



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.

Título del Proyecto de Investigación

OBTENCIÓN DE PULPA CELULÓSICA ATRAVÉS DE HOJAS DE MAZORCA DE
MAÍZ PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL BLANCO

Autores

Mackencie Tobar Carlos Gabriel
Rodríguez Escobar Johnny Alejandro

Director del proyecto

Ing. Juan Neira Mosquera PhD.

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Mackencie Tobar Carlos Gabriel**, 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.

Mackencie Tobar Carlos Gabriel

C.C. # 1722922430

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Rodríguez Escobar Johnny Alejandro**, 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.

Rodríguez Escobar Johnny Alejandro
C.C. # 1206297358



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 Mackencie Tobar Carlos Gabriel y Rodríguez Escobar Johnny Alejandro, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “Obtención de Pulpa Celulósica através de Hojas de Mazorca de Maíz para la Elaboración de Papel Blanco”, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Juan Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO INVESTIGACIÓN



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

Ing. Juan Neira Mosquera PhD. en calidad de director de proyecto de Investigación titulado “**OBTENCIÓN DE PULPA CELULÓSICA ATRAVÉS DE HOJAS DE MAZORCA DE MAÍZ PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL BLANCO**”, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes **MACKENCIE TOBAR CARLOS GABRIEL** y **RODRÍGUEZ ESCOBAR JOHNNY ALEJANDRO**, 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 la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 3%.

| URKUND | |
|-------------------|---|
| Dokument | PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Sr. Carlos Mackencie-Sr. Johnny Rodriguez.docx (D29368093) |
| Inskickat | 2017-06-13 13:24 (-05:00) |
| Mottagare | sungeysanchez.uteq@analysis.urkund.com |
| Meddelande | PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Sr. Carlos Mackencie-Sr. Johnny Rodriguez Visa hela meddelandet 3% av det här c:a 30 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 4 st källor. |

Ing. Juan Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO INVESTIGACIÓN

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“OBTENCIÓN DE PULPA CELULÓSICA ATRAVÉS DE HOJAS DE MAZORCA DE
MAÍZ PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL BLANCO”**

Presentado al Consejo Académico de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

Ing. Sonnia Barzola Miranda, MSc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Robert Williams Moreira Macías
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Dalmiro Antonio Anciani González
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2017**

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo agradezco a Dios por haberme guiado por el camino del bien y darme la oportunidad de llegar hasta el final en la obtención del título como Ingeniero Industrial.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial y a los profesionales que estuvieron a cargo de mi formación aportando con sus conocimientos a lo largo de estos 5 años de estudio.

Al PhD. Ing. Juan Neira Mosquera por brindarme su apoyo, conocimientos, experiencia y ser guía durante todo el transcurso del trabajo de investigación.

A mis padres, hermanos por sus enseñanzas y estar pendientes de mi formación ética y moral, aconsejando en seguir a delante y cumplir con mis objetivos.

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

A mis vecinos por formar parte de mi vida agradecerles su amistad, consejos, apoyo y ánimo para mi superación personal también en lo profesional.

Mackencie Tobar Carlos Gabriel

AGRADECIMIENTO

En primera instancia mi agradecimiento va dirigido al Creador de toda la materia viva e inerte, el cual gracias a su bondad y amor me ha mantenido con vida durante mis años de vida, aprendizaje, aciertos y desaciertos.

A Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial y todos los docentes que la conforman, los cuales impartieron, sembraron sus conocimientos y experiencias en mi para formarme como un Profesional que trascenderá en el agresivo mundo laboral.

Al PhD. Ing. Juan Neira Mosquera, que mediante su guía y sabios consejos permitió llegar a esta etapa de mi vida estudiantil, de tal manera que sus conocimientos impartidos fueron de mucha utilidad.

Dos seres vivos que con su amor y vigor lograron formarme y llevarme por el camino del bien, que dieron su apoyo y energías, sacrificando mucho con el objetivo de mantenerme de pie, pasando necesidades sin quebrantarse, MIS PADRES.

Mis hermanos, hermanas y toda mi familia que durante mi vida fueron un sustento más, que estuvieron pendiente de mi progreso aconsejándome y en constante vigía de no desistir en el cumplimiento de mis sueños y objetivos.

Mis amigos y compañeros de Universidad que son parte importante de la vida de una persona como ser humano, quienes siempre compartieron momentos de mi vida universitaria.

Rodríguez Escobar Johnny Alejandro

DEDICATORIA

A mis padres que siempre han estado apoyándome en los buenos y malos momentos de mi vida, por ser ese pilar fundamental a lo largo de mi formación como una buena persona y profesional.

A mis hermanos y demás miembros de mi familia que han estado siempre y en cada momento brindándome sus consejos y apoyo en cada decisión tomada en el transcurso de todo este tiempo.

Mackencie Tobar Carlos Gabriel

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.

Rodríguez Escobar Johnny Alejandro

RESUMEN

Debido a los altos niveles de contaminación que se producen durante los últimos años y la necesidad de innovar los procesos productivos, se busca nuevas alternativas en la producción de celulosa para la fabricación de papel ya que la tala de árboles para la obtención de esta materia prima afecta al medio ambiente, por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo estudiar la obtención de pulpa celulósica de las hojas de mazorca de maíz como materia prima en la elaboración de papel, para cumplir con esta finalidad se estudiaron como factores de prueba del experimento: tres variedades de maíz, como segundo factor dos ciclos en lo que corresponde a la etapa de blanqueo de la pulpa celulósica obtenida y como tercer factor las hojas, mismas que se las clasificó como externas e internas. El proceso se realizó mediante el secado de las hojas de maíz, pesado, molido, cocción de las hojas sumergidas en solución hidróxido de sodio a temperatura promedio de 95°C, lavado, blanqueado de la fibra con peróxido de hidrógeno al 30%, se procedió a moldear y prensar la lámina de papel. Para determinar la calidad del papel se evaluó: blancura, resistencia, calibre y pH de la hoja, esto se hizo en los Laboratorios de la Industria Papelera INPAECSA. El análisis de resultados se realizó mediante ANOVA (factorial A*B*C), con un total de 24 unidades experimentales y las diferencia de medias se obtuvo mediante TUKEY. Se concluyó que el uso de hojas de mazorca de maíz es una alternativa considerable para obtener celulosa a partir de fibras vegetales ya que al realizar comparaciones con estándares nacionales e investigaciones se las halló dentro de los límites referenciados.

Palabras claves:

*Blancura, resistencia al rasgado, diseño experimental A*B*C, deslignificación.*

ABSTRACT

Due to the high levels of pollution that occur during the last few years and the need to innovate the production processes are looking for new alternatives in the manufacture of cellulose for papermaking because the logging of trees to obtain this raw material affects the environment, for this reason, this research aims to study the obtaining of cellulosic pulp from corn husk leaves as a raw material in the elaboration of paper, to fulfill this purpose were studied as test factors of the experiment: three varieties of maize, as second factor two cycles in what corresponds to the stage of bleaching the pulp cellulosic obtained and as third factor leaves, which were classified as external and internal. The process was done by drying the corn husks, heavy, ground, cooking of the leaves immersed in sodium hydroxide solution at an average temperature of 95 ° C, washing, whitening of the fiber with hydrogen peroxide at 30%, the sheet of paper was moulded and pressed. To determine the quality of the paper was assessed: whiteness, resistance, caliber and ph of the leaf, this was done in the laboratories of the INPAECSA paper industry. The analysis of results was performed using ANOVA (factorial a * b * c), with a total of 24 experimental units and the mean difference was obtained through Tukey. It was concluded that the use of corn husks is a considerable alternative to obtain cellulose from vegetable fibres, since when compared to national standards and research, they were found within the referenced limits.

Keywords:

Whiteness, tearing resistance, experimental design A * b * C, delignification.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| 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 DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENCIÓN | vi |
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| AGRADECIMIENTO | viii |
| DEDICATORIA | ix |
| DEDICATORIA | x |
| RESUMEN | xi |
| Introducción..... | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| 1.1. Problema de investigación..... | 3 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.1.2. Formulación del problema de la investigación..... | 3 |
| 1.1.3. Sistematización..... | 4 |
| 1.2. Objetivos..... | 5 |
| 1.2.1. General..... | 5 |
| 1.2.2. Específicos..... | 5 |
| 1.3. Justificación..... | 6 |
| CAPÍTULO II | 7 |
| 2.1. Marco Conceptual..... | 8 |
| 2.1.1. Papel: Evolución y estructura de la industria..... | 8 |
| 2.1.2. Papel..... | 8 |
| 2.1.3. Papel artesanal..... | 9 |
| 2.1.4. Celulosa..... | 9 |
| 2.1.4.1. Pulpa celulósica y sus etapas..... | 9 |
| 2.1.5. Hidróxido de sodio..... | 11 |
| 2.1.6. Peróxido de hidrógeno..... | 11 |
| 2.1.7. Lignina..... | 11 |
| 2.1.8.1. Propiedades físicas y químicas del papel..... | 12 |
| 2.1.8.2. Variables de la fabricación que influyen en la permanencia del papel..... | 13 |
| 2.1.9. Origen del maíz..... | 14 |
| | xiii |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.9.1. Características del maíz..... | 14 |
| 2.1.9.2. Variedades de maíz..... | 15 |
| 2.2. Marco Referencial..... | 15 |
| 2.2.1. Descripción de los elementos que conforman a la hoja de mazorca de maíz..... | 15 |
| 2.2.2. Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta..... | 16 |
| 2.2.3. Propiedades óptimas de blancura y opacidad..... | 17 |
| 2.2.4. El pH del papel..... | 18 |
| CAPÍTULO III..... | 19 |
| 3.1. Localización..... | 20 |
| 3.2. Tipo de investigación..... | 20 |
| 3.2.1. Descriptiva..... | 20 |
| 3.2.2. Bibliográfica..... | 20 |
| 3.2.3. Experimental..... | 20 |
| 3.3. Métodos de investigación..... | 20 |
| 3.3.1. Inductivo..... | 20 |
| 3.3.2. Deductivo..... | 21 |
| 3.3.3. Analítico..... | 21 |
| 3.4. Fuentes de recopilación de información..... | 21 |
| 3.5. Diseño de la investigación..... | 21 |
| 3.6. Instrumento de investigación..... | 22 |
| 3.7. Tratamientos de la investigación..... | 23 |
| 3.8. Recursos humanos y materiales..... | 24 |
| 3.8.1. Talento humano..... | 24 |
| 3.8.2. Materiales y equipos..... | 24 |
| 3.9. Procedimental..... | 24 |
| CAPÍTULO IV..... | 26 |
| 4.1. Resultados..... | 27 |
| 4.1.2. Diagrama de flujo de proceso para la elaboración de papel..... | 28 |
| 4.1.3. Balance de materia del proceso de elaboración de papel..... | 30 |
| 4.1.4. Resultados con respecto a los análisis químicos, físicos y mecánicos del papel..... | 31 |
| 4.1.5. Resultados con respecto a los factores de estudio..... | 34 |
| 4.1.5.2. Resultados con respecto al efecto que ocasiona los ciclos de blanqueo..... | 35 |
| 4.1.5.3. Resultados con respecto al tipo de hojas de la mazorca (hojas exteriores y hojas interiores) y su comportamiento en el proceso de obtención de celulosa..... | 37 |

| | |
|--|----|
| 4.1.5.4. Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedades de hojas de maíz, ciclo de blanqueo y tipos de hojas exteriores e interiores)..... | 38 |
| 4.2. Discusión..... | 40 |
| 4.2.1. Con respecto a la evaluación las variedades de hojas de mazorca de maíz..... | 40 |
| 4.2.2. Resultados con respecto al efecto que ocasione el ciclo de proceso y reproceso realizado a la pulpa celulósica en la etapa de blanqueamiento..... | 41 |
| CAPITULO V | 43 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 43 |
| 5.1. Conclusiones..... | 44 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 46 |
| CAPITULO VI | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA | 47 |
| CAPITULO VII | 50 |
| ANEXOS | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1: Índices de calidad de las fibras de las hojas de maíz y bagazo de caña en comparación con otros materiales fibrosos..... | 17 |
| Tabla N° 2: Blancura y opacidad de las mezclas experimentadas..... | 17 |
| Tabla N° 3: Requisitos de Papel para Cuadernos..... | 18 |
| Tabla N° 4: Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de pulpa celulósica de hojas de mazorca de maíz para la elaboración de papel blanco..... | 21 |
| Tabla N° 5: Esquema del análisis de varianza..... | 22 |
| Tabla N° 6: Características del Experimento en la elaboración de papel..... | 23 |
| Tabla N° 7: Combinación de los tratamientos para la obtención de la hoja de papel..... | 23 |
| Tabla N° 8: Materiales, equipos y reactivos utilizados en la elaboración de papel a partir de hojas de mazorca de maíz..... | 24 |
| Tabla N° 9: Descripción de la simbología del Diagrama de Flujo..... | 28 |
| Tabla N° 10: Materiales e insumos empleados en la elaboración de papel artesanal..... | 31 |
| Tabla N° 11: Análisis de varianza de pH..... | 31 |
| Tabla N° 12: Análisis de varianza del espesor (calibre)..... | 32 |
| Tabla N° 13: Análisis de varianza de la blancura..... | 33 |
| Tabla N° 14: Análisis de varianza de la resistencia..... | 33 |
| Tabla N° 15: Resultados de análisis de laboratorio..... | 51 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|---------------------|--|----|
| GRAFICO N°1: | Muestra los resultados de la prueba de Tukey del factor A..... | 34 |
| GRAFICO N°2. | Muestra los resultados de la prueba de Tukey del factor B..... | 36 |
| GRAFICO N°3. | Muestra los resultados de la prueba de Tukey del factor C..... | 37 |
| GRAFICO N°4. | Muestra los resultados de la prueba de Tukey de ABC..... | 38 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|--------------------|---|----|
| ANEXO N° 1. | Resultados obtenidos en los tratamientos con respecto a los análisis de laboratorio..... | 51 |
| ANEXO N° 2. | Factura de compra del peróxido..... | 52 |
| ANEXO N° 3. | Ficha de técnica especificaciones del peróxido..... | 53 |
| ANEXO N°4. | Fotos del proceso de elaboración de hojas de papel..... | 54 |
| ANEXO N° 5. | Cuadros de medias de los análisis: pH, calibre, blancura y resistencia del papel..... | 59 |

CÓDIGO DUBLIN

| | | | | |
|-----------------------|---|------------------------|---------------------------|------------------|
| Título: | “Obtención de pulpa celulósica a través de hojas de mazorca de maíz para la elaboración de papel blanco.” | | | |
| Autores: | Mackencie Carlos, Rodríguez Johnny | | | |
| Palabras clave: | Blancura | Resistencia al rasgado | Diseño experimental A*B*C | Deslignificación |
| Fecha de publicación: | | | | |
| Editorial: | Quevedo UTEQ 2017 | | | |
| Resumen: | <p>Debido a los altos niveles de contaminación que se producen durante los últimos años y la necesidad de innovar los procesos productivos se busca nuevas alternativas en la producción de celulosa para la fabricación de papel ya que la tala de árboles para la obtención de esta materia prima afecta al medio ambiente, por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo estudiar la obtención de pulpa celulósica de las hojas de mazorca de maíz como materia prima en la elaboración de papel, para cumplir con esta finalidad se estudiaron como factores de prueba del experimento tres variedades de maíz, como segundo factor dos ciclos en lo que corresponde a la etapa de blanqueo de la pulpa celulósica obtenida y como tercer factor las hojas mismas que se las clasificó como externas e internas. El proceso se realizó mediante el secado de las hojas de maíz, pesado, molido, cocción de las hojas sumergidas en solución hidróxido de sodio a temperatura promedio de 95°C, lavado, blanqueado de la fibra con peróxido de hidrógeno al 30%, se procedió a moldear y prensar la lámina de papel. Para determinar la calidad del papel se evaluó: blancura, resistencia, calibre y pH de la hoja, esto se hizo en los Laboratorios de la Industria Papelera INPAECSA. El análisis de resultados se realizó mediante ANOVA (factorial A*B*C), con un total de 24 unidades experimentales y las diferencias de medias se obtuvo mediante TUKEY. Se concluyó que el uso de hojas de mazorca de maíz es una alternativa considerable para obtener celulosa a partir de fibras vegetales ya que al realizar comparaciones con estándares nacionales e investigaciones se las halló dentro de los límites referenciados.</p> | | | |
| Abstract: | <p>Due to the high levels of pollution that occur during the last few years and the need to innovate the production processes are looking for new alternatives in the manufacture of cellulose for papermaking because the logging of trees to obtain this raw material affects the environment, for this reason, this research aims to study the obtaining of cellulosic pulp from corn husk leaves as a raw material in the elaboration of paper, to fulfill this purpose were studied as test factors of the experiment: three varieties of maize, as second factor two cycles in what corresponds to the stage of bleaching the pulp cellulosic obtained and as third factor leaves, which were classified as external and internal. The process was done by drying the corn husks, heavy, ground, cooking of the leaves immersed in sodium hydroxide solution at an average temperature of 95 ° C, washing, whitening of the fiber with hydrogen peroxide at 30%, the sheet of paper was moulded and pressed. To determine the quality of the paper was assessed: whiteness, resistance, caliber and ph of the leaf, this was done in the laboratories of the INPAECSA paper industry. The analysis of results was performed using ANOVA (factorial a * b * c), with a total of 24 experimental units and the mean difference was obtained through Tukey. It was concluded that the use of corn husks is a considerable alternative to obtain cellulose from vegetable fibres, since when compared to national standards and research, they were found within the referenced limits.</p> | | | |
| Descripción: | 79 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162 | | | |
| URI: | | | | |

Introducción

La fabricación de pasta, papel y derivados del papel a lo largo de los años alcanzó cifras que sitúan esta industria entre las más grandes del mundo. Este tipo de industria emplea como materia prima a la pulpa celulosa derivada de los arboles es uno de los grandes problemas a nivel mundial, ya que esta producción genera altos niveles de deforestación, este se convierte en uno de los inconvenientes ecológicos más trascendentales a escala global. Esta se transforma en una situación que cada día se agrava debido a la demanda de papel incrementada por el crecimiento comercial, industrial y poblacional.

El presente trabajo de investigación surgió de la necesidad constante de reducir la excesiva deforestación de los bosques para la elaboración del papel, y emplear materias primas las cuales no generen contaminación y destrucción del ecosistema. Según investigaciones realizadas anteriormente se halló que las hojas de la mazorca de maíz tienen compuestos de los cuales se puede obtener celulosa, es una materia prima poco utilizada después de la cosecha del maíz en las zonas agrícolas del Ecuador y en la mayoría de los casos los productores se deshacen de ella incinerándola en los campos de siembra.

Para iniciar el trabajo se consideró diversos factores propios y ajenos de la materia prima en estudio, los cuales mediante su manipulación y estudio generaron resultados diversos que brindan cierto tipo de bondades a las hojas de papel elaboradas. La idea básica consistió en realizar un proceso mediante el cual se transformó las hojas de la mazorca de maíz en celulosa, a partir de ello se inició el proceso para la producción del papel; todo esto se desarrolló en una serie de procedimientos que se llevaron a cabo mediante un proceso definido.

El desarrollo de la presente investigación se lo realizó aplicando métodos basados en técnicas estadísticas y experimentales los cuales constan de varias etapas, mediante ellas se llegó paulatinamente a obtener la pulpa con las características adecuadas para elaborar papel de alta calidad. De esta manera se logró establecer un método de extracción de pulpa y por lo consiguiente la formación de hojas de papel a nivel artesanal, de manera que con una inversión de capital considerable se puede generar otro tipo de industria optimizando el proceso con mejores porcentajes de rendimiento.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente solo se produce celulosa y se obtiene el papel mediante la tala de árboles para usarlos como materia prima, lo cual genera grandes afectaciones a la biodiversidad en flora y fauna del Ecuador además de que se contamina al medio ambiente con la tala indiscriminada de árboles para cumplir con esta actividad. La pulpa celulósica obtenida de hojas de maíz reduce los desechos que se queman en las zonas agrícolas y no genera daños ambientales como en el caso del uso de los árboles para la fabricación del papel.

La producción y cosecha abundante del maíz se da en el primer trimestre de cada año, el resto del año se sigue produciendo pero en cantidades menores, esto influye en las fechas que se debe elegir para desarrollar la investigación, lo cual hay que aprovechar el primer trimestre del año donde hay mayor calidad de maíz y se puede aprovechar las cualidades para obtener pulpa de alta calidad.

El papel es indispensable para casi todas las actividades que se realizan en todo el mundo, por lo tanto, la producción a nivel mundial no se detendrá y como ya se mencionó la fuente hasta hoy mayoritaria para obtener papel es a través de la madera.

Los productores de maíz podrían ser los principales beneficiarios con el desarrollo de esta investigación debido a que se rentabilizara el valor de las hojas de la mazorca de maíz, lo que supone beneficio económico.

Considerando que el uso de las hojas de maíz como materia prima para obtener pulpa celulósica no es un proceso estandarizado dentro de la producción de celulosa y del papel, es necesario establecer un método estándar para la fabricación de celulosa y derivados.

1.1.2. Formulación del problema de la investigación

¿La falta de estudio del uso de las hojas de mazorca de maíz como fuente de celulosa, limita la obtención de pulpa celulósica como materia prima para la fabricación de papel blanco?

1.1.3. Sistematización

Las hojas de maíz a pesar de tener fibras vegetales, estas varían en cuanto a su composición y propiedades según las variedades de esta planta. En la obtención de una pulpa blanca existen variables que otorgan un impacto diferente de acuerdo a su aplicación, un inadecuado proceso de blanqueamiento de la pulpa procesada podría generar una limpieza química y biológica que genere consecuencias negativas en la calidad de la pulpa blanqueada a obtener; esto se convierte en uno de los principales inconvenientes que se deben controlar y plasmar durante el estudio.

Las mazorca de maíz contienen hojas que están expuestas al ambiente y los rayos solares, por otra parte hay hojas que no reciben este tipo de afectación exterior por lo tanto están mejor conservadas. Debido a esto la pulpa que se desea extraer de estas hojas brindará características que van a diferir en relación a las propiedades físicas y mecánicas las cuales pueden ser perjudiciales en la obtención del papel.

Por otro lado existen factores como el tiempo expuesto a agentes químicos, con la finalidad de liberar la celulosa, además del proceso de blanqueado, ya que debido a la composición y dureza de las hojas, en algunos casos requeriría de un reproceso esta materia prima, para mejorar el aspecto del papel.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Estudiar el proceso de obtención de pulpa celulósica de las hojas de mazorca de maíz como materia prima en la elaboración del papel, en la zona de Quevedo- Provincia de Los Ríos.

1.2.2. Específicos

- Evaluar las variedades de maíz *Zea mays* 124, 551 y 528; para extraer pulpa celulósica las cuales cumplan con los estándares de calidad requeridos para la elaboración del papel.
- Determinar el efecto que ocasione el proceso y reproceso realizado a la pulpa celulósica en la etapa de blanqueamiento.
- Comparar el tipo de hojas de la mazorca de maíz (exteriores e interiores) y su comportamiento en el proceso a fin de obtener celulosa de óptima calidad.

1.3. Justificación

Considerando temas industriales y de productividad los cuales son una oportunidad clara para los nuevos emprendedores se pone de manifiesto la necesidad de innovar constantemente en temas de producción y utilización productos como materia prima que no afecten al medio ambiente, uno de estas materias primas a considerar son las hojas de la mazorca de maíz las cuales en su composición fibrosa contiene celulosa. Al trabajar con las hojas de la mazorca de maíz estas sirven como una alternativa diferente en la línea de producción del papel.

El fin o propósito general de la presente investigación, conlleva a una producción limpia debido a que esta materia prima no sería desechada, mediante un máximo aprovechamiento se resolvería en parte el grave problema de la contaminación que genera a escala global la producción de papel mediante el uso de fibras madereras. Otro de los fines pertinentes es la aprobación del presente trabajo de investigación como requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Industrial y también contribuir al desarrollo productivo del país aportando con nuevos procesos industriales.

Para el proceso y desarrollo de pulpa celulósica con derivados vegetales como lo son las hojas de mazorca de maíz, se necesita abastecerse de estas hojas como materia prima para ello se requiere obtenerlo directamente de los productores y cultivadores de esta planta, los cuales se benefician económicamente ya que obtendrían ingresos económicos por el uso completo de las mazorcas, y en consecuencia las hojas de maíz que generalmente se queman ya no se les hará aquello y no se generarán contaminantes que se liberen en el ambiente y éste sea afectado.

Tomando en cuenta la situación de la sociedad actual y el desarrollo poblacional a futuro será necesario contar con más fuentes de empleo, una de estas fuentes de empleo que se está potenciando es la industria considerando la industria del papel, por ello se desarrolla el presente trabajo y así obtener un proceso alterno para fabricar papel a través de fibras vegetales.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Papel: Evolución y estructura de la industria

Se cree que la producción de papel tiene su comienzo en China hacia el año 100 d.C.: se utilizaban indumentarias, lienzo, paja y pasto como materias primas y se golpeaban contra morteros de piedra para aislar la fibra original. Hasta el siglo XIX siguieron utilizándose las técnicas de producción por lotes y las fuentes de fibra agrícolas. Entre 1844 y 1884 se desarrollaron métodos para la obtención de pasta de madera, una fuente de fibra más abundante que los trapos o hierbas; estos métodos implicaban la abrasión mecánica y la aplicación de procedimientos químicos a base de sosa cáustica, sulfitos y sulfatos. Con estos cambios se inició la era moderna de la fabricación de pasta y de papel [1].

Además en la elaboración del papel el material maderero es el más utilizado y contiene aproximadamente 40-50% de celulosa, 25-35% de hemicelulosa y 20-35% de lignina y son la principal fuente de material lignocelulósico en Colombia. Regularmente, los residuos de la industria maderera son incinerados para generación de energía y calefacción, o son dispuestos finalmente como basura, siendo una fuente potencial de biomasa renovable para producir etanol. Las alternativas de aprovechamiento implementadas hasta el momento se han enfocado fundamentalmente hacia su recuperación energética [2].

2.1.2. Papel

El papel es una expresión proporcionado a las láminas delgadas compuestas de fibras vegetales adquiridas principalmente de los árboles, que son de uso esencial en el diario vivir de las personas, plasmar sus ideas y gráficos [3].

El papel son hojas formadas a partir de fibras vegetales, utilizadas para grabados, impresión en computador, tarjetería, entre otros [4]

2.1.3. Papel artesanal

El papel artesanal puede ser sencillo o presentar diferentes texturas que se logran en su elaboración, diversas fibras naturales o procesadas, hilos, hojas secas, pétalos, flores, imágenes y otros materiales que lo enriquecen [5].

2.1.4. Celulosa

La celulosa o fibra es un componente constitutivo de la madera, su fabricación consiste en separar la fibra de la lignina mediante procesos industriales químicos o mecánicos [1].

Químicamente la celulosa es un polímero de la glucosa que se unen entre sí por enlaces; disposición que la hace estable, además de poseer enlaces de hidrógeno que une sus moléculas entre sí, confiriéndole sus conocidas propiedades como material estructural de la pared celular [6].

2.1.4.1. Pulpa celulósica y sus etapas

La celulosa es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza, que tiene gran variedad de aplicaciones en el ámbito industriales, que ocupa un lugar destacado en los productos forestales; sin embargo, su análisis es una labor complicada, ya que el campo de los productos forestales se ha tenido un interés especial en el estudio de la celulosa, dado que es la base para bienes de consumo tan diversos como papel, fibras y películas sintéticas (celulosa regenerada), y mediante modificación química pueden obtenerse desde espesantes para pinturas y cosméticos por mencionar algunas de las aplicaciones, además para optimizar el aprovechamiento de este recurso, así como para investigar nuevas aplicaciones, es importante contar con técnicas adecuadas de caracterización la celulosa que tiene gran valor industrial [2].

Etapa 1: En la producción de la pasta para fabricar papel es necesario separar las fibras de celulosa, fuertemente unidas por lignina (adhesivo resinoso que provee el apoyo estructural al árbol), para luego poder producir la pasta o pulpa. Esta puede producirse básicamente a través de métodos químicos o métodos mecánicos. Una vez eliminada el agua, el tronco de

un árbol está compuesto por alrededor de sólo un 50% de celulosa. El resto consiste en un 30% de lignina y un 20% de aceites y otras sustancias. Para que la celulosa contenida en el árbol pueda ser transformada para la fabricación de papel, se requiere que la madera sea molida (para hacer pulpa mecánica) o que sea transformada primero en astillas ("chips") y luego sometida a un cocimiento con productos químicos, seguido de un refinado (para hacer pulpa química). En los métodos químicos existen dos procesos principales: el método alcalino y el método del sulfito; en general, ambos involucran el empleo de compuestos químicos en base a azufre y es la emisión de compuestos de azufre lo que les da a las papeleras el clásico olor a "huevo podrido". Los productos químicos se combinan con la lignina, la vuelven soluble y, por lo tanto, remueven la sustancia adhesiva que mantiene unidas las fibras[7].

Etapa 2: Blanqueo de la pasta con el objetivo de producir celulosa blanca pura, la pasta química es blanqueado con removedores de lignina. La pasta mecánica que por definición contiene grandes cantidades de lignina se aclara usualmente con peróxido de hidrógeno que cambia la estructura de la lignina y altera el color, pero no la elimina. En las tecnologías convencionales de blanqueo de la pasta química, la lignina se degrada y remueve con la ayuda de gas cloro (Cl_2) o de dióxido de cloro (ClO_2). El cloro y el dióxido de cloro, si bien son efectivos para remover la lignina y fortalecer la pulpa, reaccionan con compuestos orgánicos presentes en la pulpa, dando lugar a cientos de contaminantes organoclorados, incluyendo las dioxinas, que es uno de los más potentes venenos conocidos. [7].

Etapa 3: De pulpa a papel para fabricar el papel se combinan distintos tipos de pulpas húmedas mezcladas con sustancias de relleno (carbonato de calcio, caolín, dióxido de titanio, etc.) y con otros aditivos (colofonia, sulfato de aluminio, tinturas), todo lo cual se extiende uniformemente sobre una malla metálica, se somete a un secado y luego se lo remueve con un fieltro absorbente. La superficie de los papeles de impresión y escritura es luego alisada mecánicamente o revestido con una capa de arcilla o tiza (coteado). A partir de las diferentes categorías de pulpas se pueden obtener cientos de diferentes tipos de papeles [7].

2.1.5. Hidróxido de sodio

El hidróxido sódico (NaOH), es un sólido cristalino, blanco, sin olor y que absorbe rápidamente dióxido de carbono y humedad del aire, de donde le vino el nombre de sosa cáustica con que generalmente se conoce en la industria, es el que más se utiliza para superar la lignina de la celulosa [8]. El hidróxido de sodio es de mayor peligrosidad por puede causar quemaduras graves en la piel y es peligroso para los ojos [9].

2.1.6. Peróxido de hidrógeno

Es un compuesto químico oxidante con alta reactividad que se manipula ampliamente como un desinfectante, además se lo utiliza en la medicina, la industria y en la restauración, entre otras; sin embargo, su aplicación en procesos agrícolas ha sido escasa debido a la poca información al respecto, ya que el uso de productos orgánicos como los peróxidos se vislumbra también como una posibilidad para disminuir el impacto ambiental [10].

2.1.7. Lignina

La lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular está presente en todas las plantas vasculares, y al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma mediante la reacción de fotosíntesis, además la lignina, es una abundante fuente de materias primas renovables asequible y de potencial uso industrial, siendo las futuras aplicaciones y sus perspectivas bastante promisorias en la industria papelera se produce enormes cantidades de lignina cada año, alrededor del 98% de este material se quema directamente en las mismas fábricas en una etapa de recuperación de energía [11].

La lignina es un material que puede obtenerse de la madera básicamente, a través de métodos químicos o mecánicos, los cuales proporcionan como subproducto, grandes volúmenes de licores residuales o licor negro, por lo que existen grandes concentraciones de sólidos entre los que predominan los de naturaleza lignica, además la lignina se obtiene principalmente en la industria de la celulosa y el papel por separación de los componentes celulares vegetales [12].

2.1.8. Proceso industrial para la producción de pulpa de celulosa blanqueada

Los procesos industriales involucrados en la producción de pulpa insumen grandes cantidades de energía y de agua, lo que refuerza la necesidad de producir a gran escala; esto, a su vez, requiere grandes superficies de terreno para su instalación y lugares con suministro de agua permanente y a elevado caudal. Además, para mantener volúmenes altos de producción se necesita el abastecimiento de materia prima al menor costo posible[13].

Los ingenieros de procesos son las principales personas encargadas en plantear, manipular y controlar procesos industriales, en los cuales se utilizan y transforman materias primas (recursos naturales) o sustancias químicas (resultantes de otros procesos), en productos o insumos que actualmente el nuevo paradigma de los ingenieros de procesos se centra en el diseño, optimización, ejecución y operación de procesos industriales sostenibles [14].

Este proceso se inicia con el astillado de la madera, las astillas obtenidas se cocinan con un “licor blanco” (una mezcla de hidróxido y sulfuro de sodio), la cocción se separa la celulosa (pulpa) de la lignina (que luego habrá de ser quemada) para bombear la pulpa y la suspensión química residual de su depuración y deslignificación con oxígeno y luego que las fibras pasan al blanqueo y secado, la lignina y otros compuestos (hemicelulosa) que quedan en el licor resultante (“licor negro”), se concentran (evaporan) hasta llegar a un 75% de sólidos secos [14].

La industria de pulpas para elaboración de papel de gran valor en los procesos de blanqueo de fibras utilizan productos que contienen cloro, es factible sustituir estos productos por el blanqueo enzimático[15].

2.1.8.1. Propiedades físicas y químicas del papel

El papel facilita la comunicación y la transmisión de conocimiento, este se componía de láminas del tallo, extraídas, desplegadas y aplanadas. En otras culturas, como las asiáticas, se utilizaba la piel seca de ovejas, cerdos, cabras, entre otras[16].

En la elaboración del papel es determinante conocer las propiedades físicas y químicas de la materia prima a usar, ya que de estas depende directamente la calidad del papel y se establece toda la línea de producción. Dentro de las propiedades físicas que se evalúan comúnmente se encuentran el volumen, tamaño, densidad real y aparente, en el caso de los residuos el grado de madurez, el contenido de humedad y la resistencia, entre otros [16].

Las propiedades químicas son aún más importantes, pues determinan la calidad de las fibras, es decir la resistencia a la tracción, flexibilidad, la estabilidad, la adhesión, el color, absorción de los aditivos empleados para transformar la pasta en papel y cartón. Dentro de las propiedades que se evalúan en la pulpa de papel están la celulosa, la hemicelulosa que rodea los filamentos de la celulosa y funciona como material de soporte en la pared celular, la lignina que es una sustancia natural que hace parte de la pared celular de muchas células vegetales, les da dureza y resistencia pero en el caso del papel se busca eliminarla para facilitar la adhesión de las fibras[16].

2.1.8.2. Variables de la fabricación que influyen en la permanencia del papel.

Las materias primas utilizadas, así como las condiciones de producción del papel son determinantes para la producción del mismo que contiene una extensa vida útil. Una de las variables de la fabricación del papel que mayormente influye en la permanencia puede distinguirse de la siguiente forma:

Tipo de pulpa utilizada:

- Trapo (lino, algodón)
- Pulpa maderera (virgen o reciclada):
 - 1) Severidad de las condiciones de la cocción
 - 2) Grado de blanqueamiento
 - 3) Extensión del lavado
 - 4) Proceso de pulpado

La pulpa para papeles permanentes debe seleccionarse cuidadosamente para que no contenga gran cantidad de grupos ácidos. Es recomendable que se lave completamente después del proceso de pulpado y el blanqueo, para eliminar residuos químicos empleados en la cocción. El pH del papel es un factor extremadamente importante en la permanencia del papel. Un pH bajo deriva en un envejecimiento del papel [17].

2.1.9. Origen del maíz

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492 [18].

El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno seco estacional en alternancia con las lluvias de verano y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza [18].

Maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes en Argentina. El rendimiento promedio nacional fue 7270 kg durante la temporada de crecimiento 2012-2013; El aumento del rendimiento se condiciona por la mejora de varias prácticas culturales [19].

2.1.9.1. Características del maíz

Las hojas, tanto las principales de la planta como las modificadas que cubren a los elotes, se utilizan para envolver o presentar alimentos (entre ellos tamales) o como materia prima para elaborar artesanías. A los estilos de la inflorescencia femenina, conocidos como cabellos de elote, se les atribuyen propiedades medicinales. La planta es seleccionada para crecer en diversos ambientes[20].

2.1.9.2. Variedades de maíz

Maíz 124

Es una de las semillas mejoradas de la Estación Experimental Santa Catalina “INIAP- 124 Mishca Mejorada” que se derivó de un compuesto intervarietal formado por cruces de ocho mejores colectas y las zonas de principal producción de este tipo de maíz suave son: las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua [21].

Maíz 551

El INIAP H-551, es un híbrido triple desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que tiene como padres a tres variedades mas (S4 B-523 X S4 B-521) X S4 B-520. El lugar principal producción de este híbrido es la Zona Central del Litoral [22].

Maíz 528

El INIAP – 528 es una variedad libre de polinización, introducida en el Centro Internacional del Mejoramiento para Maíz y Trigo (CIMMYT), esta variedad por su alta calidad nutricional es de gran aceptación en la población urbana y rural que consume maíz en su alimentación diaria [23].

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Descripción de los elementos que conforman a la hoja de mazorca de maíz

La planta de maíz está clasificada dentro del grupo de las monocotiledóneas, las cuales transportan las sales disueltas y los fotosintatos, desde las raíces hacia las hojas, y viceversa, a través de los vasos de xilema y floema; Estos vasos, están reforzados por fibras, conformando, junto con tejido parenquimático, los haces fibrovasculares que se ordenan en nervaduras para toda la lámina. De estos haces fibrovasculares se obtienen las fibras que son materia prima para producir papel [24].

El tejido de las hojas de maíz tiene una estructura celular conformada por células parenquimatosas de paredes delgadas y con numerosas perforaciones características en las gramíneas como el bagazo de caña de azúcar. Algunos de los vasos que se encuentran presentes son cribosos (vasos con puntuaciones) y otros espiralados [24].

Las fibras son de pared celular gruesa, lumen medio, moderadamente largas y se caracterizan por presentar extremos romos, agudos, además de otras fibras dentadas y horquilladas con puntos en sus superficies. Las células epidérmicas o peines son rectangulares y presentan dientes en los bordes laterales. Otra característica morfológica de las hojas es la presencia de pelos epidérmicos [24].

2.2.2. Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta

Por el alto contenido de holocelulosa y α -celulosa, tanto las hojas de mazorca de maíz, como el bagazo de caña, son en comparación con otras fuentes de fibra, materias primas adecuadas para la fabricación de papeles especiales y para la obtención de derivados de celulosa, situación que permite aprovechar el excedente de residuos. El estudio biométrico de las fibras de las hojas de mazorca de maíz muestra que son un material fibroso con buenas propiedades de resistencia al batido. Además, poseen un lumen ancho, aumentando con esto la capacidad de impregnación en el proceso de pulpeo. Los valores observados para el caso del bagazo de caña son menores, por lo que la rigidez, la resistencia al rasgado, a la explosión y a la tensión son inferiores. Aun así, la longitud de la fibra la sitúa dentro de las fibras largas, por lo que en su mezcla con las fibras de las hojas de mazorca de maíz, se obtiene una pulpa celulósica aprovechable [24].

Las propiedades biométricas de las fibras se ven afectadas por la presencia de una excesiva cantidad de parénquima en el material, quedando las propiedades de resistencia condicionadas a su comportamiento como material integral y su interacción con las fibras de la pulpa del bagazo de caña. La hoja de maíz es una materia prima idónea para la obtención de papel especial, mezclada adecuadamente con bagazo de caña u otro material de fibra larga [24].

Tabla N° 1: Índices de calidad de las fibras de las hojas de maíz y bagazo de caña en comparación con otros materiales fibrosos.

| Tipo de fibra | Relación de Runkel | Coefficiente de rigidez | Coefficiente de flexibilidad | Clasificación calidad pulpa según la relación de Runkel |
|---------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|---|
| Hoja de mazorca | | | | |
| <i>Zea mays</i> | 0,466 | 0,316 | 0,677 | Muy buena |
| Bagazo de caña | | | | |
| <i>Saccharum officinarum</i> L. | 0,660 | 0,400 | 0,600 | Buena |
| <i>Eucalyptus globulus</i> * | 0,895 | 0,472 | 0,527 | Buena |
| <i>Eucalyptus dunnii</i> * | 0,686 | 0,407 | 0,592 | Buena |
| <i>Jacaranda acutifolia</i> ** | 0,400 | 0,280 | 0,710 | Muy buena |
| <i>Tilia mexicana</i> ** | 0,400 | 0,280 | 0,710 | Muy buena |
| <i>Bellota mexicana</i> ** | 0,510 | 0,340 | 0,650 | Buena |
| <i>Clethra mexicana</i> ** | 0,660 | 0,340 | 0,600 | Buena |

* Valores obtenidos para estas especies por Sanjuan (1997).

** Valores obtenidos para estas especies por Tamarit (1996).

Fuente: Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta.

2.2.3. Propiedades óptimas de blancura y opacidad

La Tesis de grado “Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comosus* (L.) Merr”. Fue realizada en México por Maricela Hernández Ortega, en el año 2008 bajo la dirección de la Dra. María Antonieta Goytia Jiménez, el M.C. Mario Fuentes Salinas, el Dr. José Anzaldo Hernández y el Dr. José Turrado Saucedo; se puede observar que todas las mezclas presentan una similitud en la blancura que hay en ellas, en un rango de 14 - 18%, [25].

Tabla N° 2: Blancura y opacidad de las mezclas experimentadas

| Propiedad | Variedades | Mezclas | | | | | |
|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | | 100% Pulpa | 80% P 20% K | 60% P 40% K | 40% P 60% K | 20% P 80% K | 100 Kraft |
| Blancura (%) | Cayena | 14.84 | 16.91 | 15.96 | 18.55 | 17.85 | 18.33 |
| Opacidad (%) | lisa | 94.40 | 95.01 | 95.30 | 95.47 | 98.33 | 98.40 |
| Blancura (%) | | 15.67 | 17.53 | 19.17 | 19.16 | 18.93 | 18.33 |
| | MD2 | | | | | | |
| Opacidad (%) | | 88.99 | 91.29 | 91.56 | 95.54 | 97.54 | 98.40 |

Fuente: Hernández Maricela, (2008). Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comosus* (L.) Merr,

2.2.4. El pH del papel

En el proyecto de tesis titulado Diseño de un Proceso para la Fabricación de Papel Reciclado Ecológico a Escala de Laboratorio usando Peróxido de Hidrógeno, realizado por Cindy Milena León Nieto y Michel Enrique Fuentes Medina en el año 2012, en la Universidad de Cartagena, habla que el pH del papel está definido por el grado de acidez, alcalinidad o neutralidad química del material estudiado, los papeles de bajo pH son determinados como ácidos y se autodestruyen, en cambio los papeles con un pH 7 o neutro tienen un mayor tiempo de vida, los papeles alcalinos de pH 7 a 8 tienen un mayor potencial de larga vida [26].

2.2.5. Calibre y resistencia al rasgado de papel

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2904, requisitos de Papel para cuadernos, esta norma establece los requisitos que debe cumplir el papel empleado en los cuadernos, en el año 2015 Quito-Ecuador. Para comparación de unas de las propiedades del papel obtenido artesanal a partir de las hojas de mazorca de maíz [27].

Tabla N° 3: Requisitos de Papel para Cuadernos

| Requisitos | Unidades | Mínimo | Máximo | Método de ensayo |
|--|-----------------|---------------|---------------|-------------------------|
| Calibre | µm | 60 | ---- | NTE INEN-ISO 534 |
| Resistencia al rasgado dirección transversal | mN | 275 | ---- | NTE INEN-ISO 1974 |

Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, (2015).

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 1^{1/2} vía Santo Domingo de los Tsáchilas, Laboratorios de Agroindustria, se utilizó materiales, equipos disponibles e instalaciones del Laboratorio de Bromatología.

3.2. Tipo de Investigación

3.2.1. Descriptiva

Se aplicó basada en un diagnóstico realizado a los problemas que conllevan la producción de papel a nivel industrial, mediante el cual se describió la problemática sobre la producción industrial del papel 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 pulpa celulosa para la elaboración de papel, se manipuló las variables planteadas y se plasmó las actividades necesarias para formar las hojas de papel.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Inductivo

Este método permitió establecer que la producción actual de papel a través de fibras madereras genera muchos problemas ambientales, además de un alto consumo de recursos energéticos e hídricos, por lo cual se buscó otro tipo de fibras para la elaboración de papel que disminuya el impacto de esta industria.

3.3.2. Deductivo

Se utilizó para identificar las hojas de mazorca de maíz como nueva alternativa para obtener pulpa celulosa, aquellas que son desechadas y quemadas en el ambiente después de la cosecha de este cultivo, además que ya no se deforestarían bosques completos para fabricar papel.

3.3.3. Analítico

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

3.4. Fuentes de recopilación de información

Se procedió a recopilar la información de fuentes secundarias como son; tesis similares en cuanto a la fabricación de papel mediante fibras vegetales, artículos científicos, investigaciones y normativa nacional referida a la fabricación de papel.

3.5. Diseño de la Investigación

En esta investigación se aplicó un diseño factorial (**A*B*C**), se utilizó para el análisis de las variedades de hojas de mazorca de maíz, el segundo comparo los dos métodos de blanqueo de la pulpa y por último la evaluación de los tipos de hojas externas e internas.

Tabla N° 4: Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de pulpa celulósica de hojas de mazorca de maíz para la elaboración de papel blanco.

| Factores | Simbología | Descripción |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| A: Variedades de hojas de maíz | a ₀ | 124 |
| | a ₁ | 551 |
| | a ₂ | 528 |
| B: Ciclos blanqueo | b ₀ | Proceso |
| | b ₁ | Reproceso |
| C: Tipos de hojas | c ₀ | Externas |
| | c ₁ | Internas |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

3.6. Instrumento de Investigación

3.6.1. Diseño Estadístico de la Investigación

Tabla N° 5: Esquema del análisis de varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | GRADOS DE LIBERTAD |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Replica | 1 |
| Factor A (Variedades de maíz) | 1 |
| Factor B (Ciclos de blanqueo) | 1 |
| Factor C (Tipos de hojas) | 1 |
| A*B | 1 |
| A*C | 1 |
| B*C | 1 |
| A*B*C | 1 |
| Error Experimental | 7 |
| TOTAL | 15 |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Hipótesis

Nulas (H_0)

H_0 : Las variedades de maíz estudiados no afectan la calidad de la pulpa celulósica a obtener. (Variedades: 124- 551-528)

H_0 :: Los ciclos de blanqueo dados a la pulpa celulósica no infieren en el proceso de obtención del papel blanco. (Proceso - Reproceso)

H_0 :: Los tipos de hojas estudiadas no producen la misma cantidad de pulpa celulósica. (Hojas exteriores- Hojas interiores)

Alternativas (H_a)

H_a :: Las variedades de maíz estudiados afectan la calidad de la pulpa celulósica a obtener. (variedades: 124 – 551 – 528)

H_a :: Los ciclos de blanqueo dados a la pulpa celulósica no infieren en el proceso de obtención del papel blanco. (Proceso - Reproceso)

H_a :: Los tipos de hojas estudiadas producen la misma cantidad de pulpa celulósica. (Hojas exteriores- Hojas interiores)

Tabla N° 6: Características del Experimento en la elaboración de papel.

| | |
|-------------------------|----|
| Número de tratamientos | 12 |
| Número de repeticiones | 2 |
| Unidades experimentales | 24 |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

3.7. Tratamientos de la Investigación

En los tratamientos se combinaron todos los niveles de los factores de estudio; las variedades de hoja de mazorca de maíz, los ciclos de blanqueado de la pulpa y los tipos de hojas, que se detallan a continuación:

Tabla N° 7: Combinación de los tratamientos para la obtención de la hoja de papel.

| N°. | Tratamientos | Combinación |
|-----|--|---|
| 1 | a ₀ b ₀ c ₀ | Variedad 124 + Proceso + Hojas exteriores |
| 2 | a ₀ b ₀ c ₁ | Variedad 124 + Proceso + Hojas interiores |
| 3 | a ₀ b ₁ c ₀ | Variedad 124 + Reproceso + Hojas exteriores |
| 4 | a ₀ b ₁ c ₁ | Variedad 124 + Reproceso + Hojas interiores |
| 5 | a ₁ b ₀ c ₀ | Variedad 551 + Proceso + Hojas exteriores |
| 6 | a ₁ b ₀ c ₁ | Variedad 551 + Proceso + Hojas interiores |
| 7 | a ₁ b ₁ c ₀ | Variedad 551 + Reproceso + Hojas exteriores |
| 8 | a ₁ b ₁ c ₁ | Variedad 551 + Reproceso + Hojas interiores |
| 9 | a ₂ b ₀ c ₀ | Variedad 528 + Proceso + Hojas exteriores |
| 10 | a ₂ b ₀ c ₁ | Variedad 528 + Proceso + Hojas interiores |
| 11 | a ₂ b ₁ c ₀ | Variedad 528 + Reproceso + Hojas exteriores |
| 12 | a ₂ b ₁ c ₁ | Variedad 528 + Reproceso + Hojas interiores |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Variables de estudio

- pH
- Calibre (espesor).
- Blancura.
- Resistencia al Rasgado

3.8. Recursos humanos y materiales

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 N° 8: Materiales, equipos y reactivos utilizados en la elaboración de papel a partir de hojas de mazorca de maíz.

| Materiales | Equipos | Otros | Reactivos |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| Guantes, mascarillas | Molino | Cámara fotográfica | Solución de hidróxido de sodio 0.5 molar. |
| Recipientes metálicos, quemador a gas | Estufa Memmert | Computadora | Peróxido de hidrogeno 30%. |
| Recipientes de 3 L | Termómetro TRACEABLE | Flash memory | Agua desionizada |
| Tamiz | Balanza eléctrica OHAUS | Cinta de papel | |
| Papel fibra | Prensa | Marcadores | |
| Vaso de precipitación de 200ml | Potenciómetro OAKTON | | |
| Bastidor rectangular | | | |
| Bolsas con cierre | | | |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

3.9. Procedimental

Para este estudio se utilizó como materia prima hojas de la mazorca de maíz con un peso aproximado de 1440 gr, (24 tratamientos con muestras de 60 gramos cada uno). Para la obtención de la fibra o celulosa requerida para elaborar el papel se procedió a secar, moler, luego a pesar el material seco. Posteriormente fue sumergida en sosa caustica (hidróxido de sodio con una concentración de 0,5 Molar) para retirar el licor negro, se sometió a

cocción durante 1 hora a temperatura aproximada de 95°C y se dejó reposar durante 8 días, al cabo de esto se ejecutó el lavado de la fibra para luego someterla a un proceso de blanqueamiento utilizando como agente blanqueador peróxido de hidrogeno con una concentración del 30% dejando actuar durante un tiempo de 24 horas; finalmente se formó en moldes de madera las láminas y se sometió a deshidratación.

En los análisis de la calidad del papel para determinar pH, se utilizó un potenciómetro digital de marca **OAKTON** y para las pruebas físicas – mecánicas del papel se emplearon varios equipos como: micrómetro, TECHNIDYNE, estufa y un dinamómetro para medir la resistencia.

En esta investigación, se aplicó un diseño factorial (A*B*C): factor A Variedades de maíz (E51- 551- Choclo serrano), factor B ciclos (Proceso – Reproceso) y factor C Tipos de hojas (exteriores – interiores).

La materia prima fue recolectada de las zonas de Quevedo y Mocache. Los análisis de laboratorio se hicieron por duplicados a cada uno de los tratamientos. Para el análisis de datos se empleó el paquete estadístico StatGraphics Centurión de la Universidad de Massachusetts, además para la separación de medias de los niveles de los tratamientos se acudirá a la prueba de significación de TUKEY ($p > 0.5$)

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Descripción del proceso de obtención de pulpa para papel artesanal usando como materia prima las hojas de la mazorca de maíz

- 1. Recepción de la materia prima:** Se procedió a recolectar las hojas de mazorcas de maíz desechadas después de la cosecha, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP).
- 2. Secado:** Se realizó este proceso con el fin de obtener una materia prima con una bajo contenido de humedad en su estructura lo cual se lo realizó en una estufa Memmert durante un tiempo de 24 horas con una temperatura de 60° C.
- 3. Molienda:** En esta operación se efectuó el molimiento de las hojas de mazorca de maíz con la finalidad de disminuir su tamaño en partículas más pequeñas utilizando un molino manual, luego se pesó 50 gr por tratamiento de la misma para realizar los diferentes análisis del experimento.
- 3. Cocción:** Se sometió a baño maría la materia prima, sumergida en solución de hidróxido de sodio (NaOH) disuelto a una concentración de 0.5 Molar y una temperatura promedio de 95°C controlándola con la ayuda de un termómetro digital y mantenerla dentro de un rango de +/- 3 °C durante un tiempo de una hora.
- 4. Reposo 1:** Se dejó reposar la materia prima sumergida con el hidróxido en un lapso de 8 días en un ambiente cerrado sin presencia de oxígeno.
- 5. Tamizado 1:** Después del reposo se procedió a separar mediante un tamiz la fibra del licor negro generado en el proceso de cocción de las hojas de maíz.
- 6. Lavado 1:** Se procedió a eliminar los restos de licor negro con agua desionizada varias veces hasta que el agua no salga de color amarillo.
- 7. Blanqueo:** Una vez lavada la fibra, fue sometida a un blanqueamiento utilizando peróxido de hidrógeno a una concentración del 30%.
- 8. Reposo 2:** Se dejó actuar el peróxido de hidrógeno durante un tiempo de 24 horas.

9. **Tamizado 2:** Remoción del peróxido de hidrógeno de la pulpa con la utilización de un tamiz para extraer la mayor cantidad de la misma.
10. **Lavado 2:** Eliminar los restos de peróxido de hidrogeno contenido en la pulpa agua desionizada.
11. **Moldeado:** Después se procedió a la formación de la hoja de papel utilizando un bastidor rectangular con una dimensión interna de 14,8 x 21,1 cm.
12. **Prensado:** En esta operación se eliminó la mayor cantidad de agua posible contenida en la hoja de papel utilizando una prensa manual pequeña de acero inoxidable, con un prensado de 24 horas.
13. **Secado:** Luego del prensado se deja secar la hoja de papel a temperatura ambiente durante un tiempo de 96 horas.
14. **Hoja de papel:** Después del secado se obtuvo el papel a partir de las hojas de mazorca de maíz como producto terminado.

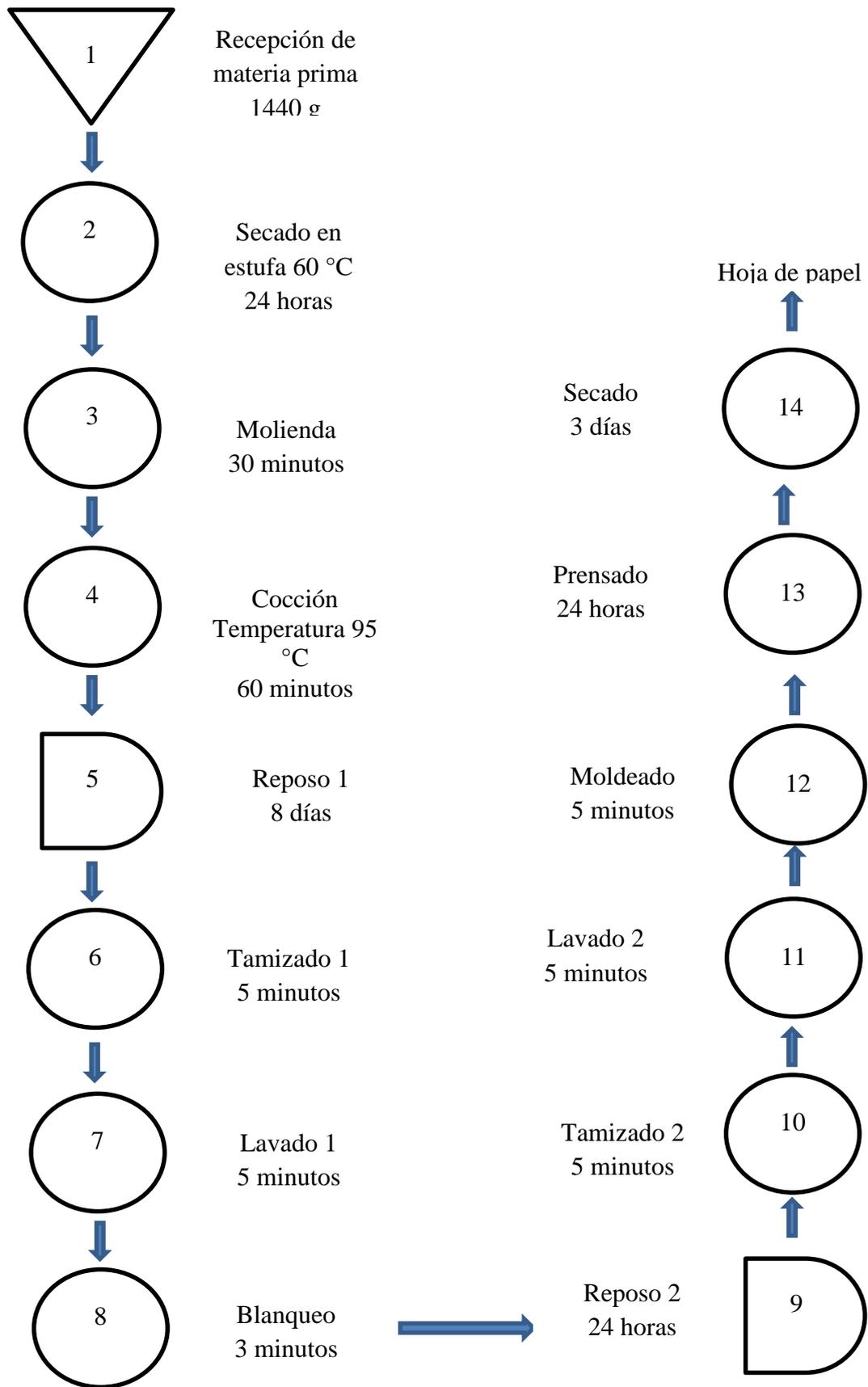
4.1.2. Diagrama de flujo de proceso para la elaboración de papel

Tabla N° 9: 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 |
|  | Transporte | Indica los movimientos de materiales. (Traslado) |
|  | Demora | Indica demora entre dos operaciones |
|  | Almacenamiento | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en almacén |
|  | Combinación | Indica varias actividades simultáneas |

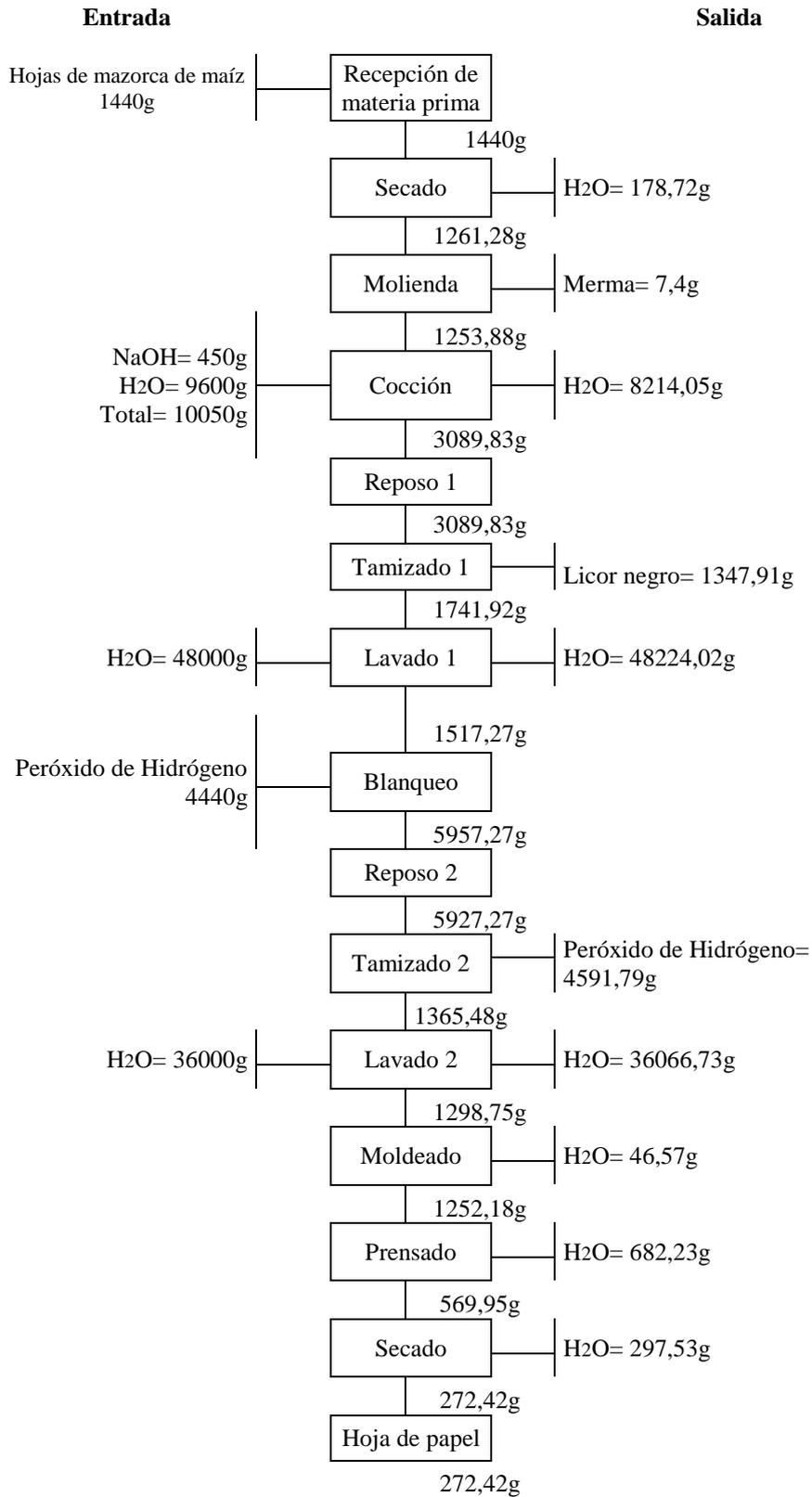
Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Gráfico N° 1: Diagrama de flujo para la elaboración de papel artesanal



Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

4.1.3. Balance de materia del proceso de elaboración de papel



Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Tabla N° 10: Materiales e insumos empleados en la elaboración de papel artesanal

| Materiales | Cantidad | Porcentaje |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| Hojas de mazorca de maíz | 1440 g | 1.,59 % |
| Hidróxido de sodio | 450g | 0,50 % |
| Agua desionizada | 84000 g | 92,99 % |
| Peróxido de hidrógeno | 4440 g | 4,92 % |
| Total | 90330 g | 100 % |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Rendimiento: Se calculó en base al cociente del peso de la materia prima que ingresa (fibra seca) sobre el peso de salida (hoja de papel).

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

$$R = \frac{272,42 \text{ g}}{1440 \text{ g}} * 100\%$$

$$R = 18,92 \%$$

R: Rendimiento

P.F: Peso final

P.I: Peso inicial

4.1.4. Resultados con respecto a los análisis químicos, físicos y mecánicos del papel

Tabla N° 11: 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> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Variedades | 2,72166 | 2 | 1,36083 | 4,13 | 0,0461* |
| B:Ciclo blanqueado | 0,920417 | 1 | 0,920417 | 2,79 | 0,1230 |
| C:Tipos de hojas | 5,86082 | 1 | 5,86082 | 17,77 | 0,0014* |
| D:Repeticiones | 0,0006 | 1 | 0,0006 | 0,00 | 0,9667 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 1,84001 | 2 | 0,920004 | 2,79 | 0,1048 |
| AC | 5,26686 | 2 | 2,63343 | 7,98 | 0,0072 |
| BC | 1,71735 | 1 | 1,71735 | 5,21 | 0,0434 |
| ABC | 0,274575 | 2 | 0,137287 | 0,42 | 0,6695 |
| RESIDUOS | 3,6287 | 11 | 0,329882 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 22,231 | 23 | | | |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Interpretación: Los resultados de la **Tabla N° 9** (ANOVA) del pH de la pulpa nos indica, que en los niveles del factor A (Variedades de hojas de maíz), factor C (Tipos de hojas exteriores e interiores) y las interacciones AC y BC mostraron diferencia significativa, mientras que entre los niveles del factor B ciclos de blanqueado de la pulpa (Proceso - reproceso) y las interacciones AB y ABC no se obtuvo diferencia significativa. En el caso de la replicas al no encontrarse diferencia significativa asumimos que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico por lo tanto se continua con el experimento.

Tabla N° 12: Análisis de varianza del espesor (calibre).

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Variedades | 1,91498 | 2 | 0,957489 | 1,33 | 0,3032 |
| B:Ciclo de blanqueo | 0,179747 | 1 | 0,179747 | 0,25 | 0,6268 |
| C:Tipos de hojas | 0,00908704 | 1 | 0,00908704 | 0,01 | 0,9125 |
| D:Repeticiones | 0,42907 | 1 | 0,42907 | 0,60 | 0,4559 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 5,49286 | 2 | 2,74643 | 3,82 | 0,0549 |
| AC | 0,0291556 | 2 | 0,0145778 | 0,02 | 0,9799 |
| BC | 0,10153 | 1 | 0,10153 | 0,14 | 0,7141 |
| ABC | 0,232463 | 2 | 0,116231 | 0,16 | 0,8526 |
| RESIDUOS | 7,90255 | 11 | 0,718414 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 16,2914 | 23 | | | |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Interpretación: El **tabla N° 10** (ANOVA) con respecto al espesor del papel elaborado a partir de las hojas de mazorca de maíz nos indica, que en los niveles del factor A (Variedades de hojas de maíz), factor B ciclo de blanqueado de la pulpa (Proceso - reproceso), factor C (Tipos de hojas exteriores e interiores), y las interacciones AB, AC, BC y ABC, no mostraron diferencia significativa. En el caso de la replicas al no encontrarse diferencia significativa asumimos que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico por lo tanto se continua con el experimento.

Tabla N° 13: Análisis de varianza de la blancura.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Variedades | 260,039 | 2 | 130,019 | 9,88 | 0,0035* |
| B:Ciclo blanqueado | 4,25884 | 1 | 4,25884 | 0,32 | 0,5809 |
| C:Tipos de hojas | 186,986 | 1 | 186,986 | 14,20 | 0,0031* |
| D:Repeticiones | 1,3872 | 1 | 1,3872 | 0,11 | 0,7516 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 489,048 | 2 | 244,524 | 18,58 | 0,0003 |
| AC | 84,101 | 2 | 42,0505 | 3,19 | 0,0806 |
| BC | 2,7812 | 1 | 2,7812 | 0,21 | 0,6547 |
| ABC | 190,473 | 2 | 95,2365 | 7,23 | 0,0099* |
| RESIDUOS | 144,802 | 11 | 13,1638 | | |
| TOTAL | 1363,87 | 23 | | | |
| (CORREGIDO) | | | | | |

Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Interpretación: Con respecto a los análisis del blancura del papel elaborado de manera artesanal **tabla N° 11 (ANOVA)** nos indica, que en los niveles del factor A (Variedades de hojas de maíz), factor C (Tipos de hojas exteriores e interiores), en las interacciones AB y ABC se obtuvo diferencia significativa, mientras que en los niveles del factor B ciclo de blanqueado de la pulpa (Proceso - reproceso), y las interacciones AC y BC, no mostraron diferencia significativa. En el caso de la replicas al no encontrarse diferencia significativa asumimos que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico por lo tanto se continua con el experimento.

Tabla N° 14: Análisis de varianza de la resistencia.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Variedades | 7,69911E7 | 2 | 3,84956E7 | 498,79 | 0,0000* |
| B:Ciclo blanqueado | 286454, | 1 | 286454, | 3,71 | 0,0803 |
| C:Tipos de hojas | 76501,0 | 1 | 76501,0 | 0,99 | 0,3408 |
| D:Repeticiones | 13556,5 | 1 | 13556,5 | 0,18 | 0,6832 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 2,38578E6 | 2 | 1,19289E6 | 15,46 | 0,0006 |
| AC | 1,53019E6 | 2 | 765093, | 9,91 | 0,0035 |
| BC | 789525, | 1 | 789525, | 10,23 | 0,0085 |
| ABC | 9,3848E6 | 2 | 4,6924E6 | 60,80 | 0,0000* |
| RESIDUOS | 848951, | 11 | 77177,3 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 9,23069E7 | 23 | | | |

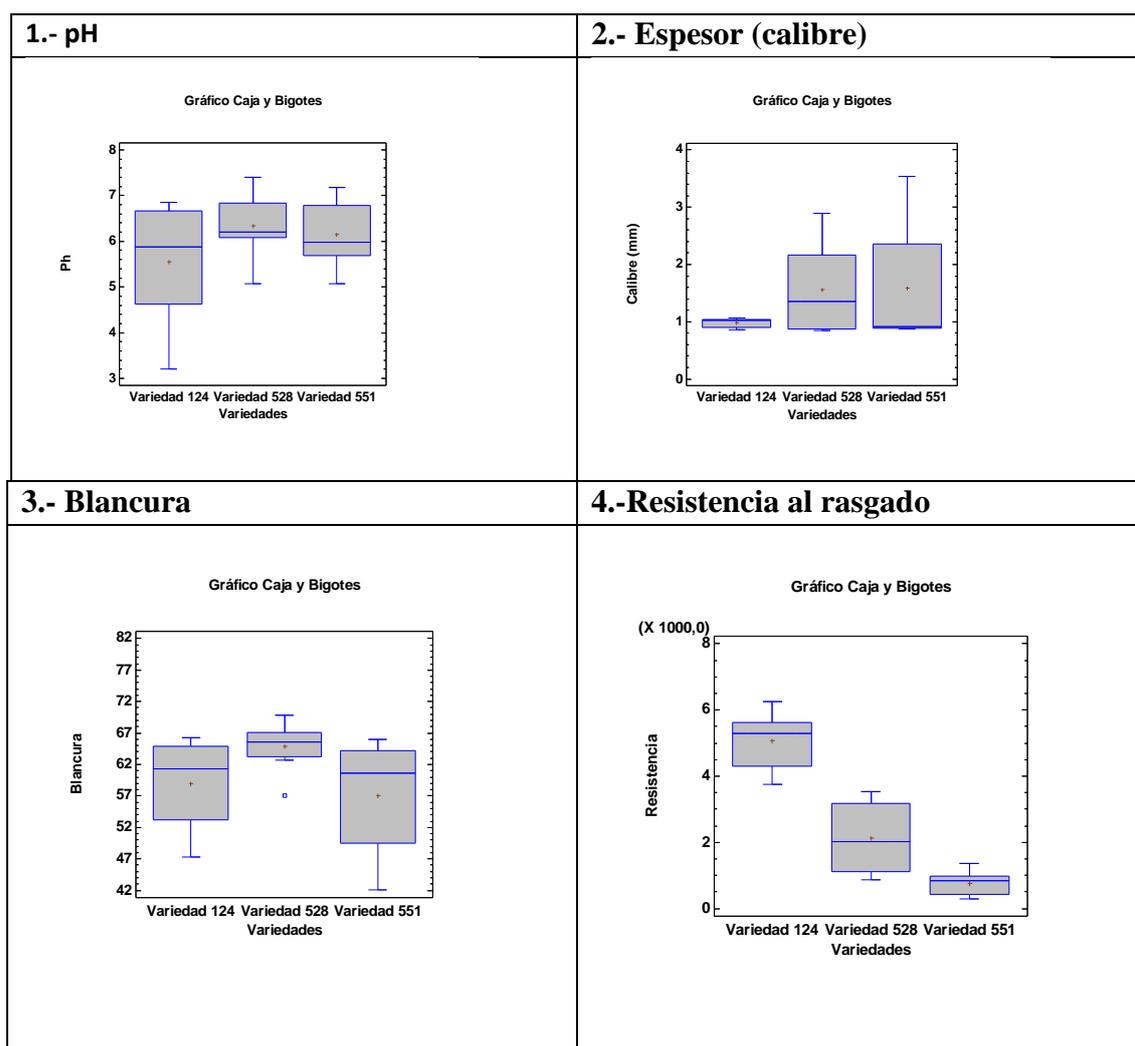
Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

Interpretación: Los resultados del **cuadro N° 7** (ANOVA) de los análisis de resistencia al rasgado del papel elaborado nos indica, que en los niveles del factor A (Variedades de hojas de maíz) y en las interacciones AB, AC, BC y ABC mostraron diferencia significativa, mientras que entre los niveles del factor B ciclo de blanqueado de la pulpa (Proceso - reproceso) y factor C (Tipos de hojas exteriores e interiores) no se obtuvo diferencia significativa. En el caso de las replicas al no encontrarse diferencia significativa asumimos que existe normalidad en la toma de datos y es confiable el análisis estadístico por lo tanto se continua con el experimento.

4.1.5. Resultados con respecto a los factores de estudio

4.1.5.1. Resultados con respecto a la evaluación las variedades de hojas de mazorca de maíz

Gráfico N° 1: Muestra los resultados de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) del papel para los niveles del factor A (Variedades de hojas de mazorca de maíz)



Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

El gráfico N° 1 indica diferencia entre el pH de las variedades de hoja de mazorca de maíz, el valor más bajo se observa en la variedad – 124 ($a_0= 5,55$) y el valor más alto en la variedad – 528 ($a_1= 6,34$).

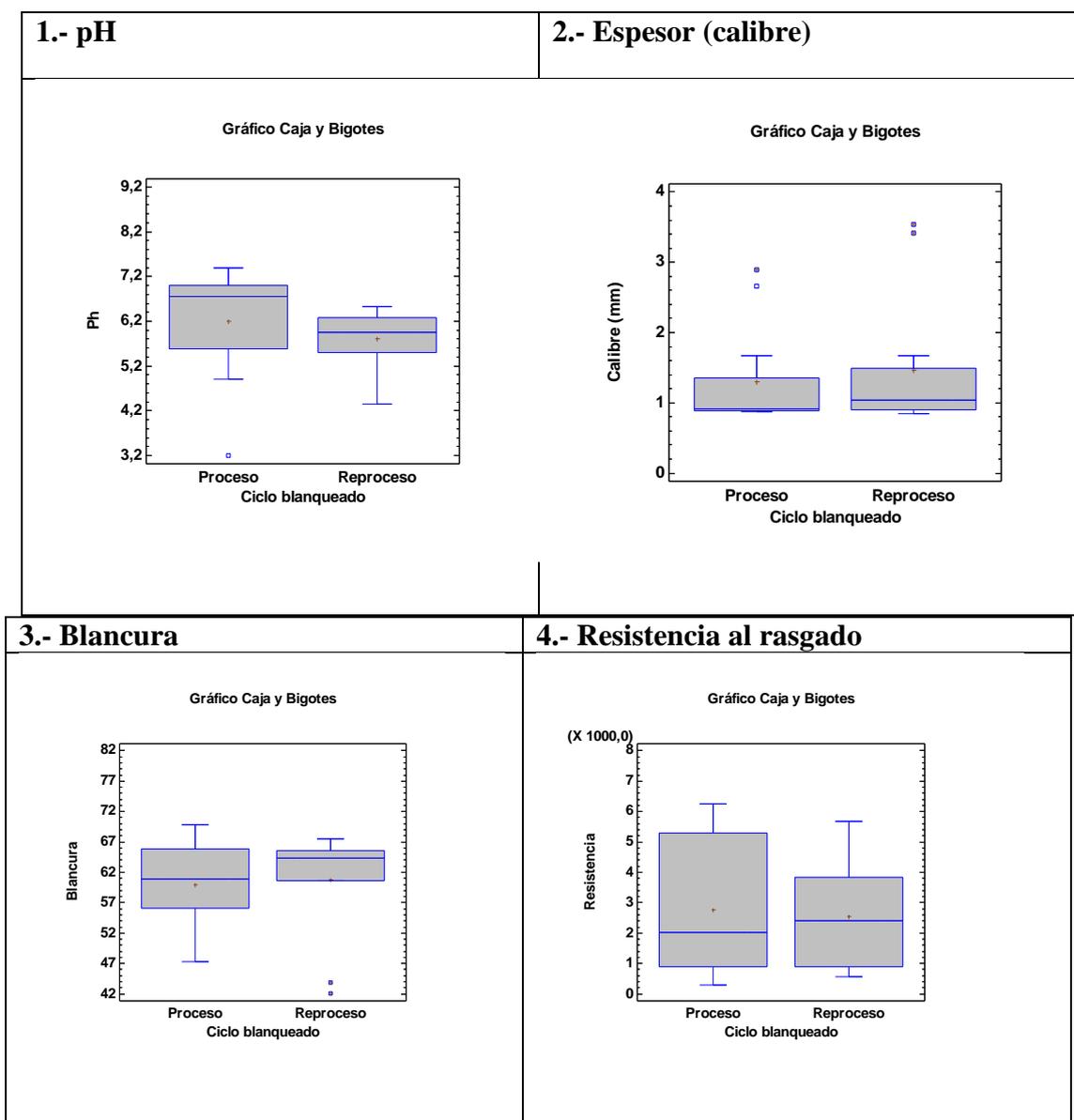
En cuanto al calibre de las hojas de papel no se observó diferencia obteniendo un valor bajo en la variedad de maiz-124 de ($a_0= 0,98$ mm) y el valor alto en la variedad de maiz-551 ($a_1= 1,59$ mm).

Con respecto a la blancura se observa diferencia significativa hallando el valor más bajo en la variedad – 551 ($a_1= 57,10\%$) y el valor más alto en la variedad – 528 ($a_2= 64,84\%$).

En la resistencia al rasgado se halla diferencia en las variedades de hoja de mazorca de maíz con el valor más bajo en la variedad de maíz – 551 ($a_1= 765,38$ gf) y el valor más alto en la variedad de maíz – 124 ($a_0= 5058,75$ gf).

4.1.5.2. Resultados con respecto al efecto que ocasiona los ciclos de blanqueo

Gráfico N° 2: Muestra los resultados de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) del papel para los niveles del factor B.



Elaborado por: Mackencie. C. & Rodríguez. J. (2017).

El gráfico N°2 indica diferencia entre los pH con respecto a los **ciclos de blanqueado de la pulpa**, el valor más bajo en el blanqueo correspondiente al ciclo de reproceso ($b_1 = 5,18$) y el valor más alto en ciclo de proceso ($b_0 = 6,21$).

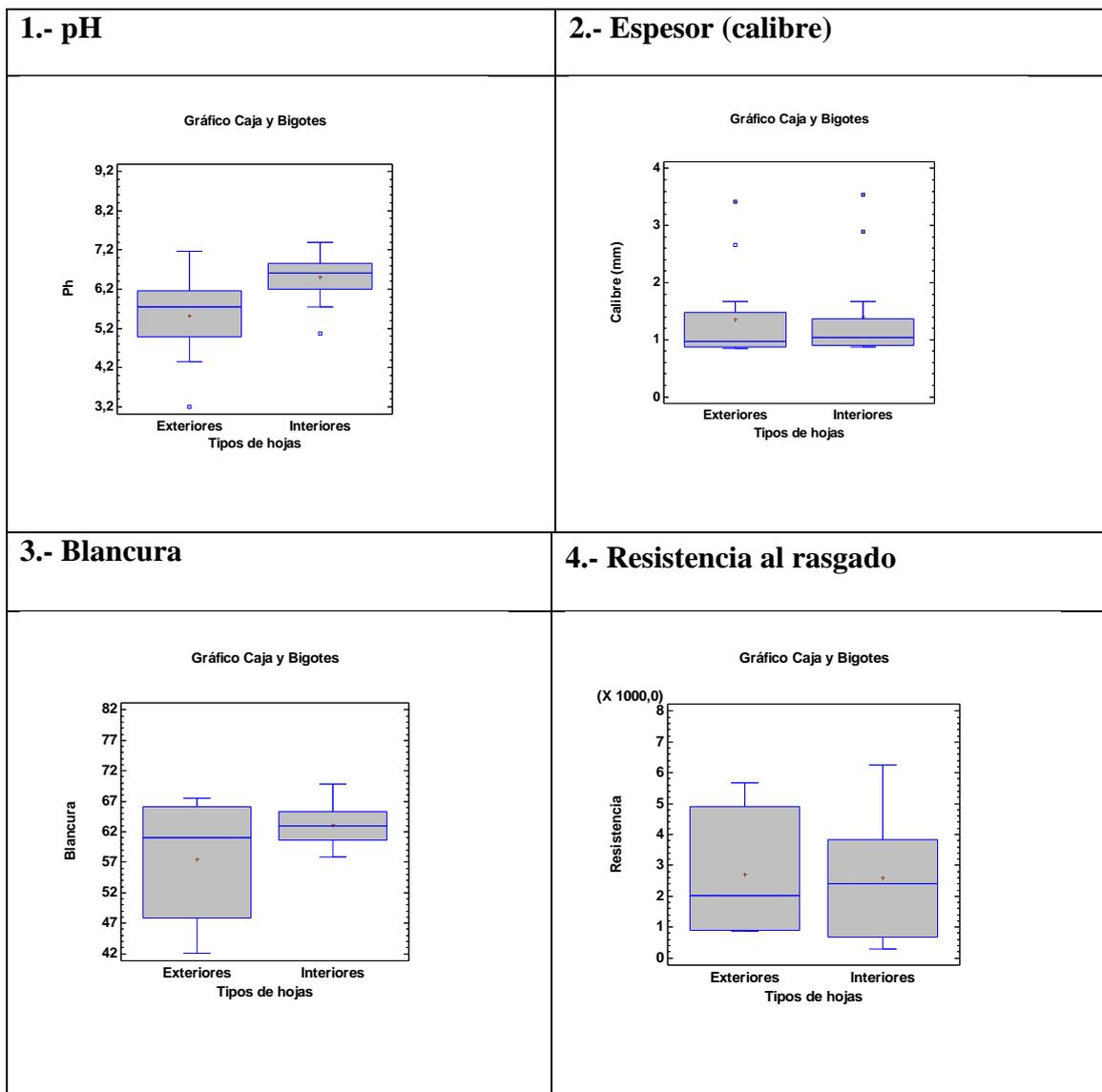
En cuanto al espesor (calibre) de las hojas de papel no se observa diferencia obteniendo el valor más bajo en el blanqueo correspondiente al ciclo de proceso ($b_0 = 1,29$ mm) y un valor mayor en el blanqueo correspondiente al ciclo de reproceso con ($b_1 = 1,47$ mm).

Con respecto a la blancura no se observa diferencia significativa hallando el valor más bajo en el blanqueo correspondiente al ciclo de proceso ($b_0=59,9\%$) y el valor más alto en el blanqueo correspondiente al ciclo de reproceso ($b_1=60,74\%$).

En la resistencia al rasgado no se halla diferencia entre los ciclos de blanqueo, el valor más bajo en el blanqueo correspondiente al ciclo de reproceso con ($b_1=2542,25$ gf) y el valor más alto en el blanqueo correspondiente al ciclo de proceso ($b_0=2760,75$ gf).

4.1.5.3. Resultados con respecto al tipo de hojas de la mazorca (hojas exteriores y hojas interiores) y su comportamiento en el proceso de obtención de celulosa

Gráfico N°3. Muestra los resultados de la prueba de Tukey ($p<0.05$) del papel para los niveles del factor C (Tipos de hojas)



Elaborado por: Mackencie. C. & Rodríguez. J. (2017).

El gráfico N° 3 indica diferencia entre el pH de los tipos de hojas, el valor más bajo se observó en las hojas exteriores ($c_0=5,52$) y el valor más alto en las hojas interiores ($c_1=6.50$).

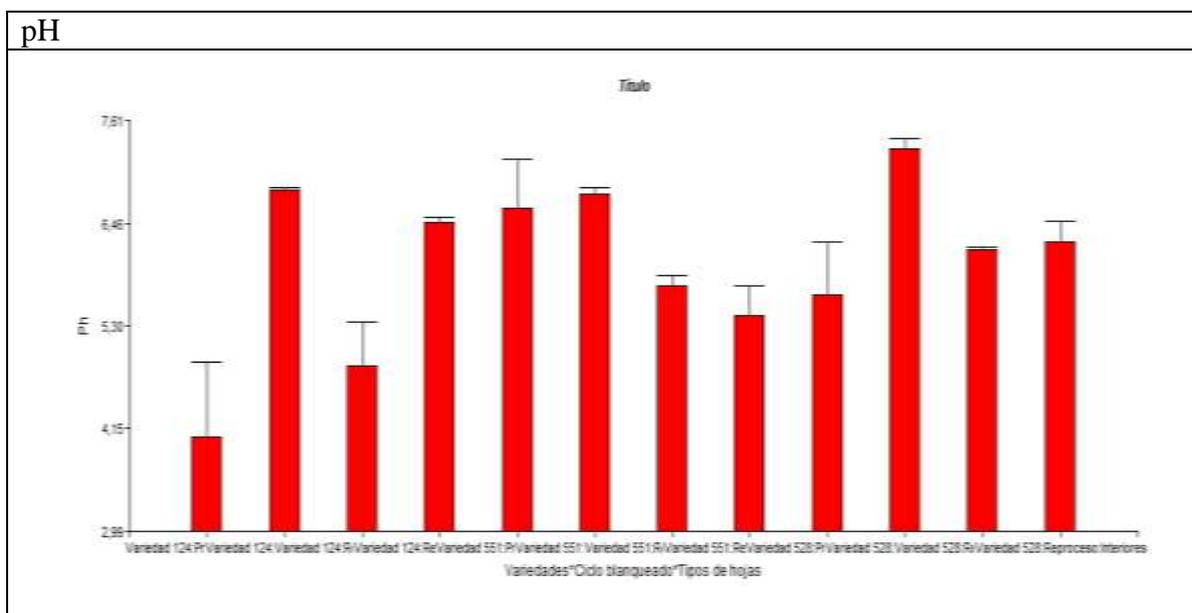
En cuanto al espesor (calibre) de las hojas de papel no se distingue diferencia obteniendo el valor más bajo en las hojas exteriores ($c_0=1,36$ mm) y el valor más alto en las hojas interiores ($c_1=1,40$ mm).

Con respecto a la blancura se observa diferencia significativa hallando el valor más bajo en las hojas exteriores ($c_0=57,53\%$) y el valor más alto en las hojas interiores ($c_1= 63,11\%$).

En la resistencia al rasgado no se observa diferencia entre los tipos de hojas de mazorca de maíz con el valor más bajo en las hojas interiores ($c_1= 2595,04$ gf) y el valor más alto en las hojas exteriores ($c_0= 2707,96$ gf).

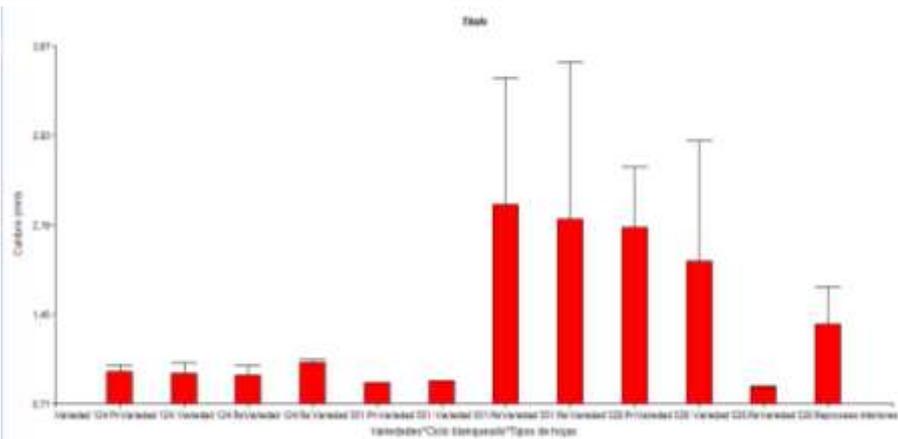
4.1.5.4. Resultados con respecto a la interacción ABC (Variedades de hojas de maíz, ciclo de blanqueo y tipos de hojas exteriores e interiores)

Gráfico N° 4. Muestra los resultados de la prueba de Tukey ($p<0.05$) de la interacción de A*B*C.

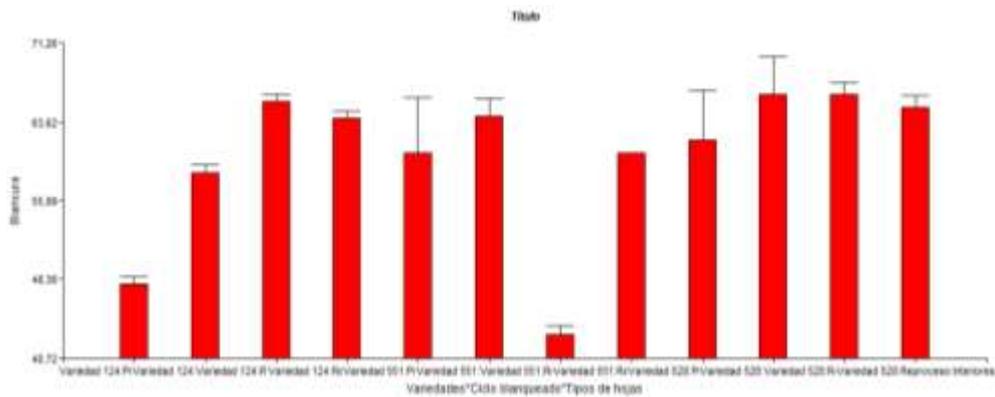


Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

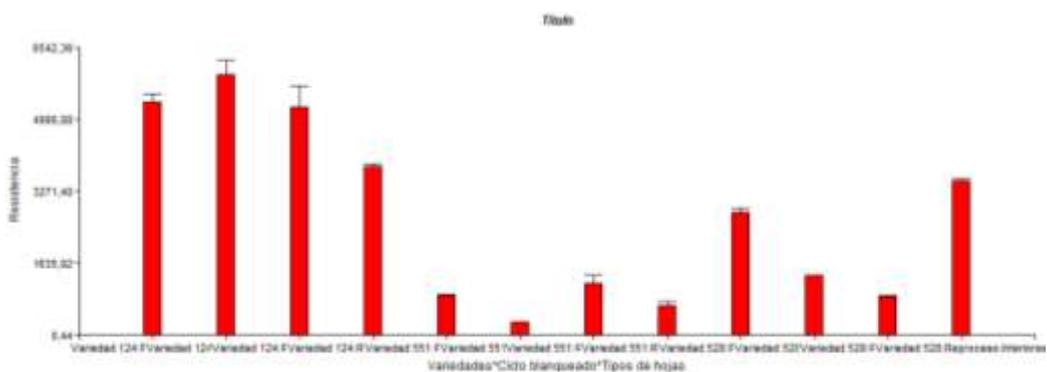
Calibre



Blancura



Resistencia al rasgado



Elaborado por: Mackencie. C.; Rodríguez. J. (2017).

El grafico N°4 el pH del efecto de la interacción de las variedades de hoja de mazorca de maíz, **ciclos de blanqueo** y tipos de hojas se observa diferencia. El valor más bajo en la interacción de la variedad de maíz- 124, blanqueo correspondiente al ciclo de proceso y hojas externas (4,05) y el valor más alto en la variedad de maíz – 528, blanqueo correspondiente al ciclo de proceso y hojas internas (7,29).

En cuanto al calibre de las hojas de papel se observa diferencia, el valor más bajo en la interacción de variedad de maíz – 528, blanqueo correspondiente al **ciclo de reproceso y** hojas externas (0,85 mm) y el valor más alto al interactuar la variedad de maíz - 551, blanqueo correspondiente al ciclo de reproceso y hojas externas (2.36 mm).

En en el análisis de la blancura del papel medida en porcentajes se observa diferencia, encontrando el valor más bajo en la interacción $a_1b_1c_0$ (42,99%), y los valores más altos en las interacciones $a_1b_1c_1$ (63.93%); $a_1b_0c_1$ (64,16%); $a_2b_1c_1$ (65,02%); $a_0b_1c_1$ (65,64%); $a_2b_1c_0$ (66,25%); $a_2b_0c_1$ (66,29%).

En el estudio de la resistencia al rasgado se halla diferencia, obteniendo valores más bajos en las interacciones $a_1b_0c_1$ (298,75 gf); $a_1b_1c_1$ (671,00 gf); $a_2b_1c_0$ (881,00 gf); $a_1b_0c_0$ (906,75 gf); $a_1b_1c_0$ (1185,00 gf); $a_2b_0c_1$ (1352,0 gf) y valores altos al interactuar $a_0b_1c_0$ (5186 gf); $a_0b_0c_0$ (5302,00 gf) y $a_0b_0c_1$ (5918,00 gf).

4.2. Discusión

4.2.1. Con respecto a la evaluación las variedades de hojas de mazorca de maíz

En cuanto a los resultados de análisis de pH se obtuvo el mejor valor en la variedad de hojas de maíz 528 (6,34), este valor está por debajo del rango de pH 7 a 8 el cual determina que será un papel de mejor durabilidad según León, C. y Fuentes, M. 2012. Lo que respecta al calibre de las hojas de papel la variedad 551 proporcionó un mejor resultado (1,59 mm); el cual está sobre el rango mínimo de 0.06 mm según la Norma INEN 2904. La variedad de hojas de maíz 528 generó el mayor porcentaje de blancura (64,84%), que supera el rango de 14-18 % obtenido por Hernández, M. 2008., el cual no realizó el blanqueo de la pulpa en la elaboración de papel por medio de la corona de piña. En la resistencia al rasgado las hojas de maíz pertenecientes a la variedad 124 brindó el mejor resultado (5058,75 gf); cumpliendo con el valor que establece la Norma INEN 2904 de 28,04 gf.

4.2.2. Resultados con respecto al efecto que ocasione el ciclo de proceso y reproceso realizado a la pulpa celulósica en la etapa de blanqueamiento

El efecto ocasionado en la etapa de blanqueamiento de la pulpa correspondiente al ciclo de reproceso generó un porcentaje de blancura 60,74%; el cual está por encima del rango de 14-18 % obtenido por Hernández, M. 2008 en la Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña.

4.2.3. Resultado Con respecto al tipo de hojas de la mazorca (exteriores e interiores)

En cuanto a los resultados de análisis del pH de los tipos de hojas no se observó diferencia, obteniendo valores de 5,52 y 6,50 en hojas externas e internas respectivamente; los cuales están por debajo del rango de 7 a 8 mencionado por León, C. y Fuentes, M. 2012. Con respecto al calibre se hallaron valores de 1,36 mm en hojas externas y 1,40 mm en hojas internas; a pesar que no hubo diferencia significativa acatan con lo señalado por la Norma INEN 2904. Las hojas interiores de la mazorca de maíz brindaron un mejor porcentaje de blancura (63,11%), se lograron mejores resultados según el rango de 14-18% obtenido por Hernández, M. 2008. A pesar de no haber diferencia en la resistencia al rasgado de las hojas internas (2595,04 gf) y Hojas exteriores (2707,96 gf); estos valores se encuentran por encima del valor mínimo establecido según la Norma NTE INEN 2904.

4.2.4. Con respecto a la interacción de A*B*C

Las hojas de maíz de la variedad 528 con el ciclo de proceso y las hojas internas generaron un valor de pH, de 7,29; que está dentro del rango establecido de pH 7 a 8 según León, C. y Fuentes, M. 2012. Con respecto al calibre se obtuvieron valores de 0,85 mm a 2,36 mm, éstos se encuentran sobre del valor establecido según la Norma NTE INEN 2904. En lo referente al porcentaje de blancura de las hojas de papel obtenidas al interactuar las Variedades de hojas de maíz en conjunto a los Ciclos de Blanqueo y los Tipos de Hojas, mediante análisis realizados se obtuvieron valores entre (63,93%) a (66,29%), los cuales superan el intervalo de 14-18% alcanzado por Hernández, M. 2008. Al interactuar las variedades de hojas de maíz, ciclos de blanqueo y tipos de hojas se notó valores de resistencia al rasgado entre 5186 y 5918 gf. Éstas cantidades se encuentran por encima del valor mínimo establecido según la Norma INEN 2904.

4.3. Tratamiento de hipótesis

Referente al análisis de las variedades de hojas de maíz se procede a aceptar la hipótesis alternativa debido a que se halló diferencia significativa en el efecto producido por este factor.

Considerando los ciclos de blanqueo de la pulpa celulosa (proceso y reproceso), estos no influyen en las variables físicas y químicas analizadas; por lo tanto se procede a aceptar la hipótesis nula planteada.

En cuanto a los tipos de hojas (exteriores e interiores); se acepta la hipótesis alternativa para las propiedades de pH blancura de las hojas de papel. En el calibre y resistencia al rasgado se acepta la hipótesis nula debido a que los tipos de hojas no ejercen efecto alguno.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En cuanto a la evaluación las variedades de maíz

Referido al pH, la variedad 528 con un valor de 6,34 presento el mejor resultado contrastándolo con el rango de 7 a 8 el cual determina la mejor durabilidad; a diferencia de las variedades 124 y 551. En conclusión las variedades de hojas de mazorca de maíz no influyeron en el calibre de las hojas de papel elaboradas artesanalmente según la Norma NTE INEN 2904. Con respecto a la blancura si influyo la variedad y fue el maíz 528 quien otorgó un nivel de blancura de 64,84 %. La resistencia de las hojas de maíz presentó un mayor índice de resistencia al rasgado con la variedad de maíz 524 con 5078,75 gf.

Ciclo de proceso y reproceso realizado a la pulpa celulósica en la etapa de blanqueamiento

Se concluye que en la etapa de blanqueo de la pulpa celulósica el ciclo de reproceso realizado en este procedimiento generó el mayor nivel de blancura del papel elaborado artesanalmente con un porcentaje de 60,74 %.

De los tipo de hojas de la mazorca (hojas exteriores y hojas interiores) y su comportamiento en el proceso de obtención de celulosa

Se procede a concluir que las hojas externas e internas producen el mismo efecto en el pH del papel. Tomando en cuenta el calibre del papel obtenido el tipo de hojas estudiadas no generan cambios en esta característica. La blancura de las hojas de papel se vio afectada por los tipos de hojas procesadas, siendo las hojas internas las mejores (63,11%). En cuanto a la resistencia al rasgado del papel elaborado artesanalmente se concluye que las hojas externas proporcionaron mejores resultados.

De la Interacción ABC (Variedades de hoja de mazorca de maíz * Ciclo de blanqueo * Tipos de hojas)

Se concluye que al interactuar las hojas de maíz de la variedad 528, ciclo de proceso y hojas internas, se generó el mejor pH con un valor de 7,29. Referido al calibre la combinación de la variedad de maíz 551, ciclo de reproceso y hojas interiores produjeron el valor más alto en cuanto al calibre correspondiente a 2,36 mm En lo que concierne al porcentaje de blancura, la interacción de las variedades de hojas de maiz en conjunto a los ciclos de blanqueo y los tipos de hojas, se obtuvieron valores altos entre (63.93%) a (66,29%). Al interactuar las variedades de hojas de maíz, ciclos de blanqueo y tipos de hojas se notó valores de resistencia al rasgado considerables entre 5186 y 5918 gf.

5.2. Recomendaciones

En cuanto a la evaluación las variedades de maíz

Relacionado al pH se recomienda la variedad 528 que generó un valor de 6,34 y en investigaciones posteriores es conveniente mejorar este resultado para llegar al rango de 7 a 8 el cual determina la mejor durabilidad; para el calibre es recomendable emplear cualquiera de las variedades de maíz estudiadas; para tener mejores porcentajes de blancura es conveniente la variedad de maíz 528; en cuanto a la resistencia al rasgado proporcionada por la variedad de maíz 524 es recomendable esta variedad mencionada.

Ciclo de proceso y reproceso realizado a la pulpa celulósica en la etapa de blanqueamiento

Se procede a recomendar que para porcentajes de blancura aceptable se debe trabajar con el ciclo de reproceso empleado en la elaboración de papel.

De los tipo de hojas de la mazorca (hojas exteriores y hojas interiores) y su comportamiento en el proceso de obtención de celulosa

Se recomiendan las hojas internas y externas de la mazorca de maíz debido a que no afectan el valor de pH y el calibre; en cambio para mejores niveles de blancura se recomienda las hojas internas; y las hojas externas son recomendables para obtener valores mas altos de resistencia al rasgado.

De la Interacción ABC (Variedades de hoja de mazorca de maíz * Ciclo de blanqueo * Tipos de hojas)

Se recomienda la interacción de las hojas de maíz de la variedad 528, ciclo de proceso y hojas internas para obtener hojas con mayor durabilidad. Tomando en cuenta el calibre se recomienda la combinación de la variedad de maíz 551, ciclo de reproceso y hojas interiores. En lo que concierne al porcentaje de blancura, la interacción de las variedades de hojas de maiz 528 en conjunto a los ciclos de proceso y las hojas internas es recomendable para obtener buenos resultados. Se recomienda la variedad de hojas de maíz 124, ciclos de proceso y hojas internas para obtener mejor resistencia al rasgado.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Teschke, “Industria del papel y de la pasta de papel,” *Encicl. salud y Segur. en el Trab.*, p. 72,2-72,19, 2009.
- [2] E. A. Gómez and L. A. Ríos, “Efecto del Pretratamiento de Biomasa Maderera en el Rendimiento a Etanol Effect of Pretreatment of Woody Biomass on Ethanol Yield,” *vol. 24, no. 5, pp. 113–122, 2013.*
- [3] K. A. Casanova Arrata, “Implementación de una Empresa de Papel Periódico Utilizando el Raquis de Banano como Materia Prima,” Universidad de Guayaquil, 2014.
- [4] C. F. Hurtado, “Plantas útiles para la elaboración de artesanías en el departamento del cauca (colombia) *,” *vol. 15, no. 2, pp. 40–59, 2011.*
- [5] Noé Aguilar-Rivera; Eric Houbroun; Elena Rustrian y Luis Carlos Reyes-Alvarado, “Papel amate de pulpa de café (*Coffea arabica*) (Residuo de beneficio húmedo),” *vol. Vol. 10, pp. 103–117, 2014.*
- [6] A. Guarnizo, P. N. Martínez, and H. a. Sánchez, “Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación . biomass and cellulose pretreatments for saccharification,” *Sci. Tech.*, *vol. 15, no. 42, pp. 284–289, 2009.*
- [7] Greenpeace, “Guías para un consumo responsable de productos forestales como reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje de papel,” *Guias para un Consum. Responsab. Prod. For.*, p. 20, 2004.
- [8] F. M. Enriquez Pozo, “Comportamiento del Hidróxido de Sodio y Potasio en función de la humedad y temperatura ambiental,” Universidad Central del Ecuador, 2013.
- [9] M. Luisa, A. Muñoz, and C. D. Torres, “Química recreativa con agua oxigenada,” *vol. 8, pp. 446–453, 2011.*
- [10] Y. Cuervo-usán, P. Tornos-mauri, J. C. Hernández-domínguez, D. Orihuela-calvo, and M. E. D. E. Moreno-martínez, “Eficacia de peróxidos en la desinfección de suelos aptos para el cultivo de fresa en el mediterráneo,” *vol. 37, no. 4, pp. 393–398, 2014.*
- [11] Chávez-Sifontes Marvin and Domine Marcelo E., Lignin, structure and applications: Depolymerization methods for obtaining aromatic derivatives of industrial interest, *vol. 4, no. 4. 2013.*
- [12] F. Ysambertt *et al.*, “Propiedades tensoactivas de la lignina extraída del ‘licor negro’ modificada por reacciones asistidas por microondas,” *Rev. Cuba. Química*, *vol. 21, no. 3, pp. 65–75, 2009.*
- [13] E. X. Aequo, “La industria de la celulosa y sus efectos : certezas e incertidumbres,” *pp. 291–303, 2008.*
- [14] J. L. Pérez and V. S. Meza, “Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales,” *Ind. Data*, *vol. 16, no. 1, pp. 108–117,*

2013.

- [15] L. E. Cer, E. Cluster, and A. Interna, “biotecnología en la industria de la pulpa , y el papel : mapeo de patentes,” pp. 139–154, 2009.
- [16] K.-D. González-Velandia, D. Daza-Rey, P.-A. Caballero-Amado, and C. Martínez-González, “Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel,” *Luna Azul*, vol. 43, no. 43, pp. 499–517, 2016.
- [17] J. F. Araujo, “Requerimientos establecidos por las normas iso para papeles permanentes,” vol. 24, no. 24, pp. 87–96, 2011.
- [18] R. Acosta, “El cultivo del maíz, su origen y clasificación.el maiz en Cuba,” vol. 30, n, pp. 113–120, 2009.
- [19] M. Sartori, A. Nesci, Á. Formento, and M. Etcheverry, “Selection of potential biological control of *Exserohilum turcicum* with epiphytic microorganisms from maize,” *Rev. Argent. Microbiol.*, vol. 47, no. 1, pp. 62–71, 2015.
- [20] L. A. Vargas, “El maíz, viajero sin equipaje11Trabajo modificado a partir de su presentación en el simposio ‘Somos de maíz: principio y destino’, con motivo del vigésimo quinto aniversario de la revista Cuadernos de Nutrición, en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición ‘Salvador Zubirán’, 24 de julio de 2007.,” *An. Antropol.*, vol. 48, no. 1, pp. 123–137, 2013.
- [21] M. Caviedes C. *et al.*, “Nueva variedad de maíz amarillo harinoso INIAP-124-Mishca mejorado.,” Quito, Ecuador, 2002.
- [22] S. Crespo, M. V. Burbano Sánchez, and S. A. Vasco Medina, “INIAP H-551: Híbrido de maíz para la zona central del Litoral.,” Quevedo, Ecuador, 1990.
- [23] S. Reyes Triviño and F. Alarcón Cobeña, “INIAP-528, Variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína para consumo en choclo.,” Portoviejo, Ecuador:, 1988.
- [24] M. Prado-Martínez, J. Anzaldo-Hernández, B. Becerra-Aguilar, H. Palacios-Juárez, J. de J. Vargas-Radillo, and M. Rentería-Urquiza, “Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta,” *Madera Bosques*, vol. 18, no. 3, pp. 37–51, 2012.
- [25] M. Hernandez, “Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comosus* (L .) Merr,” Universidad Autónoma Chapingo, 2008.
- [26] C. LEÓN; M. FUENTES, “Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno,” Universidad de Cartagena, 2012.
- [27] C. Ecuatoriana, “Papel y cartón. Papel para cuadernos. Requisitos, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2904,” 2015.

CAPITULO VII
ANEXOS

ANEXO N° 1. Resultados obtenidos en los tratamientos con respecto a los análisis de laboratorio

Tabla N° 15: Resultados de análisis de laboratorio

| N° | Tratamiento | Variedad de maíz | Procesos | Tipos de hojas | Repeticiones | pH | Calibre (mm) | Blancura % | Resistencia |
|----|--|------------------|-----------|----------------|--------------|------|--------------|------------|-------------|
| 1 | a ₀ b ₀ c ₀ | Variedad 124 | Proceso | Exteriores | 1 | 3,2 | 1,021 | 47,23 | 5478 |
| 2 | a ₀ b ₀ c ₁ | Variedad 124 | Proceso | Interiores | 1 | 6,85 | 0,87 | 57,89 | 5591 |
| 3 | a ₀ b ₁ c ₀ | Variedad 124 | Reproceso | Exteriores | 1 | 4,35 | 1,021 | 64,99 | 5674 |
| 4 | a ₀ b ₁ c ₁ | Variedad 124 | Reproceso | Interiores | 1 | 6,52 | 1,072 | 63,18 | 3902 |
| 5 | a ₁ b ₀ c ₀ | Variedad 551 | Proceso | Exteriores | 1 | 7,17 | 0,878 | 55,25 | 917,4 |
| 6 | a ₁ b ₀ c ₁ | Variedad 551 | Proceso | Interiores | 1 | 6,72 | 0,897 | 65,86 | 297,8 |
| 7 | a ₁ b ₁ c ₀ | Variedad 551 | Reproceso | Exteriores | 1 | 5,87 | 3,411 | 43,87 | 1010 |
| 8 | a ₁ b ₁ c ₁ | Variedad 551 | Reproceso | Interiores | 1 | 5,07 | 3,539 | 60,64 | 578 |
| 9 | a ₂ b ₀ c ₀ | Variedad 528 | Proceso | Exteriores | 1 | 3,5 | 2,664 | 66,64 | 2882 |
| 10 | a ₂ b ₀ c ₁ | Variedad 528 | Proceso | Interiores | 1 | 6,4 | 0,887 | 69,87 | 1345 |
| 11 | a ₂ b ₁ c ₀ | Variedad 528 | Reproceso | Exteriores | 1 | 7,05 | 0,841 | 67,45 | 890 |
| 12 | a ₂ b ₁ c ₁ | Variedad 528 | Reproceso | Interiores | 1 | 7,1 | 1,055 | 63,89 | 3538 |
| 13 | a ₀ b ₀ c ₀ | Variedad 124 | Proceso | Exteriores | 2 | 4,9 | 0,925 | 67,63 | 4478 |
| 14 | a ₀ b ₀ c ₁ | Variedad 124 | Proceso | Interiores | 2 | 6,8 | 1,045 | 63,59 | 2591 |
| 15 | a ₀ b ₁ c ₀ | Variedad 124 | Reproceso | Exteriores | 2 | 5,35 | 0,865 | 66,29 | 3394 |
| 16 | a ₀ b ₁ c ₁ | Variedad 124 | Reproceso | Interiores | 2 | 6,4 | 1,022 | 64,68 | 802,7 |
| 17 | a ₁ b ₀ c ₀ | Variedad 551 | Proceso | Exteriores | 2 | 7,08 | 0,878 | 65,95 | 1587,4 |
| 18 | a ₁ b ₀ c ₁ | Variedad 551 | Proceso | Interiores | 2 | 6,85 | 0,897 | 62,46 | 297,8 |
| 19 | a ₁ b ₁ c ₀ | Variedad 551 | Reproceso | Exteriores | 2 | 5,64 | 1,301 | 61,07 | 1360 |
| 20 | a ₁ b ₁ c ₁ | Variedad 551 | Reproceso | Interiores | 2 | 5,75 | 0,939 | 60,64 | 968 |
| 21 | a ₂ b ₀ c ₀ | Variedad 528 | Proceso | Exteriores | 2 | 5,07 | 1,664 | 56,99 | 2692 |
| 22 | a ₂ b ₀ c ₁ | Variedad 528 | Proceso | Interiores | 2 | 3,79 | 2,887 | 62,71 | 1345 |
| 23 | a ₂ b ₁ c ₀ | Variedad 528 | Reproceso | Exteriores | 2 | 7,15 | 0,849 | 65,05 | 890 |
| 24 | a ₂ b ₁ c ₁ | Variedad 528 | Reproceso | Interiores | 2 | 7,04 | 1,675 | 68,54 | 2874 |

Elaborado por: Mackencie. C. & Rodríguez. J. (2017).

ANEXO N° 2. Factura de compra del peróxido.

|  LABSUPPLY CIA. LTDA. Su mejor aliado Reactivos • Equipos para Laboratorio Materiales Primas • Medios de Cultivo | | Urdesa Central, Av. Las Morjas 126, Intersección Av. V. Grillo Salceda - Acacias, Piso 1, Oficina 3A, (Diagonal al Plantaroma El Manantial) Teléfono: 046010888 Guayaquil - Ecuador www.labsupply.com.ec | | R.U.C. 0992792906001 FACTURA 001-001-00 0006228 N° AUT. S.R.L. 1130106022 Fecha Aut. 17/ENERO/2017 | | |
|--|------|---|---|--|------------------|--------------|
| SEÑORES JOHNNY RODRIGUEZ ESCOBAR DIR: AV 11 DE JULIO S/N Y AV WALTER ANDRADE TLF: 0995163453 CEL: 1206292259 | | | VENDEDOR: 300 FECHA DE EMISIÓN: 04/04/2017 FECHA DE VENCIMIENTO: 04/04/2017 CONDICIÓN DE PAGO: 30 DIAS | | | |
| ARTÍCULO | LOTE | CANT. | DESCRIPCIÓN | V. UNITARIO | V. TOTAL | |
| H3254 | | 1 | PEROXIDO DE HIDROGENO AL 30% ACS. 4 LTS | 75.610 | 75.610 | |
| EL | | 1 | GASTOS DE ENVIO | 4.000 | 4.000 | |
|  LABSUPPLY CIA. LTDA. Su mejor aliado www.labsupply.com.ec | | | | | | |
| SEGUN LR TITULO ART.50.- SE RECIBIRAN RETENCIONES HASTA 5 DIAS POSTERIORES A LA FECHA DE EMISION DE LA FACTURA, EN CASO DE NO EFECTUARSE, SOLICITAMOS CANCELAR EL VALOR TOTAL DE LA FACTURA. | | | | | | |
| NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES. FAVOR REALIZAR RECLAMOS DENTRO DE LOS 8 DIAS DE RECIBIR LA MERCADERIA, DEBO Y PAGARE AL EMISOR SIN PROTESTA EL TOTAL DE ESTA FACTURA, EN CASO DE NO PAGARE LA TASA MAXIMA AUTORIZADA PARA EL EMISOR. | | | | FORMA DE PAGO | | |
| RECIBI CONFIRME - Nombre Pagar  RECIBI CONFIRMA | | | | EFECTIVO | SUBTOTAL \$ | 79.61 |
| | | | | TRANSFERENCIA | DESCUENTO \$ | 0.00 |
| | | | | CHEQUE | SUBTOTAL NETO \$ | 79.61 |
| | | | | IMPAGO ELECTRONICO | 16 % IVA. | 10.59 |
| | | | | OTROS | TOTAL \$ | 90.20 |
| CODIGRAF S.A. • R.U.C. 099238557001 • AUT. # 4111 • 5 BLOQUE 3000 • # 3852 • 8251 • Cañaver 17/ENERO/2016 ORIGINAL GUAYAS • Para COPIA EMISOR • Para COPIA SIN VALOR DESTINADO | | | | | | |

ANEXO N° 3. Ficha de técnica especificaciones del peróxido.



1 Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
201.798.7100 tel
201.798.1329 fax

Certificate of Analysis

Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2008 Standard by SAI Global Certificate Number CERT - 0099418

This is to certify that units of the lot number below were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Cert test data have been supplied by third parties. Fisher Scientific expressly disclaims all warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Certain products (DOP/DEHP/EP/BBP/OP) are used for use in food, drug, or medical device manufacturing. Fisher does not claim regulatory coverage under 21 CFR for medical DMP's with the FDA. The following are the actual analytical results obtained.

| | | | |
|-------------------|---|-----------------------------|-----------|
| Catalog Number | H325 | Quality Test / Release Date | 6/22/2016 |
| Lot Number | 164167 | | |
| Description | HYDROGEN PEROXIDE, A.C.S. | | |
| Country of Origin | United States | * Suggested Retest Date | Jun-2018 |
| Chemical Origin | Synthetic | | |
| BSE/TSE Comment | No animal products are used as starting raw material ingredients, or used in processing, including lubricants, processing aids, or any other material that might migrate to the finished product. | | |
| Chemical Comment | This material is produced by a synthetic process. No animal, human, or plant materials are used in this synthesis. | | |

| Result name | Units | Specifications | Test Value |
|----------------------|-----------|-------------------------------|------------------------|
| APPEARANCE | | REPORT | CLEAR COLORLESS LIQUID |
| AMMONIUM (NH4) | ppm | ≤ 5 | 3 |
| ASSAY | % | Inclusive Between 30.0 - 32.0 | 31.7 |
| CHLORIDE | ppm | ≤ 3 | <1 |
| COLOR | APHA | ≤ 10 | <5 |
| COPPER (Cu) | ppm | ≤ 0.1 | <0.01 |
| EVAPORATION RESIDUE | % | ≤ 0.002 | 0.0005 |
| HEAVY METALS (as Pb) | ppm | ≤ 1 | <1 |
| IDENTIFICATION | PASS/FAIL | ≠ PASS TEST | PASS TEST |
| IRON (Fe) | ppm | ≤ 0.5 | <0.1 |
| NICKEL (Ni) | ppm | ≤ 0.1 | <0.01 |
| NITRATE (NO3) | ppm | ≤ 2 | <1 |
| PHOSPHATE (PO4) | ppm | ≤ 2 | 1 |
| SULFATE (SO4) | ppm | ≤ 5 | <1 |
| TITRATABLE ACID | mEq/g | ≤ 0.0006 | 0.00040 |



Jane Alton
Quality Control Manager BPF

Note: The data listed is valid for all package sizes of the lot of this product, expressed as a percentage of this catalog number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Chemical Services at (800) 227-6701.
*Based on suggested storage conditions.

ANEXO N°4. Fotos del proceso de elaboración de hojas de papel.

Recepción de la materia prima



Secado



Pesado y molienda



Cocción



Lavado



Medición de pH de la pulpa para papel



Blanqueado



Formación de hoja de papel



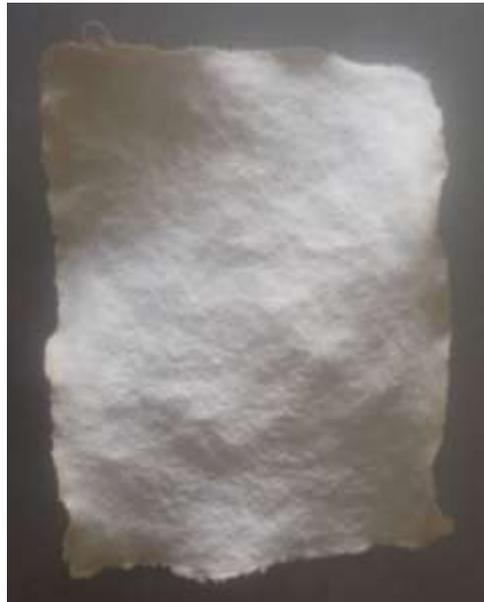
Prensado



Secado



Hoja de papel



ANEXO N° 5. Cuadros de medias de los análisis: pH, calibre, blancura y resistencia del papel.

Prueba de rangos múltiples del pH

FACTOR A.

Error: 0,3299 gl: 11

| Variedades | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|-----|
| Variedad 124 | 5,55 | 8 | 0,20 | A |
| Variedad 551 | 6,14 | 8 | 0,20 | A B |
| Variedad 528 | 6,34 | 8 | 0,20 | B |

FACTOR B.

Error: 0,3299 gl: 11

| Ciclo blanqueado | Medias | n | E.E. | |
|------------------|--------|----|------|---|
| Reproceso | 5,81 | 12 | 0,17 | A |
| Proceso | 6,21 | 12 | 0,17 | A |

FACTOR C.

Error: 0,3299 gl: 11

| Tipos de hojas | Medias | n | E.E. | |
|----------------|--------|----|------|---|
| Exteriores | 5,52 | 12 | 0,17 | A |
| Interiores | 6,50 | 12 | 0,17 | B |

Prueba de rangos múltiples del calibre

FACTOR A

Error: 0,7184 gl: 11

| Variedades | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| Variedad 124 | 0,98 | 8 | 0,30 | A |
| Variedad 528 | 1,57 | 8 | 0,30 | A |
| Variedad 551 | 1,59 | 8 | 0,30 | A |

FACTOR B

Error: 0,7184 gl: 11

| Ciclo blanqueado | Medias | n | E.E. | |
|------------------|--------|----|------|---|
| Proceso | 1,29 | 12 | 0,24 | A |
| Reproceso | 1,47 | 12 | 0,24 | A |

FACTOR C

Error: 0,7184 gl: 11

| Tipos de hojas | | | | Medias | n | E.E. |
|----------------|------|----|------|--------|---|------|
| Exteriores | 1,36 | 12 | 0,24 | A | | |
| Interiores | 1,40 | 12 | 0,24 | A | | |

Prueba de rangos múltiples del blancura

FACTOR A

Error: 13,1638 gl: 11

| Variedades | | | | Medias | n | E.E. |
|--------------|-------|---|------|--------|---|------|
| Variedad 551 | 57,10 | 8 | 1,28 | A | | |
| Variedad 124 | 59,03 | 8 | 1,28 | A | | |
| Variedad 528 | 64,84 | 8 | 1,28 | B | | |

FACTOR B

Error: 13,1638 gl: 11

| Ciclo blanqueado | | | | Medias | n | E.E. |
|------------------|-------|----|------|--------|---|------|
| Proceso | 59,90 | 12 | 1,05 | A | | |
| Reproceso | 60,74 | 12 | 1,05 | A | | |

FACTOR C

Error: 13,1638 gl: 11

| Tipos de hojas | | | | Medias | n | E.E. |
|----------------|-------|----|------|--------|---|------|
| Exteriores | 57,53 | 12 | 1,05 | A | | |
| Interiores | 63,11 | 12 | 1,05 | B | | |

Prueba de rangos múltiples de la resistencia

FACTOR A

Error: 77177,3312 gl: 11

| Variedades | | | | Medias | n | E.E. |
|--------------|---------|---|-------|--------|---|------|
| Variedad 551 | 765,38 | 8 | 98,22 | A | | |
| Variedad 528 | 2130,38 | 8 | 98,22 | B | | |
| Variedad 124 | 5058,75 | 8 | 98,22 | C | | |

FACTOR B

Error: 77177,3312 gl: 11

| Ciclo blanqueado | | | | Medias | n | E.E. |
|------------------|---------|----|-------|--------|---|------|
| Reproceso | 2542,25 | 12 | 80,20 | A | | |
| Proceso | 2760,75 | 12 | 80,20 | A | | |

FACTOR C

Error: 77177,3312 gl: 11

| Tipos de hojas | | Medias | n | E.E. |
|----------------|---------|--------|-------|------|
| Interiores | 2595,04 | 12 | 80,20 | A |
| Exteriores | 2707,96 | 12 | 80,20 | A |

Prueba de rangos múltiples del pH en la interacción A*B*C.

Error: 0,3299 gl: 11

| Variedades | Ciclo blanqueado | Tipos de hojas | Medias | n | E.E. |
|--------------|------------------|----------------|--------|---|------------|
| Variedad 124 | Proceso | Exteriores | 4,05 | 2 | 0,41 A |
| Variedad 124 | Reproceso | Exteriores | 4,85 | 2 | 0,41 A B |
| Variedad 551 | Reproceso | Interiores | 5,41 | 2 | 0,41 A B C |
| Variedad 528 | Proceso | Exteriores | 5,66 | 2 | 0,41 A B C |
| Variedad 551 | Reproceso | Exteriores | 5,76 | 2 | 0,41 A B C |
| Variedad 528 | Reproceso | Exteriores | 6,16 | 2 | 0,41 A B C |
| Variedad 528 | Reproceso | Interiores | 6,25 | 2 | 0,41 A B C |
| Variedad 124 | Reproceso | Interiores | 6,46 | 2 | 0,41 B C |
| Variedad 551 | Proceso | Exteriores | 6,63 | 2 | 0,41 B C |
| Variedad 551 | Proceso | Interiores | 6,79 | 2 | 0,41 B C |
| Variedad 124 | Proceso | Interiores | 6,83 | 2 | 0,41 B C |
| Variedad 528 | Proceso | Interiores | 7,29 | 2 | 0,41 C |

Prueba de rangos múltiples del calibre en la interacción A*B*C.

Error: 0,7184 gl: 11

| Variedades | Ciclo blanqueado | Tipos de hojas | Medias | n | E.E. |
|--------------|------------------|----------------|--------|---|--------|
| Variedad 528 | Reproceso | Exteriores | 0,85 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 551 | Proceso | Exteriores | 0,88 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 551 | Proceso | Interiores | 0,90 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 124 | Reproceso | Exteriores | 0,94 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 124 | Proceso | Interiores | 0,96 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 124 | Proceso | Exteriores | 0,97 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 124 | Reproceso | Interiores | 1,05 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 528 | Reproceso | Interiores | 1,37 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 528 | Proceso | Interiores | 1,89 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 528 | Proceso | Exteriores | 2,16 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 551 | Reproceso | Interiores | 2,24 | 2 | 0,60 A |
| Variedad 551 | Reproceso | Exteriores | 2,36 | 2 | 0,60 A |

Prueba de rangos múltiples del blancura en la interacción A*B*C.

Error: 13,1698 gl: 11

| Variedades | Ciclo blanqueado | Tipos de hojas | Medias | n | E.E. |
|--------------|------------------|----------------|--------|---|----------|
| Variedad 551 | Reproceso | Exteriores | 42,99 | 2 | 2,57 A |
| Variedad 124 | Proceso | Exteriores | 47,90 | 2 | 2,57 A B |
| Variedad 124 | Proceso | Interiores | 58,65 | 2 | 2,57 B C |
| Variedad 551 | Proceso | Exteriores | 60,60 | 2 | 2,57 B C |
| Variedad 551 | Reproceso | Interiores | 60,44 | 2 | 2,57 B C |
| Variedad 528 | Proceso | Exteriores | 61,82 | 2 | 2,57 B C |
| Variedad 124 | Reproceso | Interiores | 63,33 | 2 | 2,57 C |
| Variedad 551 | Proceso | Interiores | 64,16 | 2 | 2,57 C |
| Variedad 528 | Reproceso | Interiores | 65,02 | 2 | 2,57 C |
| Variedad 124 | Reproceso | Exteriores | 65,84 | 2 | 2,57 C |
| Variedad 528 | Reproceso | Exteriores | 66,25 | 2 | 2,57 C |
| Variedad 528 | Proceso | Interiores | 66,29 | 2 | 2,57 C |

Prueba de rangos múltiples del resistencia en la interacción A*B*C.

Error: 77177,3312 gl: 11

| Varietades | Ciclo blanqueado | Tipos de hojas | Medias | n | E.E. | |
|--------------|------------------|----------------|---------|---|--------|---|
| Varietad 551 | Proceso | Interiores | 289,75 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 551 | Reproceso | Interiores | 671,00 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 528 | Reproceso | Exteriores | 881,00 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 551 | Proceso | Exteriores | 906,75 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 551 | Reproceso | Exteriores | 1185,00 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 528 | Proceso | Interiores | 1352,00 | 2 | 196,44 | A |
| Varietad 528 | Proceso | Exteriores | 2787,00 | 2 | 196,44 | B |
| Varietad 528 | Reproceso | Interiores | 3501,50 | 2 | 196,44 | B |
| Varietad 124 | Reproceso | Interiores | 3829,00 | 2 | 196,44 | B |
| Varietad 124 | Reproceso | Exteriores | 5186,00 | 2 | 196,44 | C |
| Varietad 124 | Proceso | Exteriores | 5302,00 | 2 | 196,44 | C |
| Varietad 124 | Proceso | Interiores | 5919,00 | 2 | 196,44 | C |