B: aditivos	882,578	1	882,578	549,05	0,0000
C: agua destilada	14249,9	1	14249,9	8864,90	0,0000
D: Repeticiones	0,31502	1	0,31502	0,20	0,6643
INTERACCIONES					
AB	0,602084	3	0,200695	0,12	0,9439
AC	2,66138	3	0,887126	0,55	0,6546
BC	2,36259	1	2,36259	1,47	0,2441
ABC	0,414459	3	0,138153	0,09	0,9667
RESIDUOS	24,1117	15	1,60745		
TOTAL (CORREGIDO)	15186,8	31			

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

Interpretación: En la tabla N° 22 (ANOVA). Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre materia prima con un 95,0% de nivel de confianza. Se encontró diferencia significativa en los factores almidón, aditivos y agua destilada. En repeticiones no se encontró diferencia significativa esto quiere decir que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.3.3. Resultados con respecto a los factores de estudio en la obtención de empaque biodegradable

4.1.3.3.1. Resultados con respecto a la evaluación de almidones

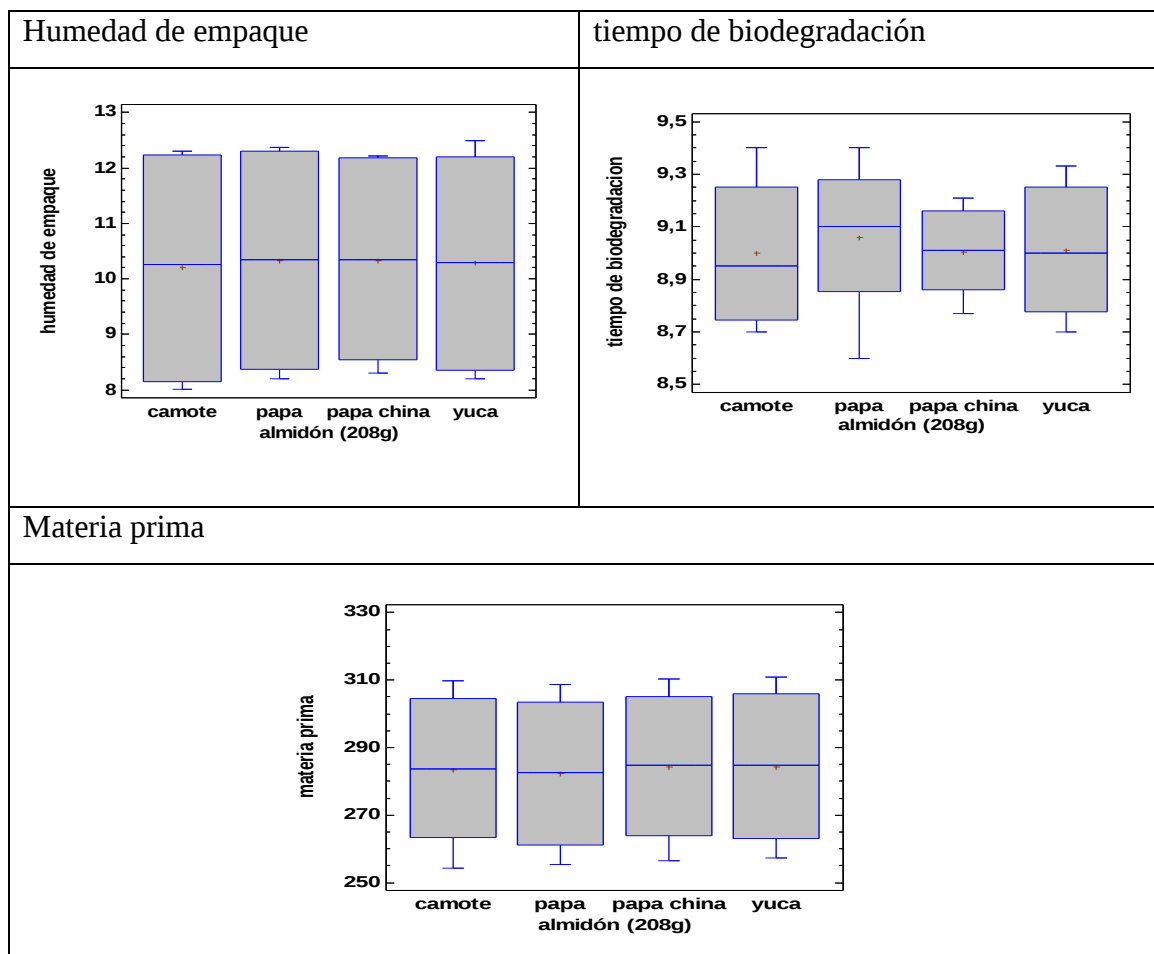


Gráfico 5 Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor A (variedad de almidón)

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

El grafico N°5 indica que no existe diferencia entre humedad de empaque con respecto a la variedad de almidones, hallando el valor más bajo de este rango en la variedad camote ($a_2 = 10,2\%$), y el valor más alto se encuentra en la variedad papa china ($a_3 = 10,335\%$).

En cuanto al tiempo de biodegradación no se observó diferencia significativa con respecto a la variedad de almidones, teniendo un valor más bajo en la variedad de almidón camote ($a_2 = 8,99875$ meses), y el valor más alto en la variedad papa ($a_1 = 9,05875$ meses).

Con respecto a materia prima si se observó diferencia significativa con respecto a la variedad de almidones, teniendo dos grupos independientes, el cual el valor más bajo se encuentra en el grupo A, el cual contiene los siguientes factores: papa (a1= 282,257g); camote (a2= 283,413g), y el valor más alto se encuentra en el grupo B, el cual contiene los siguientes factores: camote (a2= 283,413g); papa china (a3= 284,348g); yuca (a0=284,363g).

4.1.3.3.2. Resultados con respecto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradable

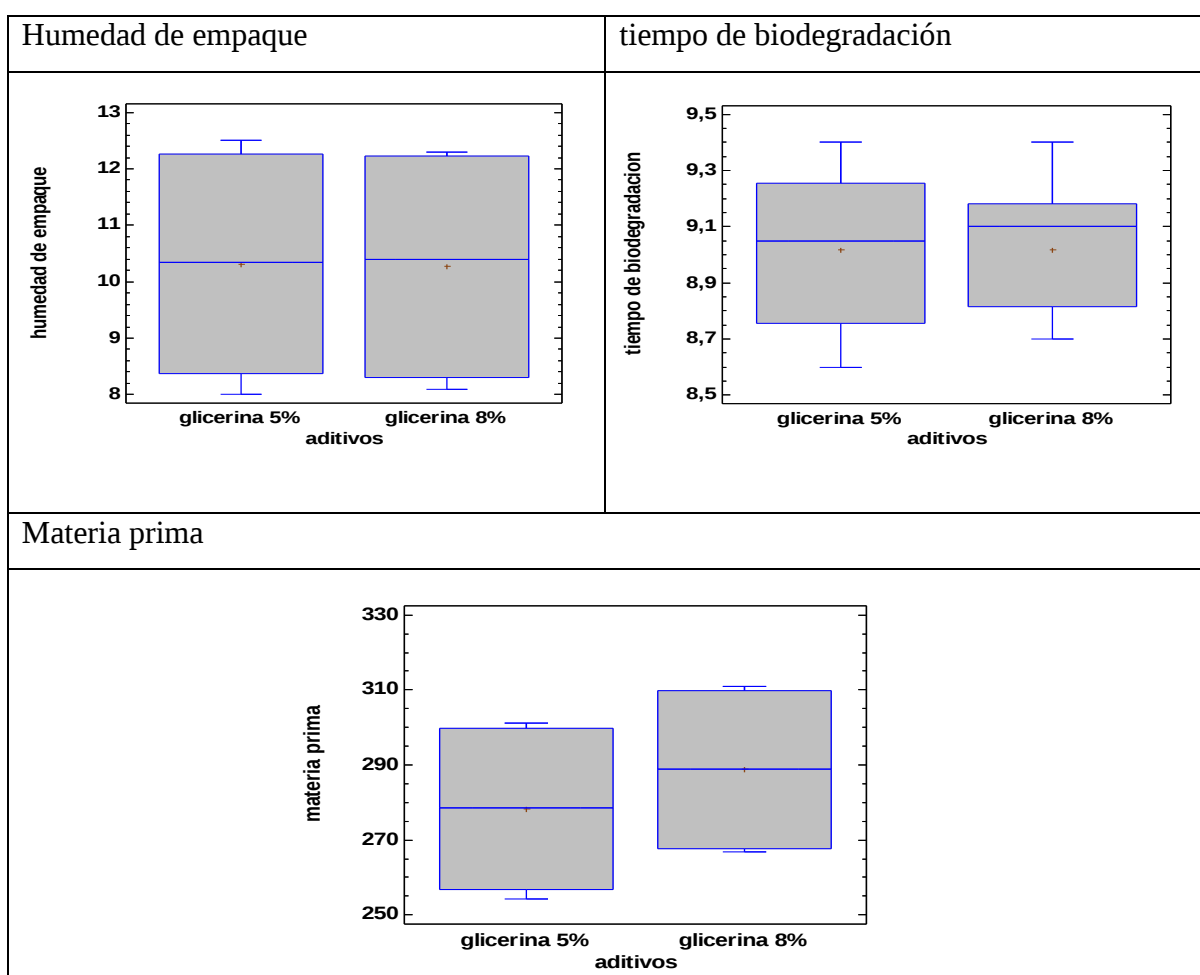


Gráfico 6 Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor B (Aditivos)

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

El grafico N°6 indica que no existe diferencia significativa en humedad del empaque con respecto al porcentaje de aditivo, el valor más bajo se encuentra en glicerina al 8% ($b_0 = 10,28\%$), el valor más alto se encuentra en glicerina al 5% ($b_1 = 10,3019\%$).

En cuanto al tiempo de biodegradación no se observó diferencia significativa con respecto al porcentaje de aditivo, teniendo valores relativamente iguales en ambos factores: glicerina 8% y glicerina al 5% ($b_0 = b_1 = 9.01812$)

Con respecto a la cantidad de materia prima se encontró diferencia significativa con respecto al porcentaje de aditivo, teniendo el valor más bajo en glicerina al 5% ($b_1 = 278,343g$)

4.1.3.3 Resultados con respecto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradable

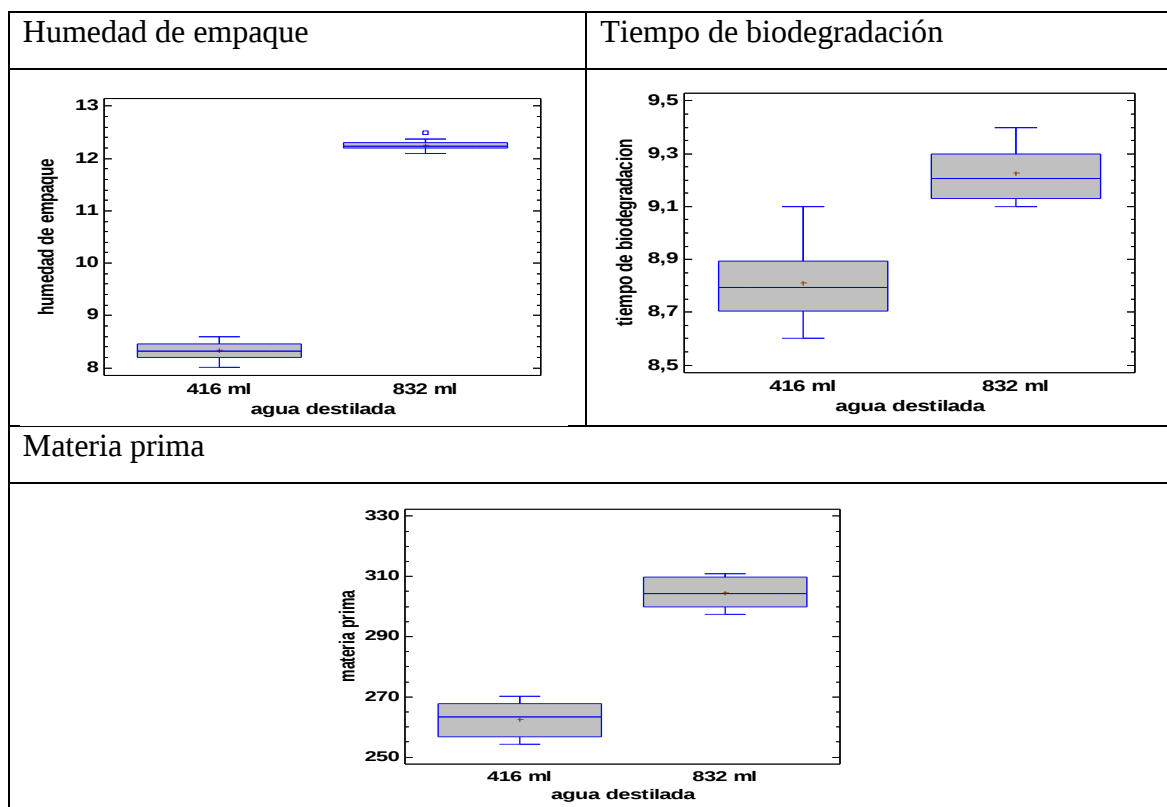


Gráfico 7 Muestra los resultados de la prueba tukey ($p < 0.05$) del empaque biodegradable para los niveles del factor C (agua destilada).

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Statgraphics

El grafico N°7 se indica la diferencia entre la humedad del empaque, con respecto a la cantidad de agua destilada, existiendo el valor más bajo en agua destilada 416ml ($c_0 = 8.33437\%$), el valor más alto se encuentra en agua destilada 832ml ($c_0 = 12.2475\%$).

En cuanto al tiempo de biodegradación con respecto a la cantidad de agua destilada existe diferencia significativa, hallando el valor más bajo se encuentra en agua destilada a 416ml ($c_1 = 8.81$ meses), y el valor más alto se encuentra en agua destilada a 832ml ($c_0 = 9.22625$ meses).

Con respecto a la cantidad de materia prima se observó diferencia significativa, con respecto a la cantidad de agua destilada, teniendo el valor más bajo en agua destilada 416ml ($c_1 = 262.493g$), y el valor más alto se encuentra en agua destilada a 832ml ($c_0 = 304.697g$).

4.1.3.3.4 Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedad de almidón, Aditivos, Agua destilada)

Tabla 28 Humedad de empaque

Tratamiento	Media	Grupo			
$a_2b_1c_1$	8.10	A			
$a_2b_0c_1$	8.20	A			
$a_1b_0c_1$	8.30	A			
$a_0b_1c_1$	8.35	A			
$a_0b_0c_1$	8.35		B		
$a_1b_0c_1$	8.38		B		
$a_3b_0c_1$	8.45		B		
$a_3b_1c_1$	8.55		B		
$a_3b_1c_0$	12.13			C	
$a_0b_0c_0$	12.20			C	
$a_3b_0c_0$	12.21			C	
$a_2b_0c_0$	12.23			C	
$a_2b_1c_0$	12.27				D
$a_0b_1c_0$	12.30				D
$a_1b_0c_0$	12.30				D
$a_0b_1c_0$	12.34				D

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 29 **Tiempo de biodegradación**

Tratamiento	Media	Grupo			
a ₀ b ₁ C ₁	8.71	A			
a ₂ b ₁ C ₁	8.75	A	B		
a ₂ b ₀ C ₁	8.75	A	B		
a ₁ b ₁ C ₁	8.80	A	B	C	
a ₃ b ₀ C ₁	8.80	A	B	C	
a ₀ b ₀ C ₁	8.87	A	B	C	D
a ₃ b ₁ C ₁	8.91	A	B	C	D
a ₁ b ₀ C ₁	8.91	A	B	C	D
a ₃ b ₀ C ₀	9.13	A	B	C	D
a ₂ b ₀ C ₀	9.15	A	B	C	D
a ₃ b ₀ C ₀	9.19	A	B	C	D
a ₁ b ₀ C ₀	9.20	A	B	C	D
a ₀ b ₀ C ₀	9.22		B	C	D
a ₀ b ₁ C ₀	9.25			C	D
a ₁ b ₀ C ₀	9.33				D
a ₂ b ₁ C ₀	9.35				D

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018). – Programa Infostat

Tabla 30 **Materia prima**

Tratamiento	Media	Grupo			
a ₁ b ₁ C ₁	255.43	A			
a ₂ b ₁ C ₁	256.73	A			
a ₀ b ₁ C ₁	257.58	A			
a ₃ b ₁ C ₁	284.14	A			
a ₁ b ₀ C ₁	267.16		B		
a ₂ b ₀ C ₁	267.59		B		
a ₀ b ₀ C ₁	268.19		B		
a ₃ b ₀ C ₁	269.13		B		
a ₁ b ₁ C ₀	298.26			C	
a ₂ b ₁ C ₀	299.81			C	
a ₃ b ₁ C ₀	299.85			C	
a ₀ b ₁ C ₀	300.97			C	
a ₁ b ₀ C ₀	308.19				D
a ₂ b ₀ C ₀	309.53				D
a ₃ b ₀ C ₀	310.28				D
a ₀ b ₀ C ₀	310.72				D

El grafico N°10 muestra el efecto de la interacción de la variedad de almidón, aditivos y agua destilada con respecto a la humedad del empaque, teniendo 2 grupos independientes el cual el valor más bajo se encuentra en el grupo A con los siguientes tratamientos: camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.10%); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.20%); papa, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a1b0c1= 8.30%); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.35%); yuca, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a0b0c1= 8.35%); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1= 8.38%); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.45%); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a3b1c1= 8.55%) y el valor más alto se encuentra en el grupo B el cual tiene las siguientes interacciones: %); papa china, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a3b1c0= 12.13%); yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a0b0c0= 12.20%); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a3b0c0= 12.21%); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a2b0c0= 8.20%); camote, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a2b1c0= 12.27%); yuca, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a0b1c0= 12.30%); papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a1b0c0=12.30%); papa, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a1b1c0=12.34%).

En cuanto al tiempo de biodegradación se muestra diferencia significativa provocado por el efecto causado de las interacciones: variedad de almidón, aditivos y agua destilada, teniendo 4 grupos independientes, el cual el grupo A es el valor más bajo y este a su vez tiene los siguientes tratamientos: yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.71 meses); camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.75 meses); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.75 meses); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1=8.80 meses); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.80 meses), ahora bien existen interacciones que pertenecen al grupo A (valor más bajo) y D (valor más alto), los cuales son los siguientes: %); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.87 meses); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a3b1c1= 8.91 meses), papa, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a1b0c1=8.91 meses); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a3b0c1= 9.13 meses); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a2b0c0= 9.15 meses); papa china, glicerina 5%, agua destilada

832ml (a3b1c0= 9.19 meses); papa, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a1b1c0= 9.20 meses), ahora bien el valor más alto es el grupo D, el cual tiene los siguientes tratamientos: yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a0b0c0= 9.22 meses); yuca, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a0b1c0= 9.25 meses); papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a1b0c0= 9.33 meses); camote, glicerina 5%, agua destilada 832ml (a2b1c0= 9.35 meses).

En el análisis de cantidad de materia prima se muestra diferencia significativa con respecto al efecto que ocasiona las interacciones, teniendo 4 grupos independientes, el valor más bajo es el grupo A con los siguientes tratamientos: papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b0c1= 255.43g); camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 256.73g); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 257.58g); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a3b1c1=258.14g), y el valor más alto es el grupo D con las siguientes interacciones: papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a1b0c0= 308.19g); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a2b0c0= 309.53g); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a3b0c0=310.28g); yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a0b0c0= 310.72g).

4.1.4 Estandarización del proceso industrial, mediante flujogramas, diagrama de recorrido y capacidades de procesos la obtención de féculas y empaques biodegradables

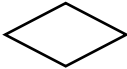
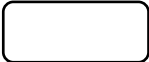
4.1.4.1. Proceso de obtención de obtención de fécula

- 1. Recepción de la materia prima:** Se procedió a recolectar los tubérculos que estén en óptimas condiciones.
- 2. Tubérculos a laboratorio:** se transporta la materia prima al laboratorio.
- 3. Lavado:** En esta etapa se lavan cuidadosamente los tubérculos para eliminar un gran porcentaje de impurezas.
- 4. Extracción de cascara:** Se extrae las cascara de los productos en estudio.
- 5. Molienda:** Una vez que los tubérculos hayan sido verificados, estas se trasladan a un molino, donde se muelen finamente hasta obtener una masa suave.
- 6. Decantación:** en las tinajas se mantiene la masa en reposo, en este proceso se agrega los métodos de extracción del almidón (agua destilada – NaOH).

7. **Reposo:** Se deja la materia en reposo durante 2 horas.
8. **Extracción de masa:** La masa que fue creada se envía a una zaranda vibratoria, con el fin de extraer el almidón. Posteriormente el almidón es colocado en tinas de decantación.
9. **Decantación:** En estas tinas se mantiene el almidón en reposo absoluto, lo cual permite que el almidón se asiente en el fondo de las tinas.
10. **Reposo:** Se mantiene en reposo durante 6 horas.
11. **Extracción de líquido:** Una vez que haya descendido el almidón se procede a extraer liquido excedente, por el método de absorción.
12. **Deshidratación:** El almidón es ubicado en las cámaras de deshidratación, con el fin de disminuir la humedad a una temperatura no mayor a 60° C.
13. **Reposo:** se mantiene dentro de las cámaras de deshidratación los almidones durante 48 horas.
14. **Molienda:** El almidón es colocado en un molino, el cual lo convierte en un polvo suave.
15. **Tamizado:** Finalmente se procede a tamizar los almidones, lo cual da como resultado un polvo fino listo para usarse.
16. **Verificación de calidad y cantidad:** Se procede a verificar las características y pesos de los almidones a usarse.
17. **Almidón al área de almacenamiento:** se traslada el almidón al área de almacenamiento.
18. **Recepción de almidón:** se procede a receptar el almidón para su posterior uso.

4.1.4.2 Diagrama de flujo de proceso para la obtención de almidón

Tabla 31 Descripción de la simbología del diagrama de flujo.

<i>SÍMBOLO</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
	Operación	Indica las principales fases del proceso
	Inspección	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor al producto
	Demora	Indica demora entre dos operaciones
	Almacenamiento	Retraso programado de materiales, partes o productos
	Transporte	Indica desplazar información, lo que produce o dirección de la reacción
	Decisión	Sirve para indicar puntos donde se toman decisiones: si, no.
	Inicio o Final	Para marcar los extremos de un diagrama, podría implicarla actividades de inicio y fin.
	Línea de comunicación	Proporciona la transmisión de información de un lugar a otro mediante
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018)

4.1.4.3 Diagrama de flujo de obtención de fécula

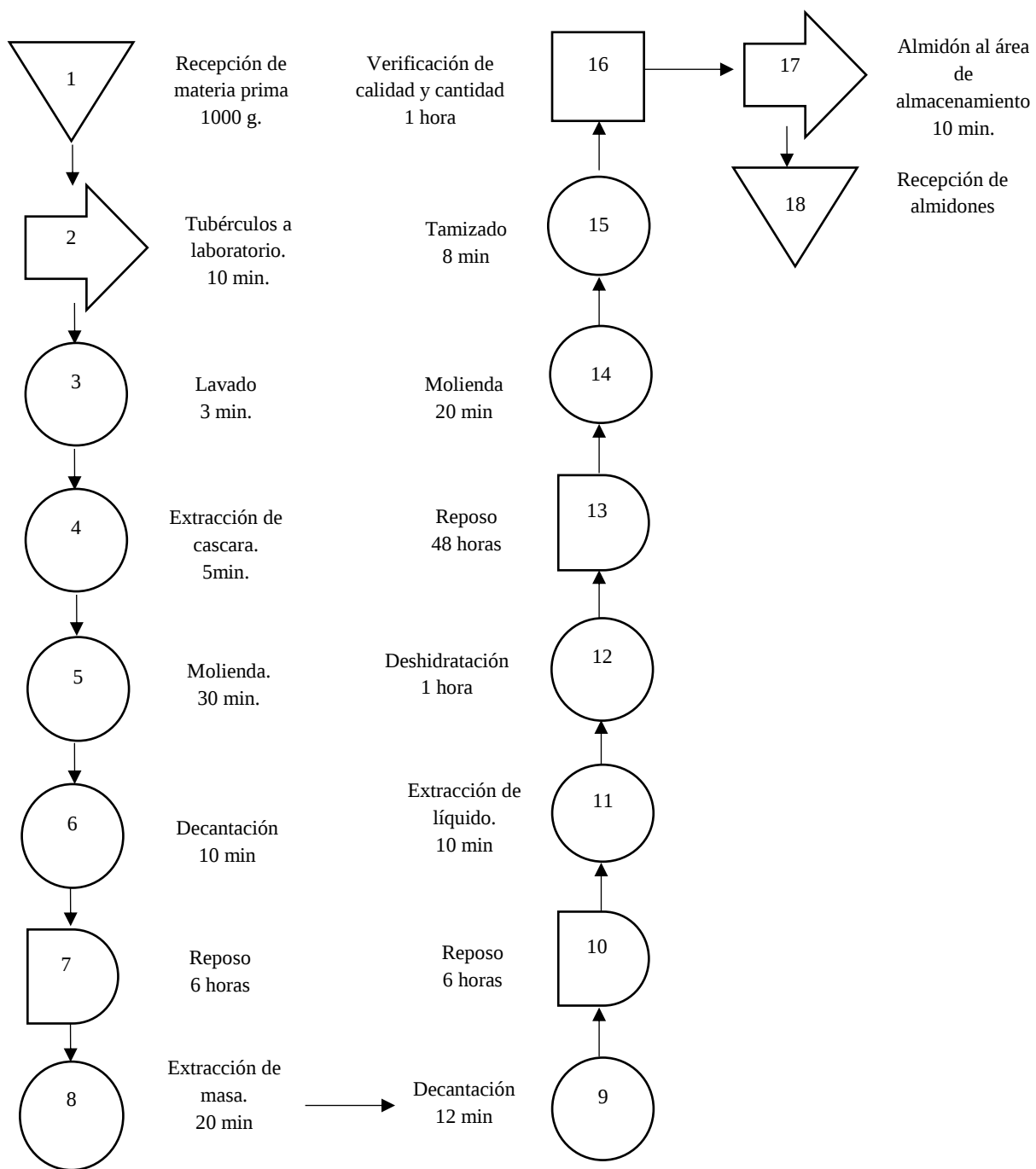


Gráfico 8 Diagrama de flujo de obtención de fécula

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.4 Diagrama de recorrido de proceso de obtención de fécula

Actividades						Tiempo	Distancia	Observaciones
Recepción de materia prima								Compra de los tubérculos
Tubérculos al laboratorio						10	600	Traslado al laboratorio de la Universidad (UTEQ)
Lavado						3		
Extracción de cascara						5		
Molienda						30		
Decantación						10		
Reposo						360		
Extracción de masa						20		
Decantación						12		
Reposo						360		

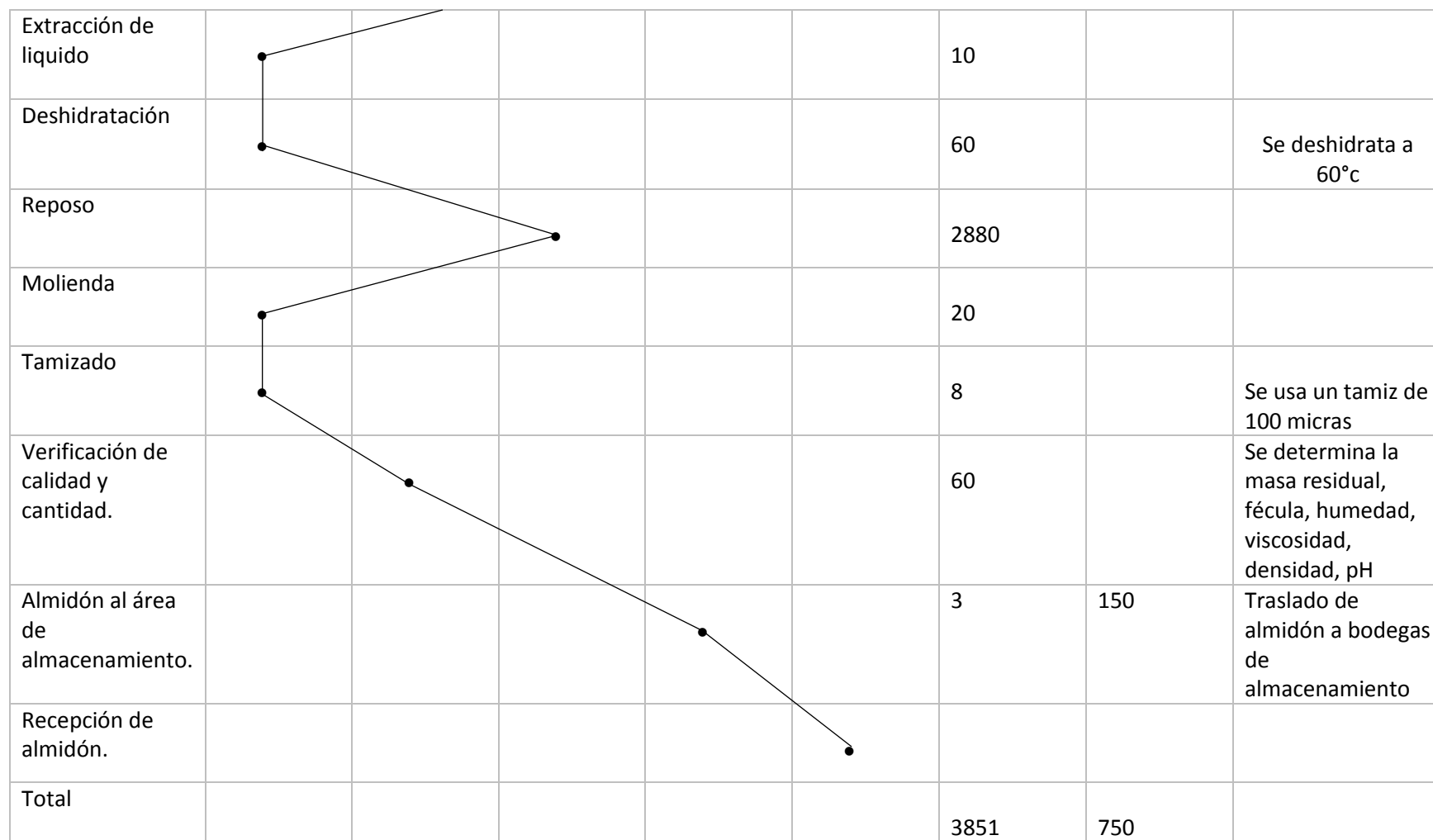


Gráfico 9 Diagrama de recorrido de proceso de obtención de fécula

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

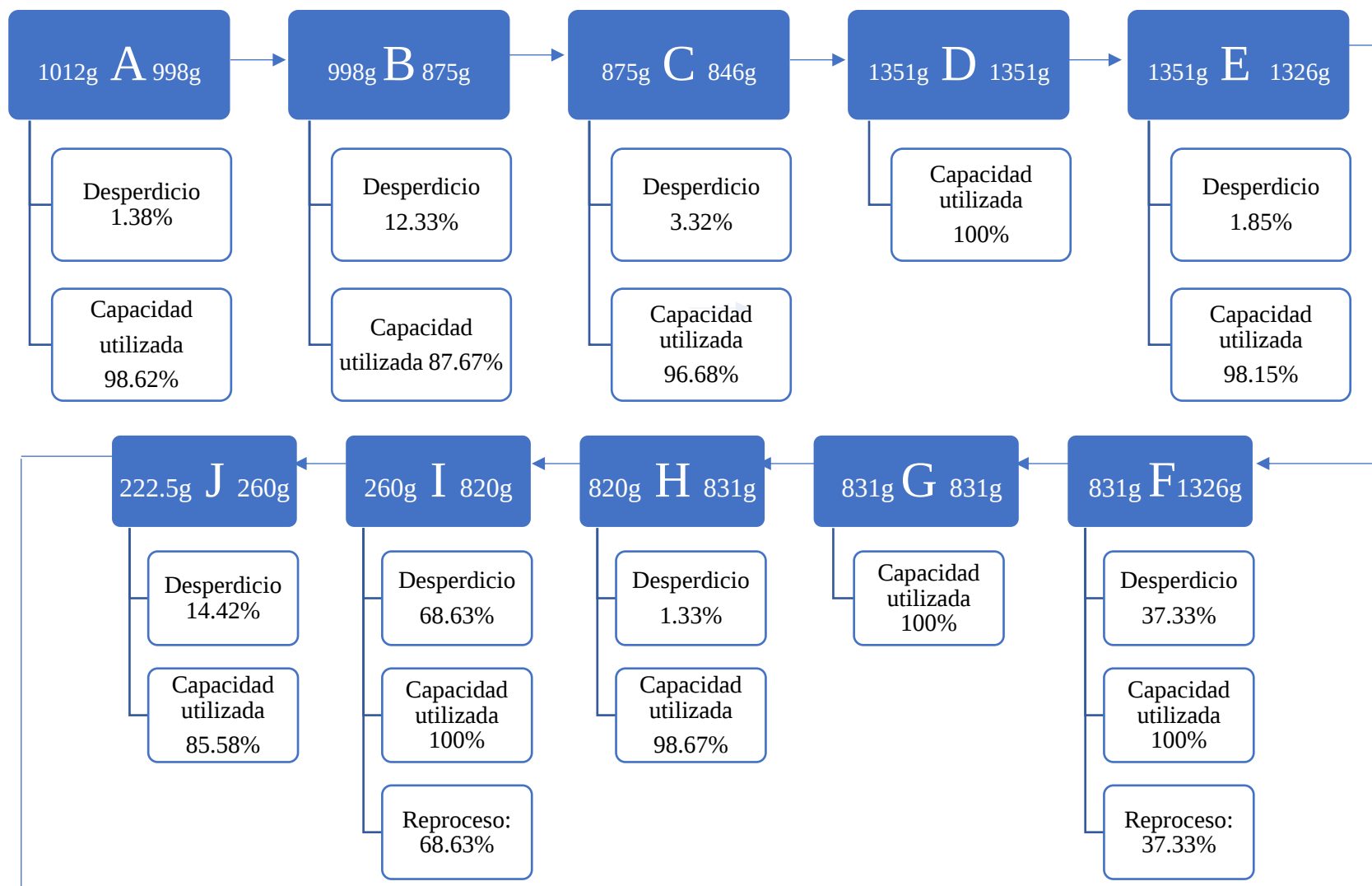
4.1.4.5 Resumen de Eventos de Diagrama de procesos de obtención de almidón

Tabla 32 Resumen de Eventos de Diagrama de procesos de obtención de almidón

Resumen de eventos.			
Eventos	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos
Operaciones	10		178
Inspecciones	1		60
Transporte	2	750	13
Demoras	3		3600
Almacenamiento	2		
Total	18	750	3851

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.6 Capacidad de producción de obtención de fécula



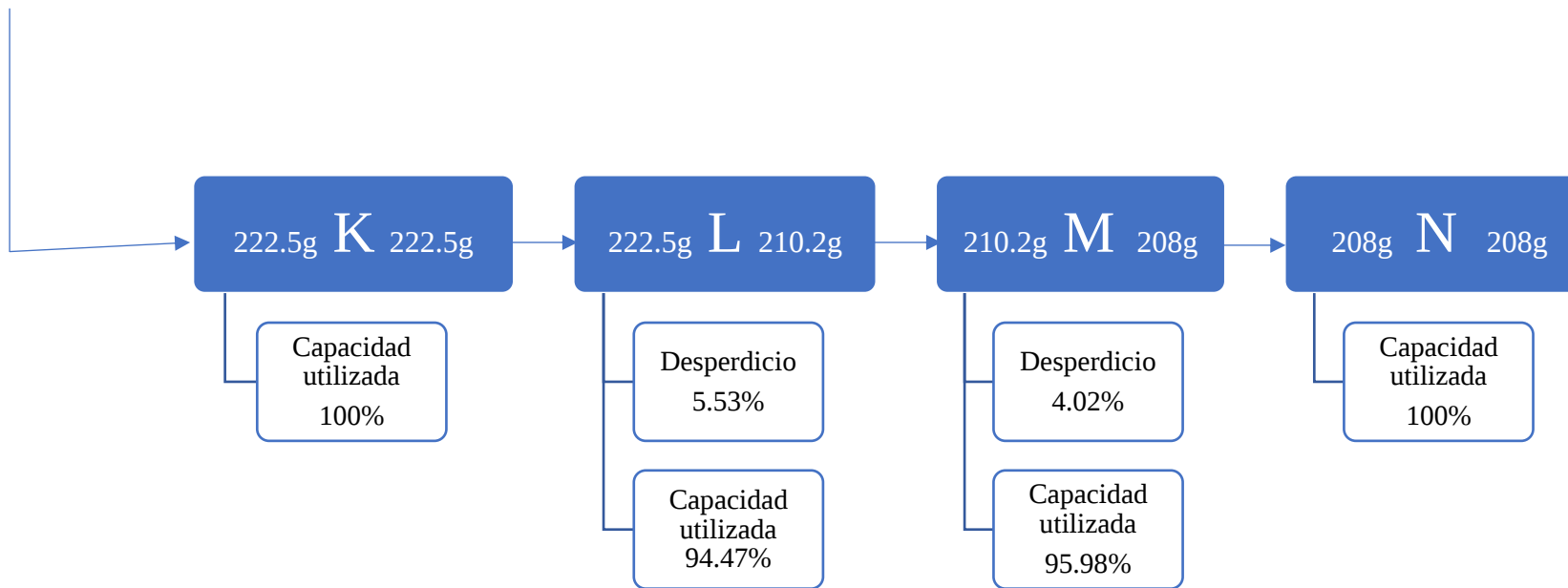


Gráfico 10 Capacidad de producción de obtención de fécula

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

$$\text{Utilidad de materia prima} =: \frac{\text{peso final} * 100\%}{\text{peso inicial}} = \frac{208g * 100\%}{1012g} = 20.55\%$$

4.1.4.7 Costo de producción de obtención de fécula

Tabla 33 Costo de producción de obtención de fécula

N°	Materia prima	Cantidad	Precio	Total
1	Yuca	1000gr	0.50	0.50
2	Agua destilada	500 ml	0.50	0.50
3	Benzoato de sodio	5g	0.05	0.05
			subtotal	1.05
	Costo general de fabricación			
4	Trituradora	4 h/3500 rpm	0.20	0.80
5	Deshidratadora	48 horas	0.09	4.32
			subtotal	5.12
				6.17

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Interpretación: los costos mostrados en la obtención de fécula son costos experimentales, realizados en el laboratorio.

4.1.4.8 Proceso de obtención de elaboración de piezas y empaques biodegradables usando como materia prima fécula.

Piezas plásticas

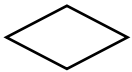
1. **Recepción de almidones:** se receptan los almidones de todos los productos.
2. **Traslado de almidones a laboratorio:** se traslada los almidones al laboratorio de la universidad.
3. **Mezclado - cocción:** se procede a mezclar el almidón con las sustancias de agua destilada e hidróxido de sodio, cabe recalcar que ambos procesos se elaboran de forma independiente. Y en simultaneo se procede a calentar el agua a 100° grados Celsius, tanto para el agua destilada en una olla convencional, y para el hidróxido de sodio una olla de acero inoxidable
4. **Choque térmico – cocción:** se agrega las sustancias frías a las sustancias calientes. piezas plásticas.
5. **Moldeado:** se procede a poner la sustancia en moldes respectivos
6. **Deshidratación:** se deshidrata el producto durante 48 horas a 40°C.
7. **Reposo:** se deja reposar la materia.
8. **Verificación de calidad y cantidad:** en esta fase se determina las características del empaque biodegradable.

Empaques biodegradables.

1. **Recepción de almidones:** se receptan los almidones de todos los productos.
2. **Traslado de almidones a laboratorio:** se traslada los almidones al laboratorio de la universidad.
3. **Mezclado - cocción:** se procede a mezclar el almidón con las sustancias de agua destilada e hidróxido de sodio, cabe recalcar que ambos procesos se elaboran de forma independiente. Y en simultaneo se procede a calentar el agua a 100° grados Celsius, tanto para el agua destilada en una olla convencional, y para el hidróxido de sodio una olla de acero inoxidable
4. **Choque térmico – cocción:** se agrega las sustancias frías a las sustancias calientes. piezas plásticas.
5. **Moldeado:** se procede a poner la sustancia en moldes respectivos
6. **Peletizado:** se inserta la materia prima en dos tornillos sin fin, los cuales los traslada a una malla estandarizada. En esta fase se produce el pelet.
7. **Extrusora:** se coloca los pelet producido con nuestra materia prima en la extrusora, la cual mediante un sistema de rodillos.
8. **Selladora:** produce los empaques biodegradables y los sella.

4.1.4.9 Diagrama de flujo de proceso para la obtención de empaques biodegradables y piezas plásticas.

Tabla 34 Descripción de la simbología del diagrama de flujo.

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Operación	Indica las principales fases del proceso
	Inspección	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor al producto
	Demora	Indica demora entre dos operaciones
	Almacenamiento	Retraso programado de materiales, partes o productos
	Transporte	Indica desplazar información, lo que produce o dirección de la reacción
	Decisión	Sirve para indicar puntos donde se toman decisiones: si, no.
	Inicio o Final	Para marcar los extremos de un diagrama, podría implicarla actividades de inicio y fin.
	Línea de comunicación	Proporciona la transmisión de información de un lugar a otro mediante
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.10 Diagrama de flujo de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas

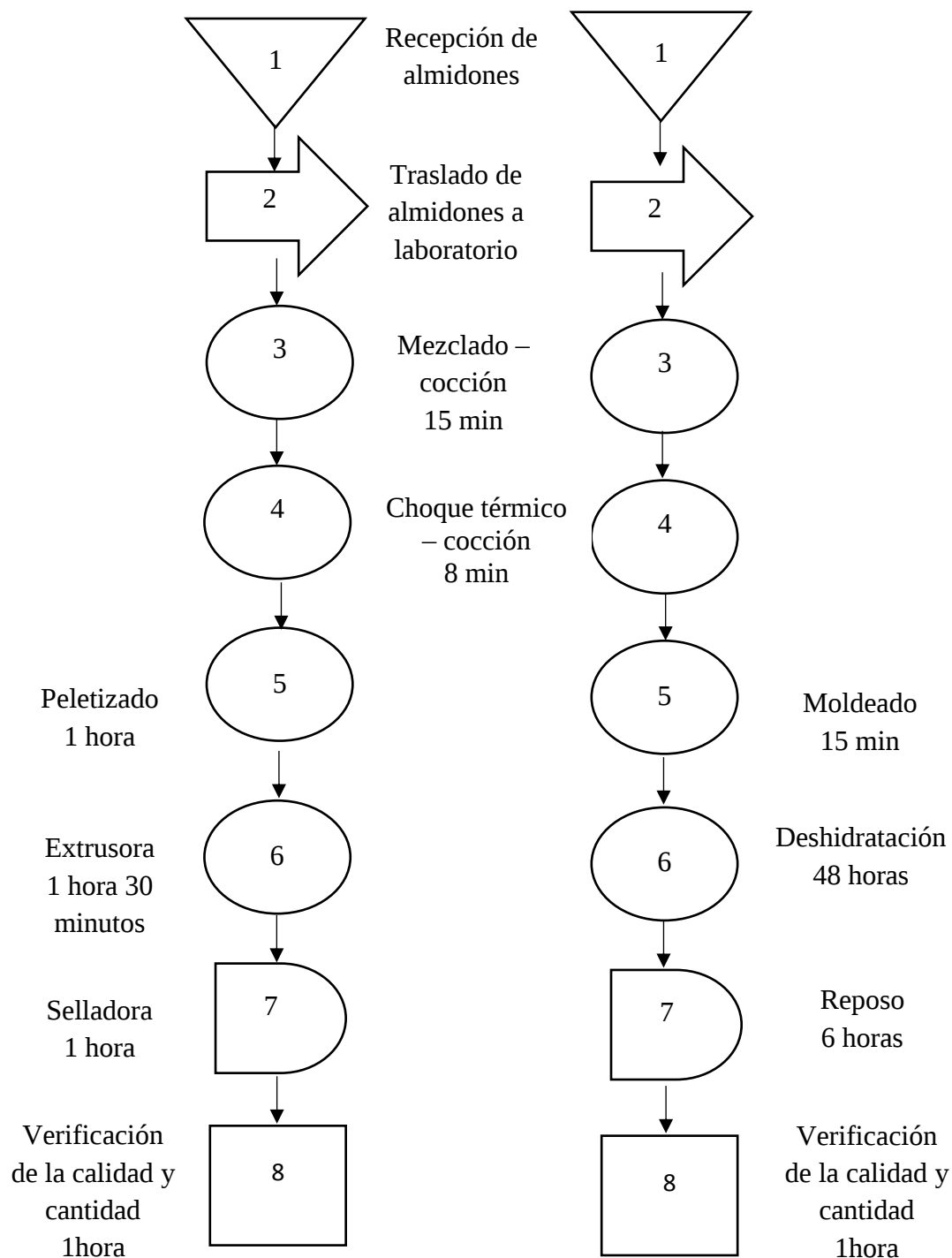


Gráfico 11 Diagrama de flujo de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.11 Diagrama de recorrido de proceso de elaboración de piezas plásticas

Actividades						Tiempo	Distancia	Observaciones
Recepción de materia prima								Se compró los tubérculos
Traslado de almidones al laboratorio.						4	200	Se trasladó al laboratorio de la Universidad (UTEQ)
Mezclado						7		
Cocción						8		
Choque térmico						2		
Cocción						6		
Deshidratación						2880		
Moldeado						15		
Reposo						360		
Verificación de calidad y cantidad.						60		
Total						3342	200	

Gráfico 12 Diagrama de flujo de proceso de elaboración de piezas plásticas

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018)

4.1.7.12 Resumen de Eventos de diagrama de proceso de elaboración de piezas plásticas

Tabla 35 Resumen de Eventos de diagrama de proceso de elaboración de piezas plásticas.

Resumen de eventos.			
Eventos	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
Operaciones	4		2918
Inspecciones	1		60
Transporte	1	200	4
Demoras	1		360
Almacenamiento	1		
Total	8	200	3342

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.13 Diagrama de recorrido de elaboración de empaques biodegradables

Actividades						Tiempo	Distancia	Observaciones
Recepción de materia prima								compra de tubérculos
Traslado de almidones al laboratorio.						4	200	Traslado al laboratorio de la Universidad (UTEQ)
Mezclado						7		
Cocción						8		
Choque térmico						2		
Cocción						6		
Peletizado						60		
Extrusora						90		
Selladora						60		
Verificación de calidad y cantidad.						60		
Total						297	200	

Gráfico 13 Diagrama de procesos de elaboración de empaques biodegradables.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.14 Resumen de eventos de procesos de elaboración de empaques biodegradables

Resumen de eventos.			
Eventos	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
Operaciones	4		2918
Inspecciones	1		60
Transporte	1	200	4
Demoras	1		360
Almacenamiento	1		
Total	8	200	3342

Tabla 36 Resumen de eventos de procesos de elaboración de empaques biodegradables.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.15 Capacidad de producción del proceso de elaboración de piezas plásticas

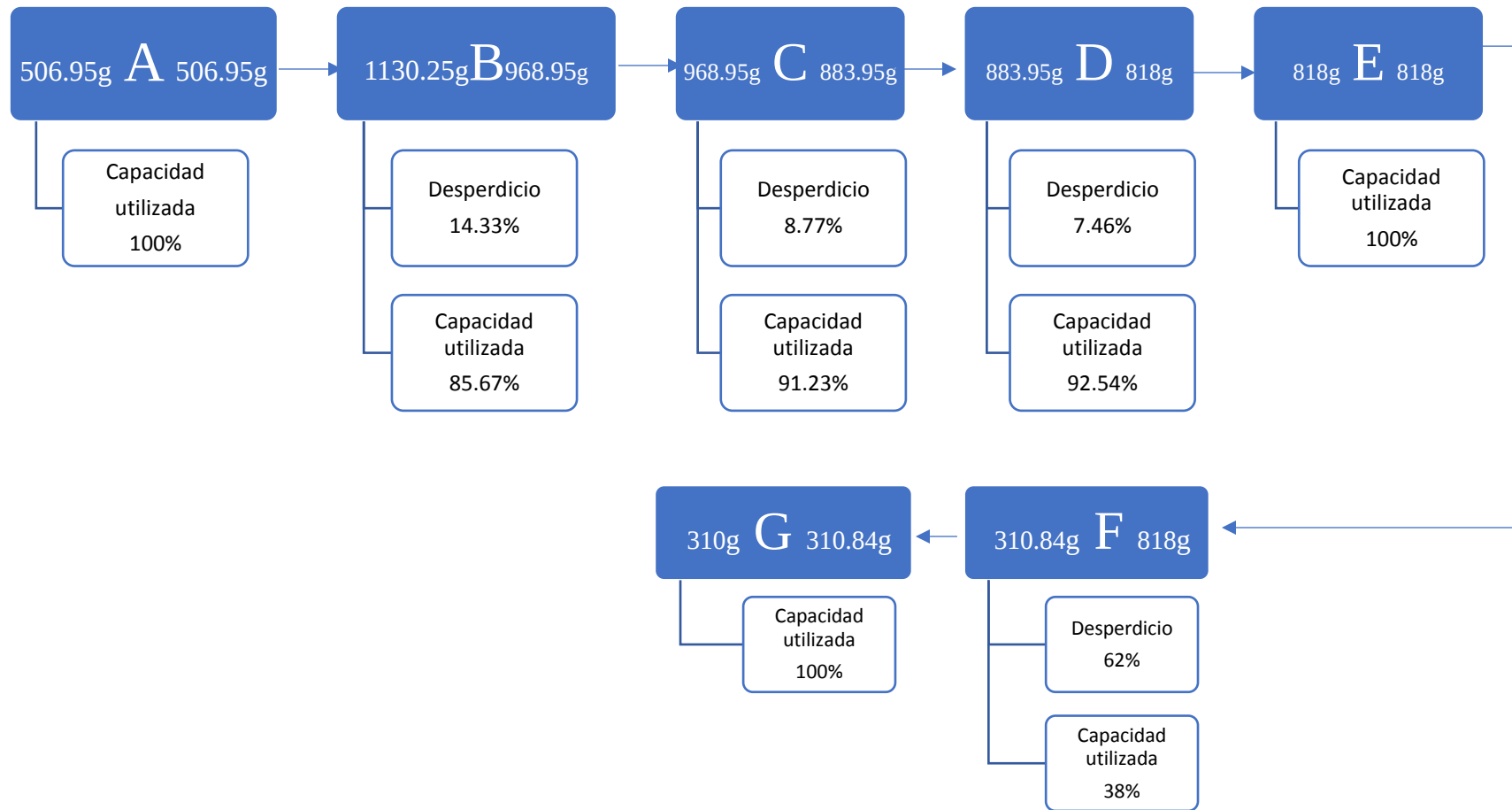


Gráfico 14 Capacidad de producción del proceso de elaboración de piezas plásticas.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.16. Capacidad de producción de empaques biodegradables

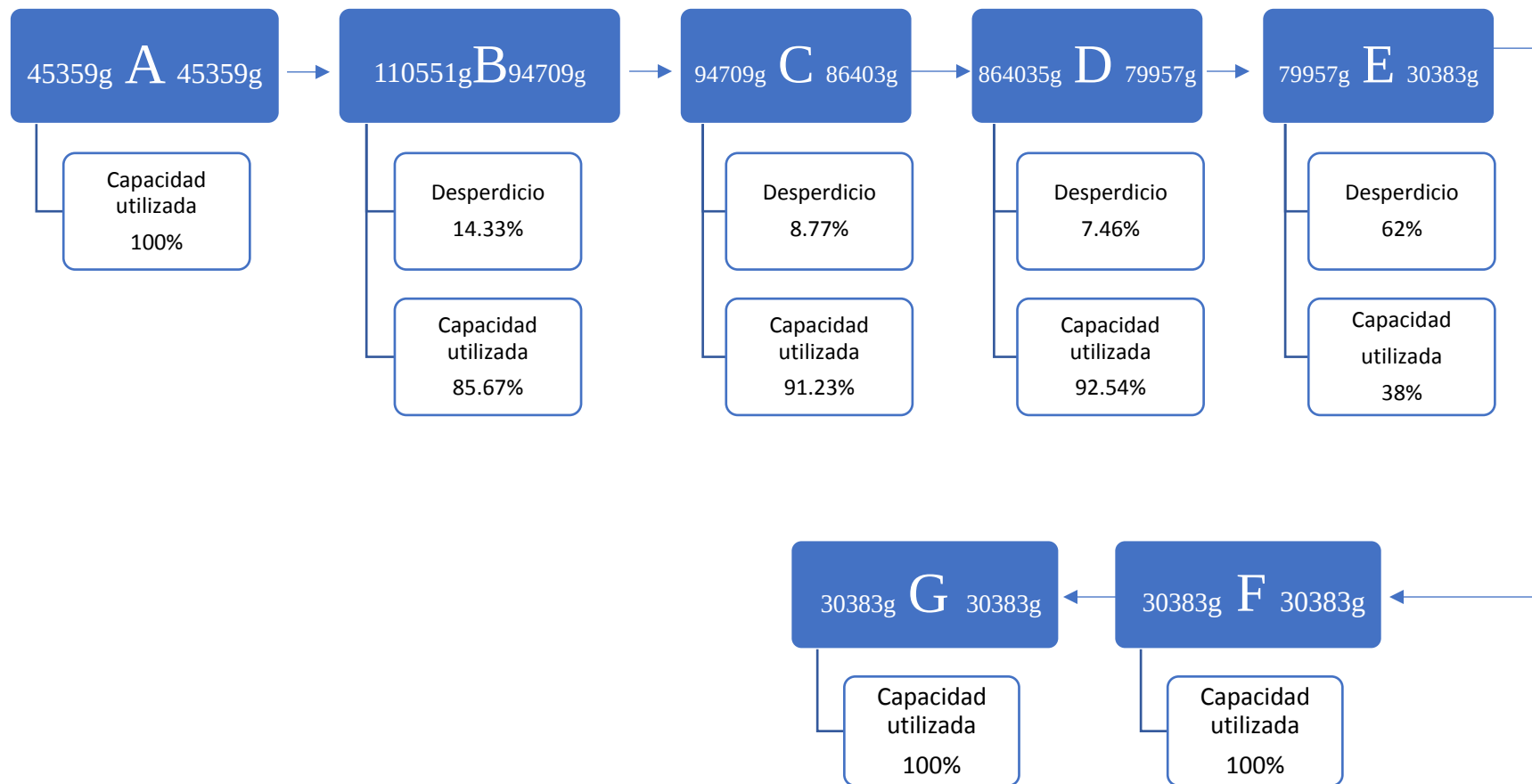


Gráfico 15 Capacidad de producción de empaques biodegradables.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.17 Costo de producción de obtención de piezas plásticas

Tabla 37 Costo de producción de obtención de piezas plásticas.

N°	Materia prima	Cantidad	Precio	Total
1	Almidón de yuca	208gr	0.32	0.32
2	Glicerina	90.95 ml	0.45	0.45
3	Agua destilada	838 ml	0.82	0.82
			Subtotal	1.59
	Costo general de fabricación			
5	Deshidratadora	48 horas	0.09	4.32
			Subtotal	5.91
				6.50

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

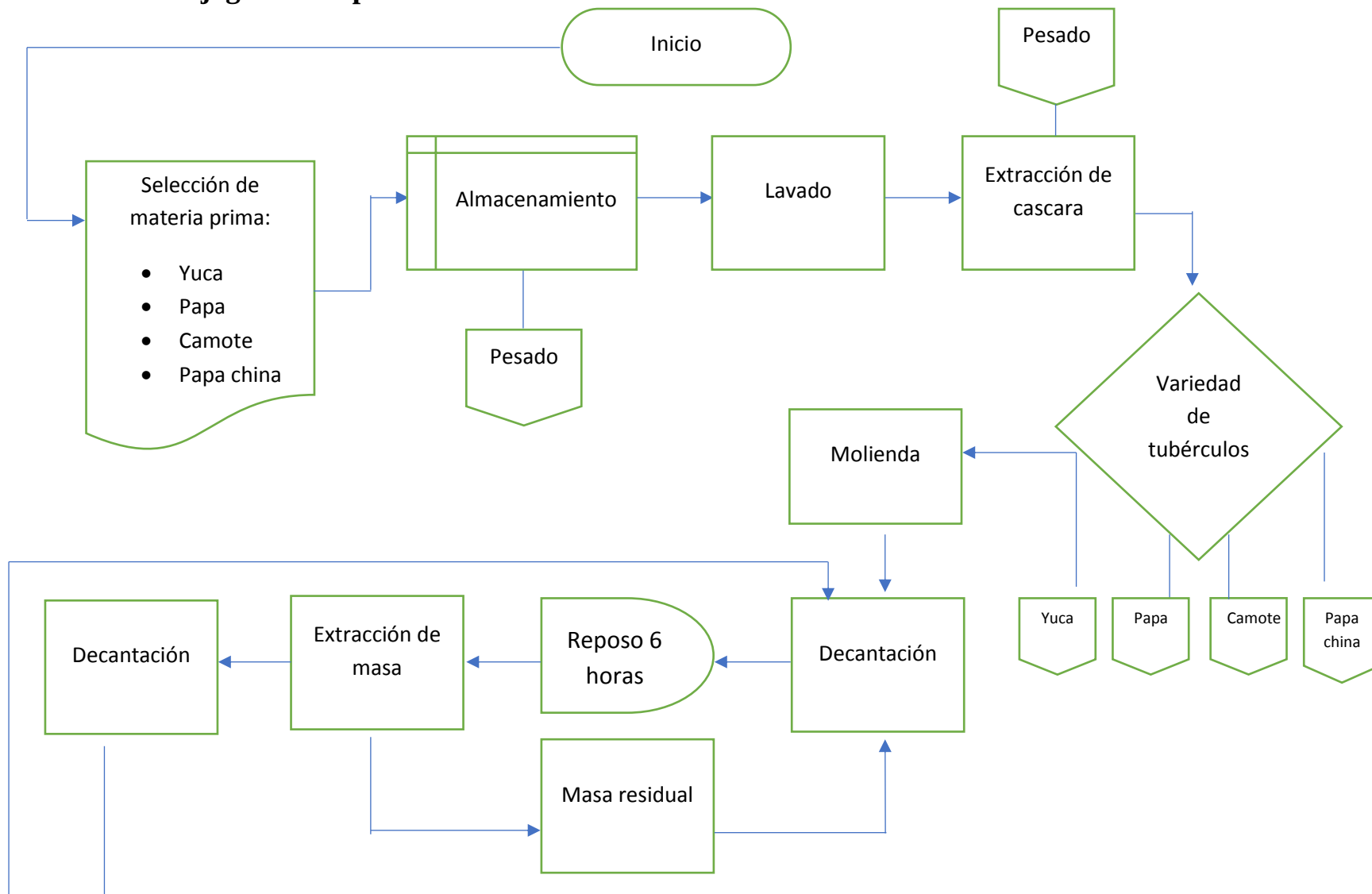
4.1.4.18 Costo de producción de obtención de empaques

Tabla 38 Costo de producción de obtención de empaques.

N°	Materia prima	Cantidad	Precio	Total
1	Almidón de yuca	208gr	0.32	0.32
2	Glicerina	90.95 ml	0.45	0.45
3	Agua destilada	838 ml	0.82	0.82
			Subtotal	1.59
	Costo general de fabricación			
5	Peletizado	1 hora	2.25 \$/hora	2.25
6	Extrusora	1 hora 30 minutos	3.74 \$/hora	5.61
7	Selladora	1 hora	1.12\$/hora	1.12
			Subtotal	8.98
Total				10.57

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.7.19 Flujograma de procesos de obtención de fécula



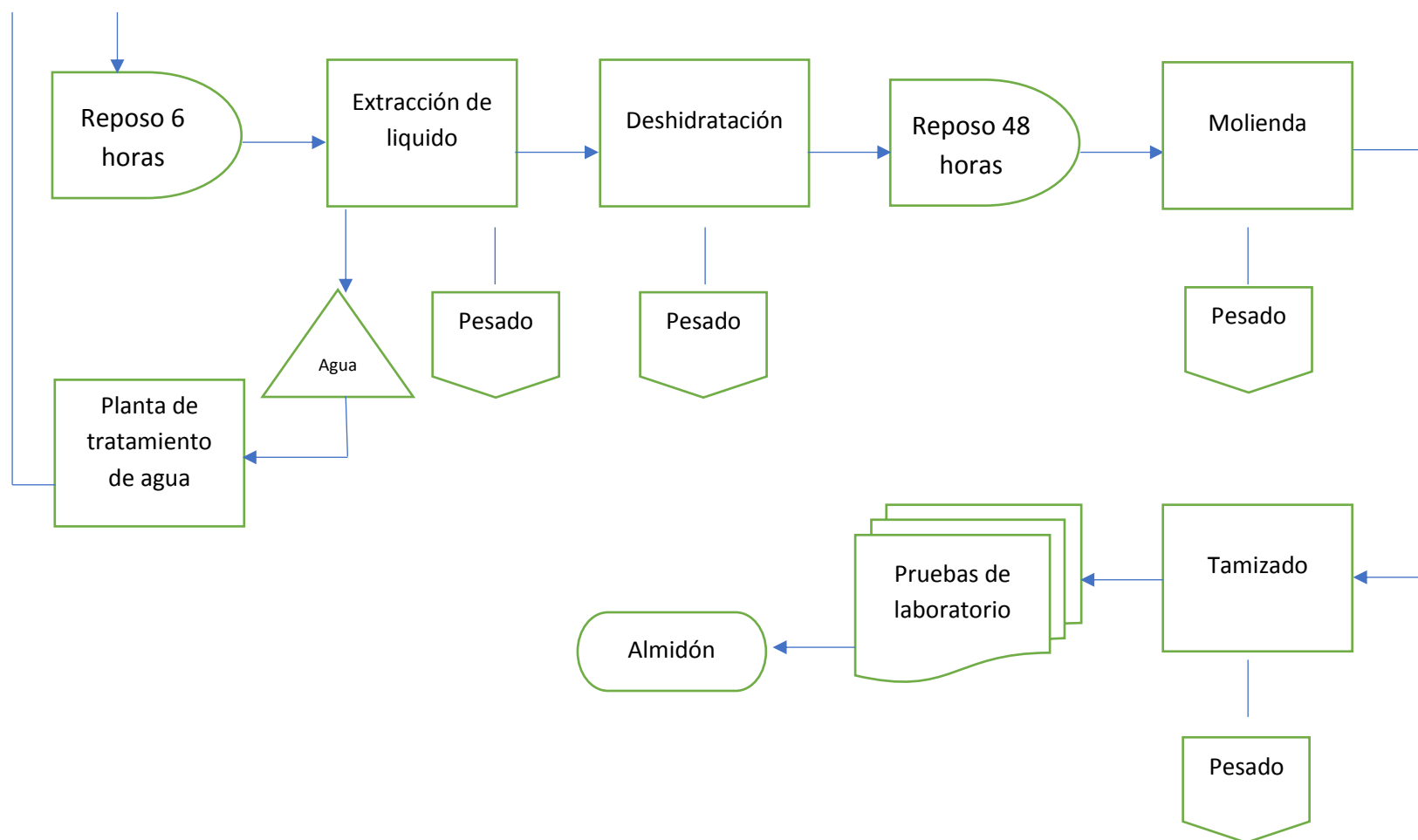
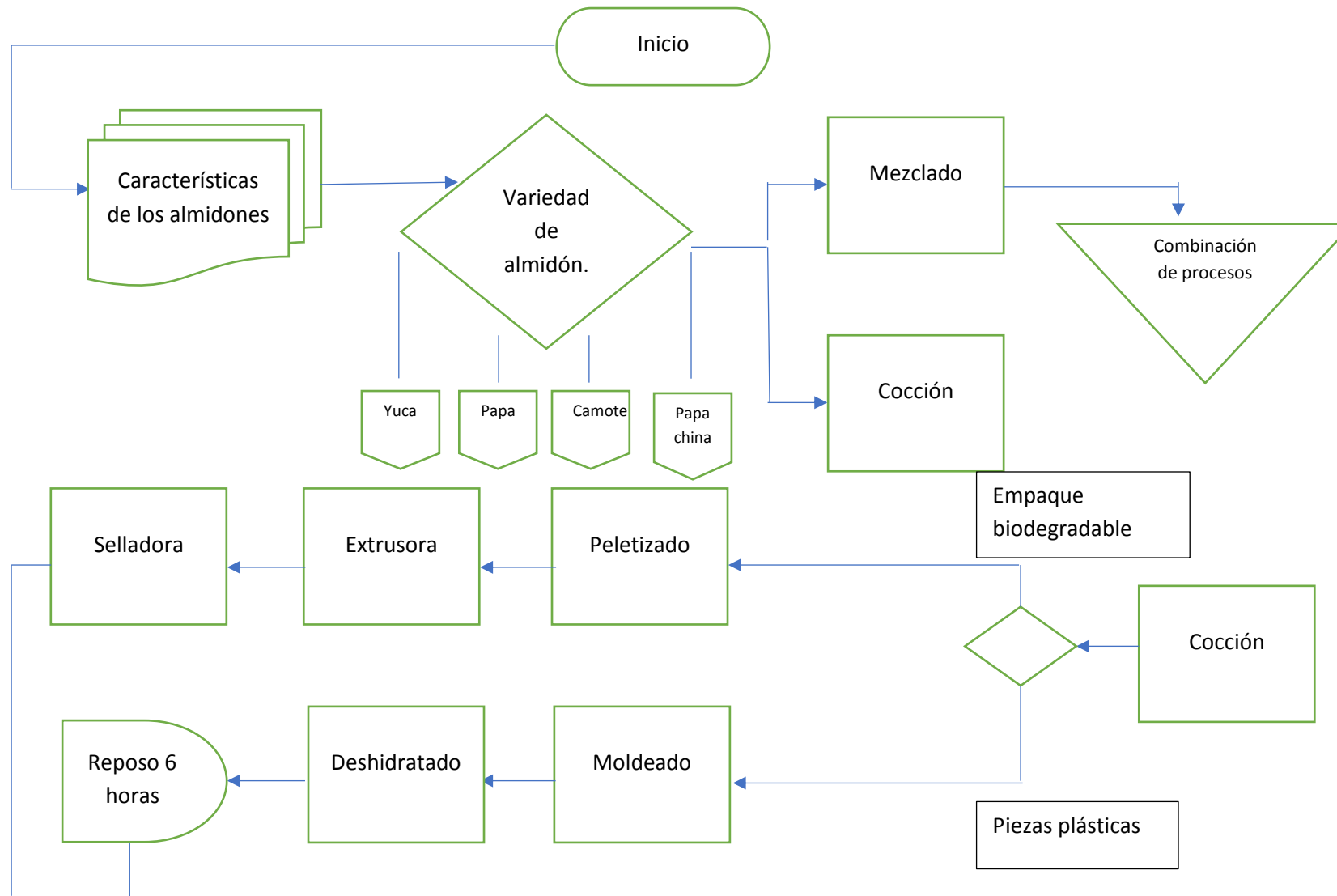


Gráfico 16 Costo de producción de obtención de empaques.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.20 Flujo de procesos de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas



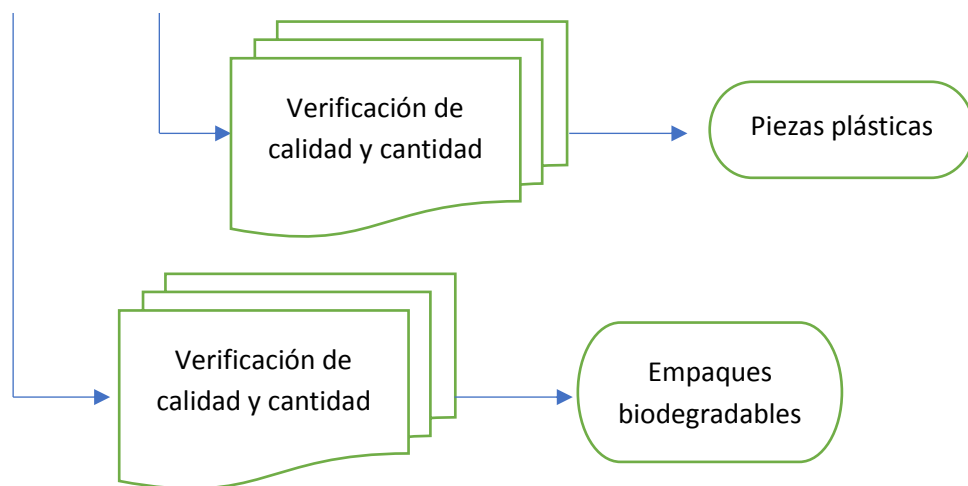


Gráfico 17 Flujo de procesos de elaboración de empaques biodegradables y piezas plásticas

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

4.1.4.21. Cadena de suministro de comercialización de empaques biodegradables

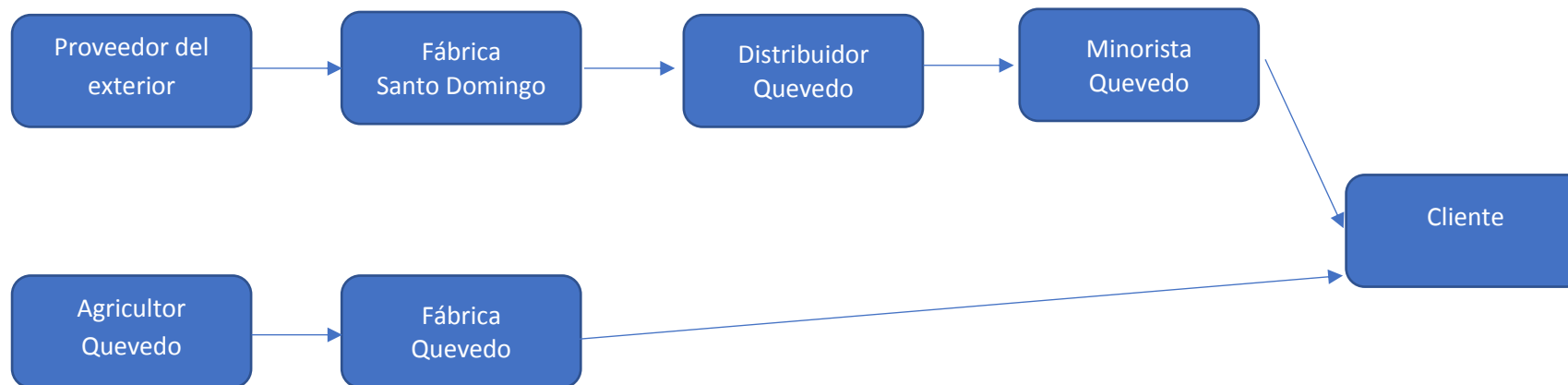


Gráfico 18 Cadena de suministro de comercialización de empaques biodegradables.

Elaborado por: Crespo. M.; Rivera. J. (2018).

Interpretación de la cadena de suministros de comercialización de empaques biodegradables:

En esta cadena de suministro se observa la eliminación de importación de la materia prima, a cambio de este, se trabaja con los agricultores del sector Quevedo, logrando que su producto tenga mayor valor comercial, otro punto de aportación de esta cadena de suministro es la eliminación de mayorista y minorista, logrando que el producto final llegue al cliente sin recargos adicionales en su precio de venta al público. A más de eso tenemos mayor velocidad en la respuesta del producto, reducción de niveles de almacenamiento, reducción de transporte y reducción de personal.

4.2 Discusión

4.2.1 Con respecto al estudio de las 4 variedades de féculas

En cuanto a los resultados de análisis de masa residual se obtuvo el valor más alto en papa ($a_1 = 250,125\text{g}$), este valor está por debajo de la masa residual de los 900g según obtenidos por Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Lo que respecta a la cantidad de fécula yuca tiene el valor más alto ($a_0 = 206.2\text{g}$); el cual está por debajo del rango obtenido 92 – 96 por ciento de Johanna, A. y Danilo, M. 2007. La variedad de humedad de almidón generó menor valor en yuca ($a_0 = 19.2475\%$) que supero el 12.32% obtenido por Johanna, A. y Danilo, M. 2007, en cuanto a la viscosidad papa china presento el mayor valor ($a_3 = 1390.88\text{ Cp}$) este valor de la viscosidad está en el rango (840 – 1500 Cp) según Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Con respecto a la densidad se proporcionó dos valores altos papa y papa china ($a_1 = 1.60387\text{ g/ml}$ y $a_3 = 1.61385\text{ g/ml}$) que superó los 1,560g/ml obtenido por Johanna, A. y Danilo, M. 2007, en el nivel de pH se obtuvo el valor más bajo en el camote ($a_2 = 7,575\text{ pH}$) el cual está sobre el rango del nivel 6,0 – 6,5 proporcionado de Johanna, A. y Danilo, M. 2007.

4.2.2 Resultados con respecto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH)

En cuanto a los resultados de análisis de masa residual se obtuvo el mejor valor en el método de extracción por hidróxido de sodio ($b_1 = 417.813\text{g}$), este valor está por debajo de la masa residual de los 900g según obtenidos por Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Lo que respecta a la cantidad de fécula el método conservación de benzoato de sodio proporcionó un mejor valor de ($c_0 = 125.188\text{ g}$), el cual se encuentra bajo el rango establecido 508g de Bioagro 2010, en consecuencia, que se tomó en consideración 4 tipos de variedades de vegetales. La variedad de humedad de almidón generó menor valor el método de extracción de agua destilada ($b_0 = 38.2669\%$) que supero el de 13,33% obtenido por Bioagro 2010, en cuanto a la viscosidad el método de hidróxido de sodio presentó el mayor valor ($b_1 = 1186.31\text{ Cp}$) este valor de la viscosidad está en el rango (840 – 1500 Cp) según Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Con respecto a la densidad proporcionó mayor valor el método de extracción hidróxido de sodio ($b_1 = 1.59831\text{ g/ml}$) que superó el 1,560g/ml

obtenido por Johanna, A y Danilo, M. 2007. En el nivel de pH se obtuvo valor alto en hidróxido de sodio ($b_1 = 8.18125$ pH) el cual está sobre el rango del nivel 6,0 – 6,5 proporcionado de Johanna, A. y Danilo, M. 2007.

4.2.3 Resultados con respecto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio)

En cuanto a los resultados de análisis de masa residual por método de conservación se obtuvo valores similares tanto el método de ácido ascórbico ($c_1 = 417.875$ g) y método de benzoato de sodio ($c_0 = 421.125$ g), este valor está por debajo de la masa residual de los 900g según obtenidos por Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Lo que respecta a la cantidad de fécula el método conservación de benzoato de sodio proporcionó un mejor valor de ($c_0 = 125.188$ g); el cual se encuentra bajo el rango establecido 508g de Bioagro 2010, en consecuencia, que se tomó en consideración 4 tipos de variedades de vegetales. La variedad de humedad de almidón generó menor valor el método de conservación de benzoato de sodio ($c_0 = 38.3137\%$) que superó el de 13,33% obtenido por Bioagro 2010, en cuanto a la viscosidad tanto el método de ácido ascórbico y benzoato de sodio presentaron valores similares ($c_0 = 1183.19$ Cp) y ($c_1 = 1185.44$ Cp), estos valores de la viscosidad están en el rango (840 – 1500 Cp) según Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Con respecto a la densidad proporcionó valores con similitud ($c_0 = 1.59176$ g/ml, $c_1 = 1.59699$ g/ml) para benzoato de sodio y ácido ascórbico respectivamente, que superó el 1,560g/ml obtenido por Johanna, A y Danilo, M. 2007, en el nivel de pH se obtuvo resultados similares en ácido ascórbico ($c_1 = 7.9875$ pH) y benzoato de sodio ($c_0 = 8.03125$ pH) el cual está sobre el rango del nivel 6,0 – 6,5 proporcionado de Johanna, A. y Danilo, M. 2007.

4.2.4 Resultados con respecto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación)

Con respecto a la masa residual en relación al efecto de la interacción de las variedades de tubérculos, métodos de extracción y métodos de conservación el mejor valor fue para la interacciones: papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_1b_0c_0 = 240.5$ g); papa, agua destilada y ácido ascórbico ($a_1b_0c_1 = 249.5$ g); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_1b_1c_0 = 252.5$ g); papa, agua destilada y benzoato de sodio ($a_1b_1c_1 = 258$ g); estos valores están por debajo de la masa residual de los 900g según obtenidos por Johanna, A. y

Danilo, M. 2007, en cuanto a la cantidad de fécula se obtuvieron los mayores valores en las interacciones: yuca, agua destilada y ácido ascórbico (a0b0c1= 205.5 g); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a0b1c0= 206 g); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a0b1c1= 206 g); yuca, agua destilada y benzoato de sodio (a0b1c1= 207.5 g); el cual se encuentra bajo el rango establecido 508g de Bioagro 2010, en lo referente a la humedad del almidón los menores valores fueron en las interacciones de: yuca, agua destilada y ácido ascórbico (a0b0c1 = 18,13 %); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a0b1c0= 19,44 %); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a0b1c1= 19,66%); yuca, agua destilada y benzoato de sodio (a0b1c1= 19,77%); que superó el de 13,33% obtenido por Bioagro 2010. Al interactuar las variedades de viscosidad del almidón entre las interacciones se notó valores altos en papa china, agua destilada y ácido ascórbico (a3b0c1= 1386,50 Cp); papa china, agua destilada y benzoato de sodio (a3b1c1= 1388 Cp); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 1394 Cp); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 1395 Cp) ; estos valores de la viscosidad están en el rango (840 – 1500 Cp) según Johanna, A. y Danilo, M. 2007. Con respecto a la densidad del almidón los valores altos fueron para: papa, agua destilada y benzoato de sodio (a1b0c1= 1,60 g/ml); papa, hidróxido de sodio, ácido ascórbico (a1b0c0= 1,60 g/ml); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 1,61 g/ml); papa china, agua destilada y benzoato de sodio (a3b0c1= 1,61 g/ml); papa, agua destilada y ácido ascórbico (a1b0c1= 1,61 g/ml); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 1,61 g/ml); papa china, agua destilada y ácido ascórbico (a3b0c1= 1,61 g/ml); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 1,62 g/ml); que superó el 1,560g/ml obtenido por Johanna, A y Danilo, M. 2007. Con respecto a la variable de pH los valores altos fue para las interacciones: papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a3b1c0= 8,35 pH); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 8,45 pH); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a3b0c0= 8,55 pH); papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a1b0c0= 8,65 pH); el cual está sobre el rango del nivel 6,0 – 6,5 proporcionado de Johanna, A. y Danilo, M. 2007.

4.2.5 Resultados con respecto a la evaluación de almidones

En cuanto a los resultados de análisis de humedad de empaque se obtuvo el mejor valor en la variedad de camote (a2= 10,2%). Lo que respecta al tiempo de degradación tenemos como mejor valor a la variedad correspondiente a papa (a1= 9,05875 meses); este resultado

está por debajo de los 6 meses según las Normas ISO 14855. Respecto a la materia prima se encontró los siguientes factores con los mejores valores camote ($a_2 = 283,413g$); papa china ($a_3 = 284,348g$); yuca ($a_0 = 284,363g$).

4.2.6 Resultados con respecto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables

En la humedad de empaque con respecto al porcentaje de aditivo el mejor valor fue los valores de glicerina al 8% ($b_0 = 10,28\%$), el valor más alto se encuentra en glicerina al 5% ($b_1 = 10,3019\%$). En cuanto al tiempo de biodegradación tenemos dos valores similares tanto para glicerina 8% y 5% $b_0 = b_1 = 9.01812$ meses; mientras que en las Normas ISO 14855 obtuvieron un tiempo de biodegradación de 6 meses. Con respecto a la materia prima se obtuvo glicerina 5% ($b_1 = 278,343g$).

4.2.7 Resultados con respecto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables.

En la humedad de empaque con respecto a la cantidad de agua destilada se obtuvo un valor de 416ml ($c_0 = 8.33437\%$) de humedad. En cuanto al tiempo de biodegradación con respecto a la cantidad de agua destilada el mejor valor fue para 416ml ($c_1 = 8.81$ meses) meses; mientras que en las Normas ISO 14855 obtuvo 6 meses en biodegradarse. Mientras que en la cantidad de materia con respecto a la cantidad de agua destilada se obtuvo un valor de 832ml ($c_0 = 304.697g$).

4.2.8 Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedad de almidón, aditivos, agua destilada)

En la humedad de empaque con respecto a la interacción (variedad de almidón, aditivos, agua destilada) se obtuvo el valor más bajo para las interacciones camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_2b_1c_1 = 8.10\%$); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_2b_0c_1 = 8.20\%$); papa, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_1b_0c_1 = 8.30\%$); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_0b_1c_1 = 8.35\%$); yuca, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_0b_0c_1 = 8.35\%$); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_1b_1c_1 = 8.38\%$); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_3b_0c_1 = 8.45\%$); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_3b_1c_1 = 8.55\%$). En cuanto al tiempo de biodegradación con

respecto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada) se obtuvo los mejores resultados en: yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_0b_1c_1 = 8.71$ meses); camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_2b_1c_1 = 8.75$ meses); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_2b_0c_1 = 8.75$ meses); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml ($a_1b_1c_1 = 8.80$ meses); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml ($a_3b_0c_1 = 8.80$ meses); mientras que en las Normas ISO 14855 se obtuvo un valor de 6 meses. En la cantidad de materia prima con respecto al efecto de la interacción ABC (variedades de almidón, aditivos, agua destilada) el mejor resultado fue para las interacciones: papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml ($a_1b_0c_0 = 308.19g$); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml ($a_2b_0c_0 = 309.53g$); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml ($a_3b_0c_0 = 310.28g$); yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml ($a_0b_0c_0 = 310.72g$).

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 En cuanto concierne al estudio de las 4 variedades de féculas

Referido a la masa residual, la variedad camote con un valor de 586.375g presentó el mejor resultado, contrastándolo con el rango 900g; el cual determinaremos que presentamos menor masa residual a diferencia de las variedades de papa, yuca, papa china. Con respecto a la cantidad de fécula se obtuvo el mejor resultado para Yuca con 206.2 g. En la variedad de humedad, yuca presentó 19.2475% siendo este el mejor resultado de entre las demás variedades. El mejor resultado respecto a la viscosidad se obtuvo papa china con 1390.88

Cp. Con respecto a la densidad tenemos dos valores altos tanto en papa y papa china con 1,60387 g/ml y 1,61,385 g/ml. En relación a el pH el mejor valor fue para camote 7,575 pH.

5.1.2 En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH)

Se concluye que en masa residual el mejor resultado se obtuvo en el método de extracción por hidróxido de sodio 417.813g. Con respecto a la cantidad de fécula el mejor resultado fue para benzoato de sodio que proporcionó un valor de 125.188 g. En la variedad de humedad el mejor resultado fue para el método de extracción por agua destilada con 38.2669%. Con respecto a la viscosidad el método de hidróxido de sodio fue el mejor resultado con un valor de 1186.31 Cp. Con respecto a la densidad el mejor resultado fue para hidróxido de sodio 1.59831 g/ml. En relación al pH el mejor valor fue para hidróxido de sodio con 8.18125 pH.

5.1.2.1 En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio)

Se concluye que en masa residual el mejor valor es para tanto el método de ácido ascórbico ($c_1 = 417.875g$) y método de benzoato de sodio ($c_0 = 421.125 g$) porque presentan similitud de valores. Con respecto a la cantidad de fécula obtenida el mejor resultado fue para benzoato de sodio 125.188 g. En la variable de humedad, el método de conservación de

benzoato de sodio presentó el mejor resultado 38.3137%. El mejor resultado respecto a la viscosidad se obtuvo tanto por el método de ácido ascórbico y benzoato de sodio ya que presentaron valores similares 1183.19 Cp y 1185.44 Cp respectivamente. Con respecto a la densidad el mejor resultado fue obtenido tanto por benzoato de sodio y ácido ascórbico con valores con similitud 1.59176 g/ml y 1.59699 g/ml respectivamente. Y en la relación a el pH el mejor valor fue para ácido ascórbico 7.9875 pH y benzoato de sodio 8.03125 pH.

5.1.2.2 En cuanto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación)

Se concluye que en masa residual el mejor resultado fue para los valores con similitud papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 240.5g; papa, agua destilada y ácido ascórbico 249.5 g; papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 252.5 g; papa, agua destilada y benzoato de sodio 258 g. En cuanto a la cantidad de fécula el mejor resultado es para los valores de yuca, agua destilada y ácido ascórbico 205.5g; yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 206 g; yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 206 g; yuca, agua destilada y benzoato de sodio 207.5g. los cuales presentan valores con similitud. Con respecto a la humedad los mejores resultados fueron para yuca, agua destilada y ácido ascórbico 18,13%; yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 19,44 %; yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 19,66%; yuca, agua destilada y benzoato de sodio 19,77%. En relación a la viscosidad se presentaron similitud de resultados para las interacciones de papa china, agua destilada y ácido ascórbico 1386,50 Cp; papa china, agua destilada y benzoato de sodio 1388 Cp; papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 1394 Cp; papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 1395 Cp. Con respecto a la densidad el mejor valor fue para las interacciones de papa, agua destilada y benzoato de sodio 1,60 g/ml; papa, hidróxido de sodio, ácido ascórbico 1,60 g/ml; papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 1,61 g/ml; papa china, agua destilada y benzoato de sodio 1,61 g/ml; papa, agua destilada y ácido ascórbico 1,61 g/ml; papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 1,61 g/ml; papa china, agua destilada y ácido ascórbico 1,61 g/ml; papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 1,62 g/ml. Para la relación pH el mejor resultado lo obtuvo papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 8,35 pH; papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio 8,45 pH; papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 8,55 pH; papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico 8,65 pH.

5.1.3 En cuanto a la evaluación de almidones

Se concluye que en el análisis de humedad el mejor resultado es para la variedad de camote con 10,2 % de humedad. En cuanto al tiempo de biodegradación el mejor resultado es para papa con un valor de 9,05875 meses. Con respecto a la cantidad de materia prima se encontró el mejor resultado para las variedades de camote 283,413 g y yuca 284,363 g.

5.1.3.1 En cuanto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables

Se concluye que en la humedad de empaque con respecto a la interacción (variedad de almidón, aditivos, agua destilación) el mejor resultado fue para glicerina al 8% con 10,28%. En cuanto al tiempo de biodegradación el mejor valor fue para los valores glicerina al 8% y 5% con 9.01812 meses. En cuanto a la materia prima se concluye que el mejor valor fue para glicerina al 5% con 278,343g.

5.1.3.2 En cuanto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables

Se concluye que en la humedad de empaques con respecto a la cantidad de agua destilada el mejor valor es para 416ml con 8.33437% de humedad. En cuanto al tiempo de biodegradación con respecto a la cantidad de agua destilada el mejor resultado es para 416ml con un valor de 8.81 meses. En cuanto a la cantidad de materia prima respecto a la cantidad de agua destilada el mejor resultado es para 832ml con 304.697 g.

5.1.3.3 En cuanto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada)

Se concluye que en la humedad de empaques con respecto a la variedad de almidón, aditivos, agua destilada el mejor valor es para camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.10%); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.20%); papa, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a1b0c1= 8.30%); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.35%); yuca, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a0b0c1= 8.35%); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1= 8.38%); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.45%); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml

(a3b1c1= 8.55%). En cuanto al tiempo de biodegradación con respecto a la variedad de almidón, aditivos y agua destilada el mejor valor es para yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.71 meses); camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.75 meses); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.75 meses); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1=8.80 meses); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.80 meses). En cuanto a la cantidad de materia prima con respecto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada) se concluye que el mejor valor es para papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a1b0c0= 308.19g); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a2b0c0= 309.53g); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a3b0c0=310.28g); yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a0b0c0= 310.72g).

5.1.4 Resultados con respecto a estandarizar el proceso industrial de obtención de almidón y empaques biodegradables, mediante flujogramas y capacidad del proceso

5.1.4.1 Proceso de obtención de almidón

en esta fase investigativa, se pudo determinar el diagrama de flujo, el cual consta por 18 etapas con sus respectivas descripciones de cada una de ellas , su diagrama de recorrido que nos permite visualizar la vía del proceso para en ejecución, su diagrama de producción nos permite hallar la variabilidad en el sistema , teniendo en consideración las fases en donde existen reproceso y desperdicios; Después de aquello se determinó que para producir 310.84g de almidón se invierte \$2.1 todos estos costes determinados a nivel experimental.

5.1.4.2 Proceso de obtención de empaques biodegradables

Se detalló todos los procesos mediante diagramas de flujos, explicando sobre las fases de producción de empaques, también se plasmó el recorrido de la empresa para visualizar la ruta de producción. También se determinó los costos a nivel experimental de esta fase del estudio, dando como valores \$6,50 en piezas plásticas y \$10.57 en empaques biodegradables

5.2 Recomendaciones

5.2.1 En cuanto concierne al estudio de las 4 variedades de féculas

Relacionado a la masa residual se recomienda camote que generó un valor de 586.375g de masa residual y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar este resultado llegando a menor valor el cual determina que se obtendrá mayor cantidad de masa limpia y por ende menos cantidad de masa residual; con respecto a la cantidad de fécula se recomienda utilizar yuca ya que generó un valor de 206.2g y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar el resultado para llegar al rango 92 – 96 por ciento de fécula obtenida; en la variedad de humedad de almidón se recomienda 19.2475% de yuca, teniendo que mejorar en investigaciones posteriores para llegar al rango 12.32%; con respecto a la viscosidad se recomienda papa china con 1390.88Cp siendo esta variedad recomendada; con respecto a la densidad es recomendable papa y papa china 1.60387 g/ml y 1.61385 g/ml respectivamente, y en investigaciones posteriores se recomienda estandarizarse en el rango 1,560g/ml. Y en la relación pH se recomienda usar camote con 7,575 pH y en investigaciones posteriores se recomienda estar en el rango 6,0 – 6,5.

5.2.2 En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de extracción (con agua destilada y solución acuosa de NaOH)

Se concluye que en masa residual el mejor resultado se obtuvo en el método de extracción por hidróxido de sodio 417.813g de masa residual y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar este resultado llegando a menor valor el cual determina que se obtendrá mayor cantidad de masa limpia y por ende menos cantidad de masa residual; con respecto a la cantidad de fécula se recomienda emplear el método de extracción con benzoato de sodio que proporcionó un valor de 125.188 g y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar el resultado para llegar al rango 508g. En cuanto a la variedad de humedad se recomienda el método de extracción por agua destilada con 38.2669% y en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango 13,33%. En la viscosidad se recomienda hidróxido de sodio con un valor de 1186.31Cp siendo este rango recomendado por otra investigación. En la relación densidad se recomienda el método de extracción hidróxido de sodio con un valor de 1.59831 g/ml y en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango 1.560 g/ml. Y en pH se recomienda usar hidróxido de sodio con

un valor de 8.18125Ph y en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango 6,0 – 6,5.

5.2.2.1 En cuanto a la factibilidad de obtención de féculas de tubérculos por medio de los métodos de conservación (con ácido ascórbico y benzoato de sodio)

Se concluye que en masa residual el mejor resultado se obtuvo tanto en el método de ácido ascórbico 417.875g y método de benzoato de sodio 421.125g porque presentan similitud de valores y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar este resultado llegando a menor valor el cual determina que se obtendrá mayor cantidad de masa limpia y por ende menos cantidad de masa residual. En la cantidad de fécula obtenida se recomienda el método de conservación de benzoato de sodio con el valor de 125.188 g, y en investigaciones posteriores se recomienda mejorar el resultado para llegar al rango 508g. Con respecto a la humedad se recomienda el método de conservación de benzoato de sodio con el valor de 38.3137% y en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango de 13.33%. En la viscosidad se recomienda dos valores con similitud tanto el método de ácido ascórbico y benzoato de sodio con valores 1183.19Cp y 1185.44Cp respectivamente y en investigaciones posteriores se recomienda estos rangos ya que están dentro de los rangos 840 – 1500 expuestos por otras investigaciones. Con respecto a la densidad se recomienda dos valores con similitud el 1.59176 g/ml y 1.59699 g/ml de benzoato de sodio y ácido ascórbico respectivamente y en posteriores investigaciones se recomienda llegar al rango 1.560g/ml. En la relación de pH se recomienda dos valores con similitud el 7.9875pH de ácido ascórbico y el 8.03125pH de benzoato de sodio, en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango 6,0 – 6,5.

5.2.2.2 En cuanto a la interacción ABC (variedad de tubérculos, método de extracción, método de conservación)

Con respecto a la masa residual se recomienda las siguientes interacciones: papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico (a1b0c0= 240.5 g); papa, agua destilada y ácido ascórbico (a1b0c1= 249.5 g); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio (a1b1c0= 252.5g); papa, agua destilada y benzoato de sodio (a1b1c1= 258 g) y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar estos resultados llegando a menor valor el cual determina que se obtendrá mayor cantidad de masa limpia y por ende menos cantidad de masa residual. De

acuerdo a la cantidad de fécula se recomienda los valores de las interacciones: yuca, agua destilada y ácido ascórbico ($a_0b_0c_1 = 205.5$ g); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_0b_1c_0 = 206$ g); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_0b_1c_1 = 206$ g); yuca, agua destilada y benzoato de sodio ($a_0b_1c_1 = 207.5$ g). En la relación Humedad se recomienda las interacciones de: yuca, agua destilada y ácido ascórbico ($a_0b_0c_1 = 18,13$ %); yuca, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_0b_1c_0 = 19,44$ %); yuca, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_0b_1c_1 = 19,66$ %); yuca, agua destilada y benzoato de sodio ($a_0b_1c_1 = 19,77$ %) y en posteriores investigaciones se recomienda llegar al rango 13.33%. En lo referente a la viscosidad se recomienda las interacciones, papa china, agua destilada y ácido ascórbico ($a_3b_0c_1 = 1386,50$ Cp); papa china, agua destilada y benzoato de sodio ($a_3b_1c_1 = 1388$ Cp); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_3b_0c_0 = 1394$ Cp); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_3b_1c_0 = 1395$ Cp) y en investigaciones posteriores se recomienda estos rangos ya que están dentro de los rangos 840 – 1500 expuestos por otras investigaciones. Con respecto a la densidad del almidón se recomienda papa, agua destilada y benzoato de sodio ($a_1b_0c_1 = 1,60$ g/ml); papa, hidróxido de sodio, ácido ascórbico ($a_1b_0c_0 = 1,60$ g/ml); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_1b_1c_0 = 1,61$ g/ml); papa china, agua destilada y benzoato de sodio ($a_3b_0c_1 = 1,61$ g/ml); papa, agua destilada y ácido ascórbico ($a_1b_0c_1 = 1,61$ g/ml); papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_3b_1c_0 = 1,61$ g/ml); papa china, agua destilada y ácido ascórbico ($a_3b_0c_1 = 1,61$ g/ml); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_3b_0c_0 = 1,62$ g/ml). En lo respecto al pH se recomienda las interacciones: papa china, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_3b_1c_0 = 8,35$ pH); papa, hidróxido de sodio y benzoato de sodio ($a_1b_1c_0 = 8,45$ pH); papa china, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_3b_0c_0 = 8,55$ pH); papa, hidróxido de sodio y ácido ascórbico ($a_1b_0c_0 = 8,65$ pH) y en investigaciones posteriores se recomienda llegar al rango 6,0 – 6,5.

5.2.3 En cuanto a la evaluación de almidones

Con respecto a la humedad en almidones se recomienda la variedad de camote con un 10,2% de humedad. De acuerdo al tiempo de biodegradación se recomienda papa con 9,05875 meses de biodegradación, en investigaciones posteriores se recomienda bajar el tiempo de biodegradación como las Normas ISO 14855. Respecto a la materia prima se recomienda camote ($a_2 = 283,413$ g); papa china ($a_3 = 284,348$ g); yuca ($a_0 = 284,363$ g).

5.2.3.1 En cuanto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables

Se recomienda usar respecto a la humedad tanto el aditivo de 8% y 5% con 10,28% para glicerina al 8% y glicerina al 5% con 10,3019%. Con respecto al tiempo de biodegradación se recomienda los dos porcentajes de aditivos ya que no presentan diferencia significativa tanto en glicerina al 8% y 5% ambas con 9.01812 meses, en investigaciones posteriores se recomienda bajar la cantidad de meses a 6 meses de biodegradación como las Normas ISO 14855. En la cantidad de materia prima con respecto al efecto que ocasiona los aditivos en los empaques biodegradables se recomienda glicerina al 5% con 278,343 g.

5.2.3.2 En cuanto al efecto que ocasiona el agua destilada en los empaques biodegradables

En la humedad del empaque se recomienda agua destilada a 416ml obteniendo una humedad de 8.33437%. En cuanto al tiempo de biodegradación se recomienda agua destilada 416ml con un valor de 8.81 meses, en investigaciones posteriores se recomienda llegar a 6 meses como las Normas ISO 14855. En la cantidad de materia prima se recomienda agua destilada a 832ml obteniendo la cantidad de 304.697 gramos.

5.2.3.3 En cuanto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada)

En la humedad de empaque se recomienda las interacciones de camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.10%); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.20%); papa, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a1b0c1= 8.30%); yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.35%); yuca, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a0b0c1= 8.35%); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1= 8.38%); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.45%); papa china, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a3b1c1= 8.55%). Con respecto al tiempo de biodegradación en la interacción ABC (variedad de almidón, aditivos, agua destilada) se recomienda yuca, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a0b1c1= 8.71 meses); camote, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a2b1c1= 8.75 meses); camote, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a2b0c1= 8.75 meses); papa, glicerina 5%, agua destilada 416ml (a1b1c1=8.80 meses); papa china, glicerina 8%, agua destilada 416ml (a3b0c1= 8.80 meses) y en investigaciones posteriores se recomienda llegar a 6 meses de biodegradación como las Normas ISO

14855. En la cantidad de materia prima con respecto a la interacción ABC (variedad de almidón, aditivo y agua destilada) se recomienda papa, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a1b0c0= 308.19g); camote, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a2b0c0= 309.53g); papa china, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a3b0c0=310.28g); yuca, glicerina 8%, agua destilada 832ml (a0b0c0= 310.72g).

5.2.4 En cuanto a estandarizar el proceso industrial de obtención de almidón y empaques biodegradables, mediante flujogramas y capacidad del proceso

Se recomienda llevar a cabo los procesos de obtención de almidón y empaques biodegradables. En el caso del almidón se encuentra entre el rango de valor comercial, es indispensable llevar un control de los procesos determinados, los mismos tienen gran índice de efectividad en un futuro.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Softwares usados en la investigación STATGRAPHICS e INFOSTAT

- [1] I. E. A. Z. Palma, «Análisis del impacto económico ambiental en las industrias plásticas del Ecuador: Diseño de una planta reprocesadora de residuos plásticos PET que impulse el consumo local.,» Guayaquil, 2013.
- [2] H. M. T. J. C. G. B. I., « Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México.,» vol. 28, nº 3, p. 9, 2008.
- [3] Hinostroza, «La Yuca en el Ecuador.,» de *Estación Experimental Portoviejo*, Manabí., 2010.
- [4] S. C., «Producción de yuca en el Ecuador.,» *uagraría.edu.ec*, vol. 1, p. 58, 2010.
- [5] C. C., «hortalizas: requerimientos de clima y suelo para el cultivo de la papa.,» *INTAGRI* , 2010.
- [6] P. A. Chero, «DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA OBTENER PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA manihot sculenta,» 02 12 2015. [En línea]. Available: <http://www.eco-sitio.com.ar/node/114>.
- [7] C. M. C. M. V. Juliana Meneses, «SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA,» *Scielo*, nº 8, 2007.
- [8] X. E. Castells, de *Valoración de residuos procedentes de grandes industrias: Reciclaje de residuos industriales*, 2012, p. 106.
- [9] J. M. Marcos, «Estudio del procesamiento de un polímero termoplástico de almidón de papa amigable con el medio ambiente.,» Madrid, España, 2009.
- [10] C. E. Nuñez, «NOTAS SOBRE EL HIDRÓXIDO DE SODIO,» p. 3, 2008.
- [11] M. E. L. Moreno, «EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE DOS MARCAS DIFERENTES DE BENZOATO DE SODIO EN ZUMO DE NARANJA SOBRE PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS,» Lima, Perú, 2017.
- [12] J. L. R. Corona, «Características térmicas, reológicas y estructurales de almidón de sorgo adicionado con mucílago de nopal,» Yautepec, Mexico , 2015.
- [13] R. K. Shanks, *Thermoplastic Starch*. Applied Sciences. RMIT University. Australia., Melbourne, Australia, 2011.
- [14] H. A. A. y. R. J. V. Héctor S. Villada, «Research on Thermoplastic Starches, Biodegradable Products Precursors,» *Scielo*, vol. 19, nº 2, pp. 3-14, 2008.
- [15] G. R. Aviles, «Obtención y Caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón

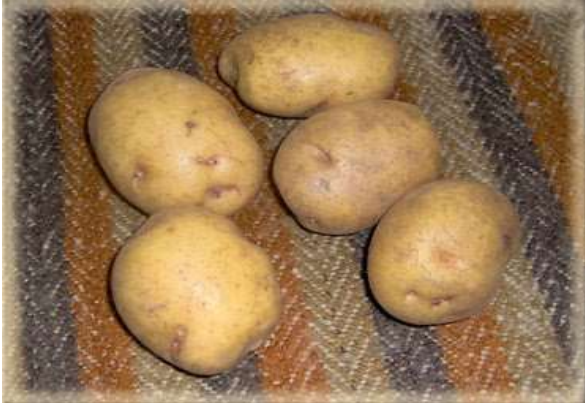
de yuca,» *Redalyc.org*, vol. 2, nº 4, pp. 5-28, 2006.

- [16] C. p. Angeles, «DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA OBTENER PLASTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA manihot sculenta,» Lambayeque, Perú, 2015.
- [17] M. I. Abou-Dobara, «A-amilasas de almidón y microbios: de los conceptos a las aplicaciones biotecnológicas,» Croacia, 2012.
- [18] Remar, «Bioplasticos,» Francia, 2011.
- [19] I. O. D. L. Hernández, «Influencia del uso de aditivos sobre el rendimiento del proceso de secado por aspersión de extracto acuoso de *Calendula officinalis* L.,» de *Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos*, Avenida 26 No. 1605 e/ Puentes Grandes y Boyeros, Plaza. La Habana 10600, Cuba., 2006.
- [20] I. E. A. Z. Palma., «" analisis de impacto economico ambiental en las industrias del Ecuador: diseño de una planta reprocesadora de residuos plasticos PET que impulse el consumo local",» de *tesis*, Guayaquil, 2013.

CAPITULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Recepción de la materia prima

Papa	Yuca
	
Camote	Papa china
	

ANEXO 2. Peso del almidón

Pesado de almidón	Pesado del almidón
	

ANEXO 3. Molienda

Material obtenido por molienda	Molienda de almidón
	

ANEXO 4. Químicos usados en la investigación

Ácido ascórbico 	Benzoato de sodio 
Hidróxido de sodio 	Agua destilada 

ANEXO 5. Empaque plástico de papa

Empaque plástico hecho de almidón de papa



ANEXO 6. Empaque plástico de camote

Empaque plástico de almidón de camote



ANEXO 7. Empaque plástico de yuca

Empaque plástico de almidón de yuca



ANEXO 8. Empaque plástico papa china

Empaque plástico de almidón de papa china



ANEXO 9. Los empaques biodegradables

Empaques plásticos

