



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL, A BASE DE TOTORA
(*SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS*), UTILIZANDO UNA
SOLUCIÓN BÁSICA.**

TESIS

PRESENTADA POR:

MARIA ISABEL QUILCA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL, A BASE DE
E TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFOR
NICUS), UTILIZANDO UNA SOLUCIÓN B**

AUTOR

MARIA ISABEL QUILCA QUISPE

RECUENTO DE PALABRAS

23523 Words

RECUENTO DE CARACTERES

123176 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

144 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.3MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 28, 2023 12:10 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 28, 2023 12:12 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 18% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Cross
- 8% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


SALOMÓN TITO LEÓN
INGENIERO QUÍMICO
Registro del Colegio de Ingenieros N° 22028



Resumen



DEDICATORIA

A Dios por sus bendiciones, por tener vida y salud.

A mi hija Carlén, no solo por ser un impulso, eres más que eso. Gracias por llenar mis días de felicidad y orgullo.

Con profunda admiración y respeto, a mi madre Ana. Por tantos años de amor, comprensión, apoyo, cariño, consejos

A mi esposo Harold, gracias por tu apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida

Con profunda admiración y respeto, a mi madre Ana. Por tantos años de amor, comprensión, apoyo, cariño, consejos.

Maria Isabel Quilca Quispe



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por ser la institución donde me forme profesionalmente.

A la Facultad de Ingeniería Química, a los docentes por haberme enseñado e inculcado todos sus conocimientos valiosos para el aprendizaje.

A mi Director de tesis, M.Sc. Salomón Tito León, por su asesoramiento, interés, actitud y motivación; en el desarrollo y ejecución de esta investigación.

A la Directora de investigación, Dra. Lidia Ensueño Romero Iruri por su orientación y apoyo en el desarrollo y presentación de esta investigación.

Al Decano de la Facultad de Ingeniería Química, Ph. D. Walther Benigno Aparicio Aragón, por su apoyo incondicional en el desarrollo y presentación de esta investigación.

A la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno EMSA PUNO, por su acogida en los ambientes del laboratorio de la Planta de Tratamiento de agua potable ubicado en Aziruni, donde realice mi trabajo experimental.

Al Señor Ignacio Pastor Salas, encargado del laboratorio de la Planta de Tratamiento de agua potable ubicado en Aziruni, por brindarme las facilidades para el manejo de materiales y uso de equipos del laboratorio.

Maria Isabel Quilca Quispe



ÌNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÌNDICE GENERAL	
ÌNDICE DE TABLAS	
ÌNDICE DE FIGURAS	
ÌNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1.1. Objetivo general.....	18
1.1.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	19
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Totora.....	25
2.2.1.1. Origen.....	25
2.2.1.2. Morfología de la totora	27
2.2.1.3. Clasificación Taxonómica.....	32
2.2.1.4. Composición química de la totora	33



2.2.1.5. Características fenológicas.....	34
2.2.1.6. Aspectos botánicos.....	43
2.2.1.7. Distribución geográfica de la totora.....	43
2.2.1.8. Importancia socioeconómica de la totora.....	44
2.2.1.9. Usos.....	45
2.2.2. Fibra.....	46
2.2.2.1. Fibra textil.....	47
2.2.2.2. Clasificación.....	48
2.2.2.3. Propiedades de las fibras textiles.....	49
2.2.3. Glosario.....	58

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA.....	61
3.2. UBICACIÓN.....	63
3.3. MATERIALES.....	63
3.4. REACTIVOS.....	65
3.5. EQUIPOS.....	65
3.6. PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE SOLUCIONES.....	67
3.6.1. Cálculos para preparar una solución de NaOH al 2% en un volumen de 1000 ml.....	67
3.6.2. Cálculos para preparar una solución de NaOH al 5% en un volumen de 1000 ml.....	68
3.7. PARTE EXPERIMENTAL.....	68
3.7.1. Medir y cortar las muestras.....	68
3.7.2. Tratamiento de muestras en cocinilla con una solución de NaOH al 2%. 69	



3.7.3. Retiro de muestras de la cocinilla con la solución de NaOH al 2%.....	70
3.7.4. Tratamiento de muestras en cocinilla con una solución de NaOH al 5%.	71
3.7.5. Retiro de muestras de la cocinilla con una solución de NaOH al 5%.....	72
3.7.6. Tratamiento de muestras en estufa con una solución de NaOH al 2%	73
3.7.7. Retiro de muestras de la estufa	74

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN COCINILLA CON UNA SOLUCIÓN DE NAOH AL 2%.	80
4.1.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 2%.	95
4.1.2. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.....	96
4.1.3. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 2%.	98
4.2. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN COCINILLA CON UNA SOLUCIÓN DE NAOH AL 5%.	99
4.2.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 5%.	110
4.2.2. Análisis del porcentaje de elongación en húmedo de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 5%	112
4.2.3. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 5%.....	114
4.2.4. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla NaOH 5%.	115



4.3. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN ESTUFA CON UNA SOLUCIÓN DE NaOH AL 2%.....	116
4.3.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%)	127
4.3.2. Análisis del porcentaje de elongación en húmedo de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%.....	129
4.3.3. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%.....	130
4.3.4. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%.....	132
V. CONCLUSIONES.....	134
VI. RECOMENDACIONES	135
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
ANEXOS.....	140

ÁREA: Ingeniería De Procesos

TEMA: Obtención de fibra textil

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29/12/2023



INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Aspectos botánicos de la totora.....	43
Tabla 2 Valores de tenacidad en seco y húmedo de algunas fibras	50
Tabla 3 Valores de Resiliencia de algunas fibras.....	51
Tabla 4 Porcentaje de elongación de algunas fibras	52
Tabla 5 Porcentaje de recuperación elástica de algunas fibras	53
Tabla 6 Porcentaje de Regain de algunas fibras.....	54
Tabla 7 Resistencia a la luz solar de algunas fibras	55
Tabla 8 Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.....	70
Tabla 9 Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.....	72
Tabla 10 Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.....	75
Tabla 11 Resumen de resultados de las muestras tratadas en cocinilla con una solución de NaOH al 2% y una temperatura de 90°C.	91
Tabla 12 Resumen estadístico de las pruebas realizadas en cocinilla con una solución de NaOH al 2%	93
Tabla 13 Tabla de frecuencias.....	94
Tabla 14 Resumen de resultados de las muestras tratadas en cocinilla con una solución de NaOH al 5% y una temperatura de 90°C.	109
Tabla 15 Resumen de resultados de las muestras tratadas en estufa con una solución de NaOH al 2% y una temperatura de 85°C.....	126



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Totora (<i>Schoenoplectus Californicus</i>) del Lago Titicaca (Sernanp, 2015).27
Figura 2	Rizoma de la totora (Humpiri, 2015) 29
Figura 3	Tallo de la totora (Humpiri, 2015) 31
Figura 4	Clasificación de las fibras textiles naturales (Carrera. 2017) 49
Figura 5	Recolección de la materia prima. 61
Figura 6	Lavado de la totora para eliminación de impurezas. 62
Figura 7	Restos de impurezas producto del lavado de la totora. 63
Figura 8	Materiales de laboratorio. 64
Figura 9	Balanza analítica (Scientech, modelo SL 600). 65
Figura 10	Cocinilla (Thermolyne, modelo HP46820). 66
Figura 11	Estufa (Hach gravity oven, modelo 35 GM). 66
Figura 12	Preparación de las muestras de totora 69
Figura 13	Muestras colocadas en el vaso de precipitados con una solución de NaOH al 2%..... 69
Figura 14	Muestras de totora obtenidas como resultado del tratamiento en cocinilla con NaOH al 2% 71
Figura 15	Muestras colocadas en el vaso de precipitados con NaOH al 5% 71
Figura 16	Muestras de totora obtenidas como resultado del tratamiento en cocinilla con NaOH al 5% 73
Figura 17	Preparación de muestras de totora con una solución de NaOH al 2%. 74
Figura 18	Muestras de totora colocadas en la estufa 74
Figura 19	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 30 min. 75
Figura 20	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 60 min. 76
Figura 21	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 90 min. 76
Figura 22	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 120 min. 77



Figura 23	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 150 min.	77
Figura 24	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 180 min.	78
Figura 25	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 210 min.	78
Figura 26	Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 240 min.	79
Figura 27	Imagen general de las muestras de totora tratadas en la estufa con una solución de NaOH al 2%.	79
Figura 28	Características y resultados de la Muestra 1.....	81
Figura 29	Características y resultados de la Muestra 2.....	82
Figura 30	Características y resultados de la Muestra 3.....	83
Figura 31	Características y resultados de la Muestra 4.....	85
Figura 32	Características y resultados de la Muestra 5.....	86
Figura 33	Características y resultados de la Muestra 6.....	87
Figura 34	Características y resultados de la Muestra 7.....	89
Figura 35	Características y resultados de la Muestra 8.....	90
Figura 36	Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.	95
Figura 37	Porcentaje de recuperación elástica de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.	97
Figura 38	Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 2%.....	98
Figura 39	Características y resultados de la Muestra 1.....	100
Figura 40	Características y resultados de la Muestra 2.....	101
Figura 41	Características y resultados de la Muestra 3.....	102
Figura 42	Características y resultados de la Muestra 4.....	104
Figura 43	Características y resultados de la Muestra 5.....	105
Figura 44	Características y resultados de la Muestra 6.....	106
Figura 45	Características y resultados de la Muestra 7.....	107
Figura 46	Características y resultados de la Muestra 8.....	108
Figura 47	Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH al 5%	111



Figura 48	Porcentaje de elongación en húmedo de las muestras tratadas con NaOH al 5%	113
Figura 49	Porcentaje de recuperación elástica muestra tratada en cocinilla con NaOH 5%	114
Figura 50	Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 5%.....	115
Figura 51	Características y resultados de la Muestra 1.....	117
Figura 52	Características y resultados de la Muestra 2.....	118
Figura 53	Características y resultados de la Muestra 3.....	119
Figura 54	Características y resultados de la Muestra 4.....	120
Figura 55	Características y resultados de la Muestra 5.....	121
Figura 56	Características y resultados de la Muestra 6.....	122
Figura 57	Características y resultados de la Muestra 7.....	123
Figura 58	Características y resultados de la Muestra 8.....	125
Figura 59	Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en estufa con NaOH al 2%.	128
Figura 60	Porcentaje de elongación en húmedo de las muestras tratadas en estufa con NaOH al 2%	129
Figura 61	Porcentaje de recuperación elástica muestra tratada en estufa con NaOH 2%.	131
Figura 62	Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 2%.....	132



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Solicitud para uso de laboratorio	140
ANEXO 2 Constancia de ensayos de laboratorio.....	142



ACRÓNIMOS

ADESU:	Asociación para el desarrollo sustentable.
CH ₄ :	Metano.
CO ₂ :	Dióxido de carbono.
EMSA PUNO:	Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno.
INRENA:	Instituto Nacional de Recursos Naturales.
PELT:	Proyecto Especial Lago Titicaca.
RAE:	Real Academia Española.
RNT:	Reserva Nacional del Titicaca.
NaOH:	Hidróxido de Sodio.



RESUMEN

El presente trabajo consiste en investigar el proceso de una nueva alternativa para el uso de la Totora (*Schoenoplectus Californicus*). El objetivo es obtener fibra textil a partir de la totora usando una solución de hidróxido de sodio. La metodología fue cortar la Totora en muestras de 10 cm de largo y se trabajó con tres ensayos; el primer ensayo es tratar la muestra en cocinilla con NaOH al 2% a 90°C. El segundo ensayo es tratar la muestra en cocinilla con NaOH al 5% a 90°C y el tercer ensayo es tratar la muestra en estufa con NaOH al 2% a 85°C. Las muestras se trataron a diferentes intervalos de tiempo, desde que inicia la ebullición se considera 30 min para retirar la primera muestra y llegar hasta los 240 min de ebullición. Como resultados se obtuvieron, en el primer ensayo, fibra textil a los 180 min de ebullición, longitud de 46.50 mm., porcentaje de elongación en seco 32.56% y húmedo 11.63%, que indica el máximo estiramiento de la fibra hasta el punto de rotura y 10.50% de recuperación elástica que es la capacidad que tiene la fibra de recuperar su longitud original después de sufrir una deformación por estiramiento. En el segundo ensayo se obtuvo fibra textil a los 90 min de ebullición, longitud de 52.00 mm., porcentaje de elongación en seco 16% y húmedo 32%, porcentaje de recuperación elástica 6%. En el tercer ensayo se obtuvo fibra textil a los 60 min de ebullición, longitud 98.25 mm., porcentaje de elongación en seco 9.38% y húmedo 18.75%, porcentaje de recuperación elástica 6.75%. Se concluye que el resultado más óptimo, es el primer ensayo debido a los valores más altos del porcentaje de elongación en seco y de recuperación elástica.

Palabras Clave: Elongación, Fibra, Proceso, Recuperación elástica, Totora (*Schoenoplectus Californicus*).



ABSTRACT

The research consists to investigate the new alternative process for the use of Cattail (*Schoenoplectus Californicus*). The objective is to obtain textile fiber from the cattail using a sodium hydroxide solution. The methodology was to cut the Cattail into 10 cm long samples and worked with three trials; The first test is to treat the sample in a stove with 2% NaOH at 90°C. The second test is to treat the sample in a stove with 5% NaOH at 90°C and the third test is to treat the sample in an oven with 2% NaOH at 85°C. The samples were treated at different time intervals, from when the boiling begins, 30 minutes is considered to remove the first sample and thus reach 240 minutes of boiling. As results, in the first test, textile fiber was obtained at 180 minutes of boiling, length 46.50 mm., elongation percentage dry 32.56% and wet 11.63%, which indicates the maximum stretch of the fiber up to the breaking point and 10.50% elastic recovery, which is the fiber ability to recover its original length after undergo stretching deformation. In the second test, textile fiber was obtained after 90 minutes of boiling, length 52.00 mm., elongation percentage dry 16% and wet 32%, elastic recovery percentage 6%. In the third test, textile fiber was obtained after 60 minutes of boiling, length 98.25 mm., elongation percentage dry 9.38% and wet 18.75%, elastic recovery percentage 6.75%. It is concluded that the most optimal result is the first test due to the highest values of the dry elongation percentage and elastic recovery.

Keywords: Elongation, Fiber, Process, Elastic recovery, Totorá (*Schoenoplectus Californicus*).



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La totora es un recurso forrajero no convencional cuyo manejo tradicional está ocasionando problemas de carácter técnico y ambiental debido a que la población tiene la costumbre de quemar totora vieja para propiciar el crecimiento de totora nueva. Cada año se incendian inmensas áreas de totorales quemando enormes masas de biomasa vegetal cuya combustión produce dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de invernadero que contaminan el medio ambiente. (Segers, 1998).

Las restricciones de carácter normativo han disminuido la quema de totora; sin embargo, estas medidas estarían generando otro problema mayor, debido a que la descomposición de la biomasa de totora vieja abandonada en el Lago Titicaca genera metano (CH_4), como ocurre con la descomposición de biomasa vegetal en tierras húmedas, lo cual significaría una mayor contaminación del medio ambiente, dado que CH_4 , tiene 20 veces más efectos invernadero que CO_2 . (Segers, 1998).

Estudios han mostrado que aplicando una solución en medio básico a un tallo se puede obtener fibra textil; como es el caso del eucalipto. Para la obtención de hilo de eucalipto mediante la solución de hidróxido de sodio al 5%, se puede obtener una fibra textil de hasta 17.3 cm de longitud, es necesario recalcar que esta longitud puede variar al igual que el grosor, al aumentar o disminuir la cantidad de hebras en la paralelización y torsión de las mismas. (Gómez, 2015).

Para nuestra investigación, procesar la totora con una solución básica de hidróxido de sodio para obtener fibra textil, es una nueva alternativa de uso para esta materia prima que abunda en las aguas del Lago Titicaca, contribuyendo de esta manera a los problemas



que existen de carácter técnico y ambiental debido a la quema de totora y a la descomposición de la biomasa de totora vieja que genera CH₄. Este trabajo tiene los objetivos de determinar la óptima concentración de hidróxido de sodio, para obtener fibra textil, así como evaluar el tiempo óptimo de operación durante el proceso, una vez obtenida la fibra se determinará sus propiedades en cuanto a la resistencia, elongación, fricción y recuperación elástica.

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

- Lograr el procesamiento de fibra textil a partir de la totora (*Schoenoplectus californicus*), usando una solución alcalina.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración óptima de hidróxido de sodio, para procesar fibra textil a partir de la Totora (*Schoenoplectus californicus*).
- Evaluar el tiempo óptimo de operación, en el proceso de obtención de fibra textil.
- Determinar las propiedades de la fibra textil, en cuanto a la elongación, y recuperación elástica.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Arcos (2013). Desgomado de la fibra de ramio. Con una concentración de hidróxido de sodio del 9% se logra la mayor pérdida de peso, sin embargo, se apreció un ligero daño en la estructura de la fibra, ya que al aplicar un tratamiento con una alta concentración de hidróxido de sodio puede provocar una excesiva despolimerización de la celulosa y deslignificación de la fibra; todo esto afecta negativamente a la resistencia de las fibras, descartando su uso para procesos posteriores, Por esta razón se han considerado valores intermedios hasta alcanzar la concentración con la cual la fibra no se dañe y sea posible obtener un producto aplicable en las distintas etapas de la industria. Al trabajar con concentraciones superiores al 7% de hidróxido de sodio, se obtiene fibras blandas con ausencia de cortezas e impurezas.

Ayora (2016). En la actualidad llegar a tener un balance entre lo producido por los humanos y lo generado por la naturaleza es primordial, el compromiso de las industrias con el planeta y la industria textil no se ha quedado atrás, es por ello que los avances de la tecnología, la nano tecnología y un sin número de acciones desarrolladas por el hombre ha permitido crear fibras textiles que se convierten en alternativas amigables con el medio ambiente, en donde los principales productos han sido los textiles orgánicos, textiles regenerados o reintegrados y finalmente los biotextiles, por lo tanto la industria textil a evolucionado y hoy en día en sus producciones cada vez es más importante la presencia de telas sustentables y tejidos inteligentes.



Bonilla et al., (2011). Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*). El proceso de extracción con la solución de hidróxido de sodio; Una vez que las hojas fueron cortadas se procedió a realizar inmersiones en 2 baños distintos, la primera en un baño de impregnación y la segunda en un baño de deslignificación. Para estos baños se trabajó con las siguientes relaciones licor (litros de solución / g de material seco) de 2:1 para el baño de impregnación y 6:1 para el baño de deslignificación. Estos baños consistieron en soluciones acuosas de hidróxido de sodio de concentración 25, 31 o 50 g/L. El tiempo de inmersión del baño de deslignificación fue variado para ver su influencia en el proceso. Se trabajó en el rango de 10 a 30 minutos en intervalos de 10 minutos, mientras que los tiempos de inmersión en el baño de impregnación fueron de 10 y 20 minutos. Así paralelamente se realizaron ensayos a las mismas condiciones antes descritas, con la inclusión de un proceso de machacado de las hojas previo a la inmersión en el baño de absorción, el cual se realizó para remover una pequeña parte del material no fibroso, y de esta manera facilitar el ingreso del reactivo al interior de la estructura de la hoja. Después de cada inmersión, se procedió al lavado y neutralización de las hojas, el cual se realizó agregando ácido acético al 3% hasta alcanzar un pH cercano a 7. Posteriormente se realizó el cardado y lavado de las fibras extraídas, para luego secarlas.

Gómez (2015). Aplicación del método químico para la obtención de hilo de Eucalipto; estos hilos se obtuvieron por método químico mediante la solución de NaOH al 5%, tienen hasta 17,3 cm de longitud, es necesario recalcar que esta longitud puede variar, al igual que su grosor, al aumentar o disminuir la cantidad de hebras en la paralelización y torsión de las mismas. Los hilos se componen de 5,3 y 2 hebras de color celeste de cuerpo fino, los cuales resultan ser regulares entre fino y grueso, son flexibles y uniformes, además no se quiebran.



Gonzales (2013). En los procesos de fabricación de los productos textiles, con el objetivo de cambiar el estigma de ser una de las industrias más contaminantes a nivel mundial, que es el resultado de la falta de aplicación de criterios que consideren al medio ambiente, esto conlleva a tener una escasa conciencia ecológica debido al uso de materias primas obtenidas de recursos no renovables, consumo excesivo de agua y uso de productos químicos altamente contaminantes; tomando en cuenta que la industria textil está en constante evolución y crecimiento, las materias primas alternativas, amigables con el medio ambiente están apareciendo fuertemente dentro de la misma, con el objetivo de brindar nuevas alternativas al mundo de la moda y que adicionalmente no tengan un gran impacto en la destrucción del medio ambiente.

Hollen (2011). El proceso de la hilatura en la industria textil, comienza con la obtención de la fibra y continua con la elaboración de hilados la primera herramienta que se utilizó para la elaboración de un hilo fueron las manos, ya que mediante pequeños frotos de las manos se consiguió una torsión rústica que logró cohesionar las fibras y formar un hilo simple, que luego fue utilizado para la elaboración de tejidos. También mediante procesos mecánicas de torsión y estiramiento de fibras se crea un nuevo cuerpo textil, alargado, resistente, maleable, flexible, resistente denominado hilo, la hilatura nace desde el mismo instante en que el hombre descubrió las fibras.

Hollen et al., (2017). Acerca de las fibras y sus características, explican que una fibra es cada uno de los filamentos que, entorchados, componen un hilo. Estos hilos pueden tener un cuerpo rígido, flexible o filiforme.

Orcón et al., (2019). Las alternativas de pre tratamiento textil: El método integrado de descruce - blanqueo y blanqueo químico-enzimático, evaluación y comparación con el método clásico. En el proceso purificador del algodón es el descruce alcalino, que se



realiza previo al teñido. Es aquí donde se eliminan componentes no celulósicos del algodón e impurezas agregadas: lubricantes y aceites. La fibra absorbe el álcali, éste neutraliza el grupo carboxilo en la celulosa y en las pectinas. Los grupos hidroxilos en las unidades de glucosa en la celulosa son vagamente ácidos por lo que favorecen el aumento de la concentración del álcali en la fibra y se ataca intensamente a las impurezas. El descruce proporciona hidrofiliidad al sustrato por acción del álcali y tensoactivos. Actualmente, se usa el hidróxido de sodio para el descruce que eliminará impurezas, pero también degrada la fibra bajo condiciones severas creando fisuras en ellas o disolviendo la cutícula o pared primaria. Estos cambios en el algodón resultan en pérdida de peso (5-10 %) y longitud, alteración en el título del hilo y cambios en la resistencia a la tracción.

Ramírez (2012). Ante el nuevo panorama mundial de apertura de los consumidores a la utilización de fibras naturales, resulta oportuno impulsar su cultivo, transformación, uso y comercialización. Es así que este estudio propone a la fibra de Ramio (*Boehmeria nivea*) como una nueva y mejor alternativa de aprovechamiento para el sector textil. El ramio pertenece a la familia de las Urticáceas y es originario de Asia oriental. De su tallo se obtienen fibras celulósicas suaves y lustrosas con interesantes propiedades mecánicas, que lo vuelven una excelente materia prima para la confección de telas para vestimenta, tapicería, materiales militares, redes de pescar, sogas, cordeles y fabricación de papel de seguridad, conservando en tales productos, características superiores a las del algodón, el cáñamo, el lino y la seda.

Salazar (2011). Métodos de extracción de la fibra, existe también la alternativa de una extracción química que se realiza con solventes en base a sodio, como el hidróxido de sodio, el bisulfito de sodio, el carbonato de sodio, etc; que eliminan casi por completo



a la corteza, haciendo mucho más fácil el proceso, sin embargo, esta es una opción más delicada y costosa.

Vidal & Hormazábal (2016). Las fibras vegetales y sus aplicaciones; Estas fibras vegetales son resistentes, ligeras, flexibles, renovables, biodegradables y sin riesgos en su manipulación. Por lo general son más baratas que las fibras sintéticas, además su cultivo favorece el desarrollo de algunas regiones más pobres del planeta. Esto indica y nos hace pensar que en un futuro las fibras vegetales, tras su olvido en las últimas décadas, será prometedor y serán más las cosas u objetos cotidianos que nos rodean reciclables y biodegradables y detrás de los cuales volverá a haber plantas en su origen.

Fletcher (2012). A pesar de que la mayoría de las personas considera que el precio es el factor más importante en la compra de un producto; de a poco, la conciencia ecológica va ganando terreno, es por ello que la industria textil se ve abocada a la búsqueda de nuevas fuentes de materiales alternativos, aptos, para el uso de la industria indumentaria que sean funcionales y ecológicos que ayuden al desarrollo de prendas que sean 100% ecológicas y amigables con el medio ambiente.

Goyzueta, Alfaro & Aparicio (2009). Totorales del Lago Titicaca: Importancia, gestión ambiental y su conservación. Características fenológicas de la totora, para realizar el secado el tiempo transcurre entre 8 a 15 días hasta que la fibra haya transpirado o perdido su humedad hasta un 90%, característica importante y fundamental para que las mujeres elaboren las diferentes artesanías como son: esteras, canastas, aventadores, carteras, etc. debido a la resistencia de su fibra natural, se utiliza también para construir botes rudimentarios para la actividad de la pesca y cosecha de totora. Además; también se la puede usar como material aislante.



2.2. MARCO TEÓRICO

En el Departamento de Puno se encuentra el Lago Titicaca entre los $15^{\circ}45'00''$, $16^{\circ}25'00''$ de latitud sur y $68^{\circ}34'46''$, $70^{\circ}00'29''$ de longitud oeste y a 3810 m.s.n.m. El Lago tiene 3 áreas que son diferentes y son las siguientes: lago grande con 6311 Km^2 de superficie aproximada, el lago pequeño con aproximadamente 1292 Km^2 y por último se tiene a la bahía de Puno con 584 Km^2 , profundidad máxima y media de 281m. y los 195 m. respectivamente y un volumen de 919 Km^2 . (INRENA, 2003).

En cuanto al clima según Thornwite, el Lago pertenece al subtipo de clima A, la temperatura del agua superficial se encuentra entre 9 a 14°C durante el año. La temperatura superficial se encuentra entre 2°C bajo cero y los 15°C , así mismo la precipitación pluvial tiende a alcanzar un promedio de 645 milibares y en cuanto a la humedad relativa se tiene un 60%, el oxígeno disuelto varia de 3 ppm a un máximo de 7.5 ppm. El pH es ligeramente alcalino variando de 8.2 a 8.4, el dióxido de carbono varia de 4ppm a 8 ppm y los niveles de fosfato varían de 0.25 a 0.75 ppm, la velocidad del viento se encuentra entre un máximo de 6.2 m/s y un mínimo de 1 m/s en la estación de primavera. (Quispe, 1997).

Las características del clima son influenciadas por la altitud y el relieve que supera los 3810 msnm, haciendo que el clima del altiplano sea frígido, a pesar que se encuentre en la estación de verano, a pesar de esto la presencia del Lago Titicaca es una fuente de humedad y un elemento termorregulador, en especial de la zona circunlacustre. La presencia de fuertes sequias en el altiplano como la registrada en el año de 1983 y las excesivas precipitaciones e inundaciones como las de 1986, han constituido los riesgos de mayor impacto ambiental, social y económico en la cuenca. (INRENA, 2003).



Así mismo, en cuanto a la vegetación del Lago Titicaca se clasifica en anfibia, sumergida y flotante, y compone uno de los principales elementos del ciclo del ecosistema. Su flora está representada por 12 variedades de plantas acuáticas resaltando la totora, la yana llacho, la lenteja de agua y la purima. (INRENA, 2003).

2.2.1. Totora

2.2.1.1. Origen

Según los estudios de Parodi, el origen de la Totora es probablemente el altiplano de Atacama y el Titicaca. La Totora no solo abunda en el Lago Titicaca, sino también en el lago Popo o Aullagas en el Departamento de Oruro Bolivia, que tiene su lecho en las cercanías de la extensa región, hoy gran desierto de Atacama. (Maldonado, 1987).

Según la Real Academia Española (RAE), tiene la siguiente definición: La Totora que proviene del quechua “tutura”, planta perenne, común en esteros y pantanos, y cuyo tallo erguido mide de uno a tres metros, según las especies, y que se usa en la construcción de techos y paredes para cobertizos y ranchos.

La Totora es una planta que está constituida por una raíz, tallo y flor. La raíz es un rizoma subterráneo que se encuentra en posición horizontal denominado "Shiphi" en quechua, o "Saq'a" en aimara, formada por un cilindro central con muchos haces líbero leñosos y una corteza blanca cuya parte superior aloja las yemas de rebrote y la parte inferior a las raíces adventicias con las que se fija al suelo. (Monroy, 1941).



El tallo es una estructura junquiforme de posición vertical rico en parénquima aerífero de color blanco, cubierto por una vaina de color verde rico en clorofila, formando una hoja trística que hace las veces de tallo y hoja, con un meristemo terminal y una bráctea en la punta del tallo, no presenta peciolo. (Monroy, 1941).

La base del tallo, denominado “chullo” se caracteriza por su parénquima esponjoso, cubierto por una vaina de color blanco sin clorofila de textura suave y sabor dulce, parecido a la caña de azúcar. (Rivera, 1979).

Es una especie semiacuática que crece en el Lago Titicaca principalmente en áreas donde los suelos son fangosos, estas llegan a alcanzar una altura aproximada de 3 a 5 m. variando en el diámetro de sus tallos desde 3 cm. en los rizomas cerca de las raíces, hasta 3mm. en el ápice. (Monroy, 1941).

Esta flora acuática generalmente es de fácil acondicionamiento en lugares donde el suelo es lodo, pantanoso. (Galiano, 1987).

Figura 1

Totora (Schoenoplectus Californicus) del Lago Titicaca (Sernanp, 2015).



2.2.1.2. Morfología de la totora

La Totora es una planta herbácea saliente que tiene una altura aproximada de 3.20 a 4.20 m., con un espesor de 0.5 a 5.0 cm. y con una densidad de tallos promedio de 280 tallos por metro cuadrado en un totoral. (PELT-ADESU, 2003).

a) Raíz:

Por su origen la raíz de la totora es adventicia y empieza a originarse a partir del rizoma maduro y conformado principalmente por raíces secundarias, estas forman penachos delgados que dan anclaje y soporte a la planta en el substrato de fondo, su desarrollo es horizontal,



creciendo de manera paralela a la superficie del suelo (fondo). (PELT-ADESU, 2003).

Su diámetro varía en torno a 1mm. de grosor de acuerdo a la edad de la planta, alcanzando un máximo de 3 mm. (PELT-ADESU, 2003).

b) Rizoma:

El rizoma es un tallo grueso con hojas escamosas que crece debajo de la tierra, tiene una corteza blanca sin clorofila y un cilindro central con muchos haces libero leñosos. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

Su crecimiento es horizontal y paralelo al substrato, distinguiéndose por presentar nudos (yemas) a cada 2 a 6 cm, de donde brotan los tallos, las yemas están protegidas por hojas transformadas como pequeñas escamas de incoloras a color amarillo llamadas catáfilas, en la parte inferior se desarrollan las raíces adventicias, que llegan a entrecruzarse, conformando una masa radicular, que cuando crece mucho, forma el llamado “quille” de un espesor que puede variar de 0.5 a 40 cm. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

Se tiene diferentes tipos de rizomas o tallos subterráneos, de acuerdo a su edad y forma, cuyas características son:

- Rizoma Maduro.- Color marrón claro, comúnmente llamado "Saphi" o "sippi", caracterizado por una capa lignificada y un cilindro central con muchos haces de madera sueltos dispuestos en

círculos concéntricos, con una corteza blanca que se vuelve marrón oscuro, con una gran acumulación de sustancias de reserva. (PELT-ADESU, 2003).

- Rizoma Joven o tierno.- Aparentemente es de color blanco, llamado "Sacka" o "sacca", contiene tejido vegetal de un rizoma adulto, pero no muestra color, y no acumula sustancias de reserva. Este rizoma se utiliza como alimento humano y contiene yodo. (PELT-ADESU, 2003).
- Rizoma del ápice.- Es la parte apical de la punta del tallo subterráneo, sin raíces adventicias, es su meristema, mayoritariamente de color blanco y en constante crecimiento, y forma la base para la expansión de la totora. (PELT-ADESU, 2001).

Figura 2

Rizoma de la totora (Humpiri, 2015)





c) Tallo:

Los tallos surgen de los nudos del rizoma, son delgados cilindros corticales no ramificados, en consecuencia, llamados "totora". Puede ser de 30 cm de largo. a 100 cm. de altura o superior, cada 4 meses alcanza una altura de 5 m. de longitud desde el fondo (la parte expuesta se eleva de 1 a 2 m desde la superficie del agua). (PELT-ADESU, 2001).

- Tallo aéreo.- Es la parte del tallo que sobresale del agua, es de un color verde intenso porque contiene clorofila. En su interior se encuentra tejido parenquimatoso no clorofílico (tejido simplemente indiferenciado), su forma transversal es triangular a circular, dependiendo de la edad de la planta, situación climática, nutrientes del sustrato, etc. La segunda parte, que no está en el agua, contiene tejido de parénquima llamado "aerenquima" tejido que contiene aire, lo que facilita la circulación de aire en el tejido poroso y lo mantiene por encima del agua. (PELT-ADESU, 2001).
- Tallo sumergido.- Es la parte de un rizoma maduro con una parte blanca llamada "chullo" (por la falta de clorofila), almacena disacáridos y sirve de alimento humano y llega al nivel del agua. El tallo puede tener 30 m de largo en total. Aproximadamente cada 4 meses, según el sustrato, el hábitat y el entorno; alcanzan una altura de 2 a 6 metros. (PELT-ADESU, 2001).

Figura 3

Tallo de la totora (Humpiri, 2015)



d) Hojas:

Las hojas se forman en la etapa naciente del tallo, al nivel donde aparecen los tallos aéreos de los rizomas. Se caracterizan por una concha larga continua con bordes continuos y nervios rectos. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

e) Inflorescencia:

Tiene el tipo Umbela, comúnmente llamada 'Pancara' o 'Panqára', se caracteriza porque la primera rama da lugar a otras pequeñas ramas, y las brácteas en su eje terminal tienen un número variable de flores, cada eje terminal cubierto con brácteas de escamas de color marrón oscuro. 3 a 5 mm de largo. (PELT-ADESU, 2001).



En su anillo exterior está representado por 4 escamas, que en algunas dicotiledóneas actúan como perigonios haploides, en este caso como tallos de hierba de características similares a *Triticum*. el perigonio es un tetrámero radial; los estambres están dispuestos en dos verticilos, las escamas parecen briznas de hierba y el último anillo de la flor es visible al final. (PELT-ADESU, 2001).

A medida que madura la inflorescencia, se forman semillas que, gracias al viento, caen al agua y luego producen nuevas plantas de totora, que son el resultado de la regeneración natural de las totoras, siempre que las condiciones naturales y artificiales lo permitan. (PELT-ADESU, 2001).

2.2.1.3. Clasificación Taxonómica

El nombre científico de la Totora ha estado sujeto a varios cambios, considerándose la denominación de *Schoenoplectus tatora*. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

REYNO: VEGETAL

DIVISION: PHANEROGAMAE

CLASE: MONOCOTILEDONAE

ORDEN: CYPERALES

FAMILIA: CYPERÁCEAE

GENERO: SCHOENOPLECTUS

ESPECIE: SCHONOPLECTUS TOTORA

NOMBRE COMUN: TOTORA



2.2.1.4. Composición química de la totora

La composición de la totora presenta variabilidad en sus diferentes componentes y partes de la totora, en donde indudablemente presentan características considerables en su contenido de proteína total, que oscilan entre 7.89% a 11.88% y la fibra cruda entre 17.84% a 39.64%; estas características muestran la diferencia principal de estos recursos, por tanto, son objeto de posteriores investigaciones. (Roque, 1992).

Las variaciones de los niveles de proteína total y de la fibra cruda, no guardan relación puesto que la elevada elevación de la fibra cruda lleva consigo a la elevación de la proteína total. Así mismo la fracción ceniza muestra una amplia variabilidad, con niveles que oscilan entre 5.4% y 14.9%, situación que sugiere realizar mayores estudios para aproximar la composición química a rangos de variación real que experimenta el forraje en cada zona geográfica, en cada época del año y en cada evento fenológico de la planta. (Campana, 1975).

Un aspecto que llama la atención en la composición química de la totora es el bajo nivel de proteína total y alto nivel de extracto de no nitrogenado, del “chullo” en relación a los demás datos de composición. (Rivera, 1979).

Esto significa que la totora almacena reservas energéticas o azúcares en la base del tallo, razón por la que el chullo” es de un sabor dulce parecido a la caña de azúcar. (Roque, 1998).



2.2.1.5. Características fenológicas

El período de floración de la totora se inicia a mediados de la época de lluvias y la época seca, y el período de fructificación es cada seis meses cuando se realizan los cortes (dos veces al año) y la mayoría de los miembros de la familia participan en esta actividad, hacen manojos pequeños "guango" y lo llevan a un lugar seco, mejor ventilado, soleado y nivelado. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

El secado dura de ocho a quince días hasta que las fibras se han evaporado hasta el 90% de la humedad, lo cual es una característica esencial de las mujeres (trabajo justo) que realizan diversas artesanías: almohadas, abanicos, carteras, etc. Debido a la fuerza de las fibras naturales, se utilizó para construir embarcaciones básicas para la pesca y la recolección de caña. Además, se la puede utilizar como material aislante. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

a) Clasificación o variedad

De acuerdo a la percepción de los usuarios de los comités de conservación hace que su experiencia nos demuestre la existencia de algunas variedades de *Schoenoplectus Tatora*, encontrando diferencias en sus aspectos externos, tales como la sección (cilíndrica o triangular), su relleno poroso, fibroso, variando así la utilización de la totora según estas características. (PELT-ADESU, 2001).

Según las características de crecimiento existe una clasificación por:



- Totora tierna o verde

Suele crecer a profundidades de 2,5 a 4,5 m, aunque se puede encontrar a profundidades de hasta 5,5 m. También se puede encontrar a profundidades de menos de 0,7 metros cuadrados cuando el lago alcanza su nivel de agua más bajo de la temporada. Alcanzan su máximo crecimiento durante la época de lluvias (enero, febrero y marzo), cuando la floración es mayor, y la totora alcanza la madurez en 4 años, dependiendo de la profundidad de su hábitat, en aguas superficiales hasta 2 a 3 años. Pero en aguas profundas tarda de cuatro a cinco años, como en las regiones de Ramis y de Desaguadero. (PELT-ADESU, 2001).

Descrita como una hierba perenne, la totora se ve afectada por la profundidad del agua y se cree que no puede indicar cuántos años debe pasar una totora para que se la considere vieja o más vieja. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

La totora joven se desarrolla de la misma manera que el llachu, pero nunca debe entrar ganado en los campos de totora. Una persona puede cortar un cierto número de pichus (totora que se pueden llevar entre el brazo y el pecho) y llevárselos al animal. Aunque las totoras siguen creciendo durante todo el año, el crecimiento puede ser más lento durante la temporada de lluvias, pero los tallos no deben cortarse a 50 cm por debajo de la superficie y nunca cuando el agua se vuelve muy turbia durante el tiempo lluvioso. (Leviel, 1991).



Los tallos tardan poco más de un año en alcanzar un tamaño medio de 3,8 m. La siega aumenta el rendimiento de la planta y provoca un aumento de la densidad de los totorales. A diferencia del llachu, el desarrollo de la totora verde está estrictamente regulado. La mayoría de los campos de totora son de propiedad privada. Cada pedazo de tierra es propiedad de un propietario que lo supervisa como tierra de pastoreo permanente.

Al ganado siempre se les niega el libre acceso a los totorales porque no están cerrados. Las parcelas de tierra de totora pueden ser vendidas o permutadas entre ribereños o compartidas entre herederos de cada sexo. En muchos casos, esto hace que el campo totora se rompa en microrregiones. Incluso después de cortarlo, la totora puede intercambiarse o venderse a cambio de Ichu. (Leviel, 1991).

- Totora amarilla o madura

Crece todo el año y crece más rápido en la temporada de lluvias; se ha observado que tarda un año o más en alcanzar un tamaño promedio de 3.8 m. La parte naciente de la totora, expuesta al sol y al viento, cambia de color de verde a amarillo durante un período llamado maduración. La totora se vuelve gris en la estación fría. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).



b) Hábitat

Existe abundante totora no solo en el lago Titicaca en Perú-Bolivia, sino también en el lago Poopó en Bolivia. Especie nativa que tolera bien las heladas y el granizo y crece en lugares con abundante materia orgánica; la capacidad de moverse puede incluso alcanzar otras alturas, como *Schoenoplectus Tatora*, que se encuentra en la costa de Perú, como la Laguna del Paraíso, al norte de Lima. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

El hábitat de la totora está restringido a todos los cuerpos de agua lénticos y loticos (humedales) de los Andes. Se distribuye principalmente en los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa y lagunas menores. (Goyzueta, Alfaro & Aparicio, 2009).

Para el desarrollo de la totora sus condiciones ideales son: el agua constante y nivel de agua constante; suelo arcilloso o limo-arcilloso que contiene materia orgánica.

c) Propagación y reproducción

- Propagación natural.

La reproducción natural de la totora es sexual por semillas de la planta y asexual por el desarrollo de sus rizomas, que se extienden horizontalmente bajo tierra, brotan a intervalos regulares y forman tallos. (PELT-ADESU, 2001).



- Propagación artificial o inducida

Esta propagación asexual es cualquier operación que implica el "cultivo" de totora utilizando plantones (fragmentos, tallos, esquejes o semillas) obtenidas de plantas existentes e introducidas en el suelo por diversos métodos. (PELT-ADESU, 2001).

Este método de propagación es el más recomendado para operaciones de propagación repetidas, ya que se logra un alto porcentaje de germinación (más del 60 %) y cuando los plantones recién obtenidos se instalan sin podar, los tallos continúan creciendo sin daño. (PELT-ADESU, 2001).

d) Técnicas de plantación

Ciertos métodos de plantación se han aplicado localmente, pero no se ha realizado un estudio exhaustivo, selectivo y taxonómico de su uso, indicando el método más adecuado a cada tipo de suelo y necesidades de la comunidad. (PELT-ADESU, 2001).

e) Producción de la totora

- Densidad:

El estudio PELT en 2000 encontró una densidad promedio de 336 tallos aéreos por metro cuadrado y una longitud de tallo promedio de 2,08 m. El número de tallos varía según el tipo de suelo y la época del año y puede oscilar entre treinta y doscientos cincuenta. (PELT-ADESU, 2001).



f) Inundación y sequía

Las rápidas fluctuaciones en el nivel del lago, la duración y el movimiento del agua (olas, corrientes, etc.) dan como resultado un gran número de deslizamientos de tierra totorales que flotan y son arrastrados a tierra cuando los niveles del agua son altos o hay suficiente humedad para sostenerlos. En reposo pueden quedar varados o anclados en las orillas hasta que regresen las condiciones de humedad adecuadas para permitirles desarrollarse. (PELT-ADESU, 2001).

Durante los períodos de sequía, cuando los niveles de agua bajan debido a la falta de lluvia, estos grandes grupos de totorales quedan en la costa en un ambiente sin agua, secándose o siendo dañados por los animales, lo que resulta en una reducción de la superficie de los totorales. (PELT-ADESU, 2001).

Un estudio PELT sobre los efectos del aumento del nivel del agua en los totorales, indicó:

- Cuando el nivel del agua sube 50 cm, "no existe daño en los totorales".
- Cuando el nivel del lago aumenta de 50 cm a 75 cm. "Casi ningún daño"
- Cuando el nivel del lago sube entre 75 y 100 cm, "se observa que la totora flota y si el tallo no puede salir del agua, el efecto se vuelve más grave.



Los totorales de masas pequeñas se ven fácilmente afectadas por el aumento del nivel del agua. Con respecto a las fluctuaciones en el nivel del agua, se ha encontrado que la totora es más resistente a la sequía que a las inundaciones, ya que en la primera los rizomas pueden permanecer latentes hasta que se reanude la humedad y la regeneración, mientras que en la segunda son perturbados por la acción del oleaje, nadando o siendo invadidas por otras especies de plantas en el hábitat que lo reemplazan o lo destruyen y a veces no tienen posibilidad de regeneración. (PELT-ADESU, 2001).

La experiencia demuestra que el aumento del nivel del agua tiene un efecto doblemente negativo en las plantaciones jóvenes de totora y son:

- Primero

El aire de los tallos los hace subir a la superficie del agua. Cuando el nivel del agua sube rápidamente, el sistema de regulación de la flotabilidad no puede funcionar debido a una mala adaptación debido a este cambio brusco, lo que hace que la planta tenga una mayor flotabilidad interna y se abra como un globo, liberando la totora del sustrato. Al encontrar su nuevo nivel, el efecto es mayor en las plantaciones jóvenes que aún no han echado raíces. Es por eso que hay toneladas de totorales flotando durante los niveles altos de agua o inundaciones. (PELT-ADESU, 2001).



- Segundo

Las olas tienen un gran efecto hidráulico en el lecho del lago, como succión, arrastre y remoción, de modo que las plantas recién plantadas con sistemas de raíces deficientes son arrancadas y arrastradas por las olas y las corrientes. (PELT-ADESU, 2001).

La crecida máxima observada fue de 2,03 m. Se espera que el nivel del agua suba más. Como se puede observar, la totora resulta severamente dañadas por estos aumentos, siendo necesaria la planificación de una campaña de siembra de reemplazo. El rápido aumento del nivel del lago y los movimientos del agua (olas, corrientes, etc.) provocan que un gran número de deslizamientos de totora floten y sean llevados por el viento a la orilla donde pueden tocar tierra o pueden caer en el litoral cuando el nivel del agua es alto, establecido en la costa, o tiene suficiente humedad para permanecer latente hasta que se restablezcan las condiciones de humedad adecuadas para su desarrollo. (PELT-ADESU, 2001).

Durante los períodos de sequía, estos grandes grupos de totora quedan en la orilla en un ambiente sin agua, secándose o dañándose y quedan expuestas al daño por parte de los animales, lo que resulta en una reducción de los totorales. (PELT-ADESU, 2001).



g) Utilidad

- Es un material para construir una balsa.
- Abastecimiento de materias primas para la elaboración de artesanías.
- Les presta servicios en la construcción de viviendas.
- Chullo fresco, soca o chile como alimento, rallado y usado en sopas.
- El chullo como medicamento es utilizado para prevenir el bocio.
- El carbón de totora ayuda a curar heridas en la cabeza y el ombligo de los niños y trata la disentería.
- Se puede utilizar para construir techos y paredes y muebles para ranchos y cobertizos.
- Se utiliza tradicionalmente para embarcaciones construidas en el lago Titicaca y algunas playas de Perú. (PELT-ADESU, 2001).

h) Causales de la destrucción de los totorales

- Porque se permite que el ganado entre al agua para comer la totora: cuando el ganado pisa el suelo, aplasta la tierra y destruye sus raíces, impide que se propague y la mata; los cerdos porque comen las raíces de la totora, impidiendo que se multiplique y haciendo que desaparezca. (PELT-ADESU, 2001).
- Porque la totora se corta más de 3 veces al año, más de lo que puede crecer, y no hay nuevas siembras, por lo que disminuye o incluso puede llegar a desaparecer. (PELT-ADESU, 2001).

- Porque la totora se corta muy cerca de la raíz (menos de 30 cm) y vuelva a crecer tardando mucho tiempo. (PELT-ADESU, 2001).

2.2.1.6. Aspectos botánicos

Hay dos géneros diferentes de totorales, las diferencias más notables se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1

Aspectos botánicos de la totora.

CARACTERISTICAS	SCIRPUS	SCIRPUS SP
	TATORA	
Tallo diámetro en (cm)	4.3	1.3
Raíz Tamaño en (cm)	3.2	2.7
Distancia entre nudos	27.5	11
Nº de cromosomas	7.8	17.8
Inflorescencia	24	26
Arista	Corta	Larga
Lemna	Transparente	Oscura
Estambres	Mayor al ovario	Menor al ovario
Nº de flores	4 a 8	12 a 16
Habitad	Zonas profundas	Zonas pocas profundas.

Fuente: Leviel, (1991).

2.2.1.7. Distribución geográfica de la totora

La Reserva Nacional del Titicaca afirma que la totora es el recurso ecológico y económico más importante que se extiende por varias partes del lago Titicaca y el Lago Popoó en Bolivia; ocupan dos tercios de la



circunferencia correspondiente a aguas poco profundas un tercio correspondiente a aguas profundas. (RNT, 2003).

La mayor extensión de la Titora se encuentra en el golfo comprendido entre las penínsulas de Capachica y Chucuito. (Mamani, 1993).

2.2.1.8. Importancia socioeconómica de la totora

La totora hace un aporte importante a la economía de las comunidades asentadas a lo largo de las orillas del lago Titicaca, su uso se da en diferentes épocas y etapas de desarrollo, tiene varios usos, por ejemplo, es fundamental para la ganadería en todo el lago, es considerado un recurso natural en el altiplano boliviano-peruano en términos de valor económico y social, es la base para la producción de carne, leche y derivados; también es una reserva de forraje en caso de una sequía catastrófica así como la registrada entre 1997 y 1999. (INRENA, 1999).

La totora también es importante para criar, alimentar y albergar aves y peces en el total del lago Titicaca y se puede usar de varias maneras, como para hacer techos, medios para trasladarse y hacer artesanías. La totora es una especie nativa con gran potencial en el Lago Titicaca, donde se puede utilizar para hacer ensilaje, fertilizante orgánico, como corteza de suelo para aumentar los rendimientos de los cultivos y más. Sin embargo, es subutilizada y requiere más atención por parte de los pobladores que trabajan en esta parte de las tierras del altiplano. (INRENA, 1999).



Por otro lado, la totora está siendo estudiada por su valor agregado en el diseño de la producción de objetos utilitarios y decorativos, por ejemplo (Heredia, 2004), señala que; como resultado de diversos experimentos en esta materia, se han abierto las propiedades del uso de la fibra y los métodos de procesamiento, ampliando su alcance en el proceso de diseño, ayudando a revalorizar su esencia histórica y cultural y le da a los productos un sentido adicional de diseño. (Heredia, 2004).

2.2.1.9. Usos

a) Forraje

Los tallos de totora se utilizan como forraje para el ganado, como el ganado ovino, vacuno, y se utilizan comúnmente cuando su vegetación es tierna y de color verde esmeralda y se obtienen mediante métodos como la recolección y el corte. (Roque, 1992).

La totora es un recurso de alimentación renovable cultivado naturalmente. La totora, que cubre una gran área del lago Titicaca y cumple una función económica para la población ribereña, se usa como forraje verde, sus tallos de plantas aéreas se usan cuando el alimento escasea o se usa comúnmente como alimento para el ganado. (Leviel, 1991).

b) Materia prima

Se utiliza para la elaboración de balsas, casas, esferas y artesanías, las cuales son de gran utilidad para los habitantes de las islas flotantes de los Uros. (Otazu, 2001).



c) Alimentación

Indica que los aborígenes cuidaban los rizomas maduros y los dejaban al sol durante dos días, durante los cuales los rizomas se volvían azucarados bajo la influencia de la luz solar, dándoles un sabor dulce. Actualmente se comen rizomas de Totora secos y molidos para hacer papillas o mazamorras con este alimento, muy parecido a la mandioca. Fué en 1940 cuando miles de agricultores, especialmente del Distrito de Huata que se alimentaban de rizomas de la totora, debido a la escasez que se vivió por la sequía y las fuertes heladas. También sugiere que los rizomas jóvenes eran pan para los niños de la localidad en la orilla del lago. (Monroy, 1941).

Estos recursos son empleados en la alimentación humana, aprovechándose los tiernos rizomas como la sacka, el shipi y con mucha frecuencia la parte del tallo aéreo que se conoce como chullo. (INRENA, 2003).

Recomienda el uso de Llachu y Chullo de la Totora en la alimentación de conejos por tener mayor proteína digestible y suplementado con fuentes de alimentos básicos. (Miranda, 2013).

2.2.2. Fibra

Las fibras son sólidos con una pequeña sección transversal y una alta relación de aspecto entre su sección y su longitud. (Lockuán, 2013).

Cada fibra consta de millones de largas cadenas moleculares con diferentes estructuras químicas. La estructura molecular (disposición y orientación de estas



moléculas) y la morfología de la fibra (forma y espesor de la sección transversal) afectan sus propiedades, pero la primera determinará sus propiedades físicas y químicas básicas. (Lockuán, 2013).

En general, las cadenas moleculares de los polímeros tienen una secuencia química específica que se repite a lo largo de toda la longitud de la molécula. El número total de unidades que se repiten en una cadena oscila entre unos pocos y varios cientos y se denomina grado de polimerización. (Lockuán, 2013).

Para que una fibra, independientemente de su origen, sea considerada un producto textil, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Flexibilidad
- Elasticidad
- Resistencia

Ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos de alta calidad. (Lockuán, 2013).

Se puede decir que las fibras son la unidad básica de los textiles. Se utiliza para hacer hilos, telas y finalmente ropa. Contribuye a la sensación, el aspecto y el comportamiento, determina en gran medida el rendimiento del producto e influye en su precio. (Lockuán, 2013).

2.2.2.1. Fibra textil

Las fibras textiles son sólidos de estructuras más o menos cilíndrica, macroscópicamente homogénea y caracterizada por ser flexibles, tienen una pequeña sección transversal y elevada relación



longitud - espesor. Utilizado como materia prima en la producción de materiales textiles. (Carrera, 2017).

2.2.2.2. Clasificación

Las fibras textiles pueden clasificarse en dos grandes grupos, según su origen:

a) Fibras naturales

Estos son los que se encuentran en la naturaleza. Proviene de los reinos vegetal, animal o mineral. Las fibras vegetales naturales pueden provenir de las semillas, tallos u hojas de las plantas. Las fibras animales naturales se pueden dividir en pelos (de animales distintos de las ovejas), lana (pelos de oveja) y seda (segregación de varios gusanos). La única fibra natural de origen mineral es el amianto. (Carrera, 2017).

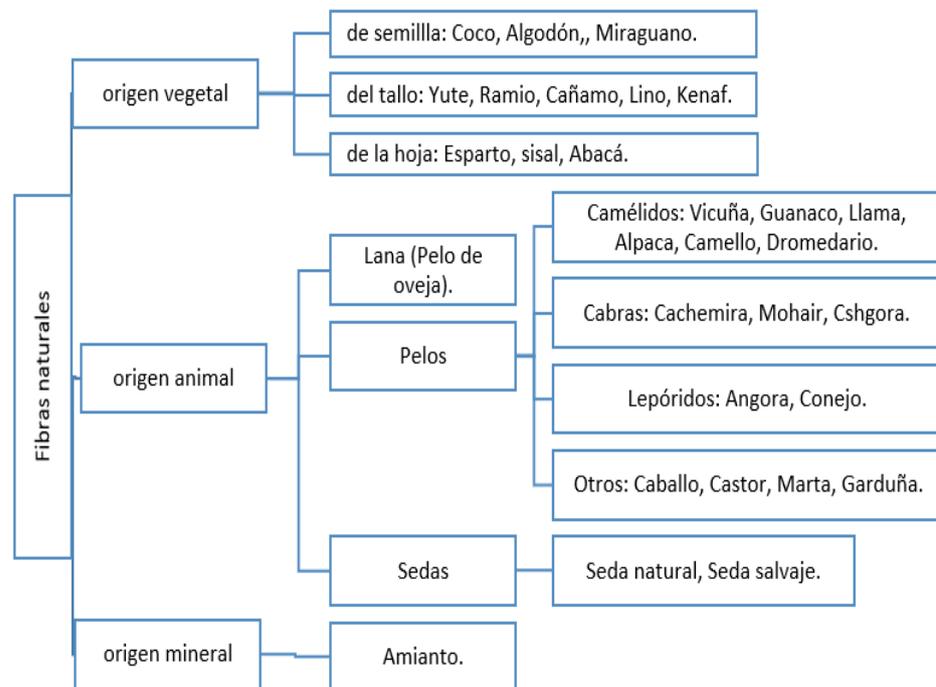
b) Fibras químicas:

Se obtienen por conversión de los polímeros que componen las fibras. Hay dos tipos orgánicos e inorgánicos. Las fibras orgánicas se pueden producir a partir de polímeros naturales (fibras artificiales) que se modifican bajo la influencia de productos químicos, o a partir de polímeros obtenidos por síntesis química (fibras sintéticas). Las fibras artificiales no se obtienen directamente de la naturaleza, sino que se obtienen con la ayuda de la tecnología humana. Las fibras inorgánicas están constituidas principalmente por los productos químicos

inorgánicos, en base a elementos naturales tales como carbono, silicio y boro. (Carrera, 2017).

Figura 4

Clasificación de las fibras textiles naturales (Carrera. 2017)



2.2.2.3. Propiedades de las fibras textiles

a) Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión, indica la capacidad de resistir la fricción o frote. Es una propiedad importante en casi todas las aplicaciones, especialmente en alfombras, tapetes, forros, cuerdas y más. Las fibras enumeradas a continuación están clasificadas en orden de resistencia a la abrasión de mejor a peor. Partiendo de una excelente resistencia hasta una mala resistencia se tiene en orden las siguientes fibras; nylon, poliéster, spandex, lino, acrílicas, algodón, seda, lana, rayón, acetato y vidrio. (Sánchez, 2014).

b) Resistencia a la Tracción

La resistencia a la tracción, se refiere a la capacidad de la fibra para resistir un esfuerzo, la resistencia de una fibra se ve afectada por su contenido de humedad, por lo que los valores de resistencia en seco y húmedo de algunas fibras se dan en la siguiente tabla. (Sánchez, 2014).

Tabla 2

Valores de tenacidad en seco y húmedo de algunas fibras

	TENACIDAD (g/Denier)	
	EN SECO	EN HÚMEDO
Algodón	4	5
Lino	5.5	6.5
Seda	4.5	3.9
Lana	1.5	1
Acetato	1.2 – 1.5	0.8 – 1.2
Acrílico	2 – 3.5	1.8 – 3.3
Nylon	3 – 7.2	2.6 – 6.5
Poliéster	2.5 – 9.5	2.5 – 9.5
Rayón	0.7 – 2.6	0.7 – 1.8
Spandex	0.6 – 0.9	0.6 – 0.9

Fuente: Sánchez, (2014).

Cuando se mojan algunas fibras aumentan su resistencia como el algodón y el lino, pero la lana, la seda y el acetato pierden esta resistencia. Las fibras como el spandex, el poliéster, etc. tienen la

misma resistencia en húmedo y en seco porque no absorben agua. La lana, la viscosa y el spandex tienen baja resistencia. (Sánchez, 2014).

c) Resiliencia

La Resiliencia es la capacidad de las fibras para recuperarse después de la compresión o aplastamiento. Esta característica está relacionada con la resistencia del tejido a las arrugas, por lo que es importante en aplicaciones como cojines, alfombras, tapetes, etc. (Sánchez, 2014).

Tabla 3

Valores de Resiliencia de algunas fibras

BAJA RESISTENCIA	EXCELENTE RESISTENCIA
Algodón	Nylon
Lino	Poliéster
Viscosa	Acrílicas
Acetato	Lana

Fuente: Sánchez, (2014).

d) Elongación

La elongación se refiere al alargamiento máximo hasta el punto de ruptura. Se expresa como un porcentaje de la longitud original de la fibra. (Sánchez, 2014).

Tabla 4

Porcentaje de elongación de algunas fibras

	% DE ELONGACIÓN	
	% en Seco	% en Húmedo
Lino	2	2.2
Algodón	3 -7	9.5
Seda	20	30
Lana	25	35
Acetato	25	30
Acrílico	20	26
Nylon	23	28
Poliéster	18	18
Rayón	15	20
spandex	500	500

Fuente: Sánchez, (2014).

Ejemplo: Se tiene una Fibra de lana de 100 mm de largo que se pueden estirar hasta 125 mm en seco y antes de romperse.

El alto alargamiento de la lana y el spandex compensa la baja resistencia de estas fibras, haciéndolas parecer fibras duras.

e) Recuperación elástica

La recuperación elástica se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después del estiramiento por deformación. La recuperación elástica es la recuperación de un material expresada como el porcentaje que se estira bajo tensión y se retrae sin romper las fibras. (Sánchez, 2014).



Tabla 5

Porcentaje de recuperación elástica de algunas fibras

PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE UN ESTIRAMIENTO DE 2 -5%	
Algodón	75
Seda	92
Lino	65
Lana	99
Poliéster	97
Acrílico	92
Nylon	100
Acetato	58
Rayón	54
Spandex	100

Fuente: Sánchez, (2014).

Ejemplo: se tiene una fibra de algodón de 30 mm, se estira un 5%, o sea se estira 1.5 mm, quedando de 31.5 mm.

Se libera la fuerza que lo estira y se recupera un 75% de lo que se estiro, o sea, el 75% de 1.5mm. que es 1.125 mm.

La fibra quedó deformada $0.375 \text{ mm} = (1.5 - 1.125)$ y finalmente quedo con la siguiente longitud: $30+0.375=30.375 \text{ mm}$.

f) Humedad legal

Esto se refiere a la capacidad de la fibra para absorber agua, expresada como un porcentaje de Regain. (Sánchez, 2014).



% de Regain: es el contenido de humedad de la fibra (en el ambiente bajo condiciones estándar de laboratorio) expresado como porcentaje del peso seco de la fibra, es decir peso de la fibra después de eliminar la humedad en el horno.

$$\% \text{ Regain} = (\text{peso de agua recuperada de fibra} / \text{peso seco de fibra}) \times 100.$$

Durante la producción, es importante procesar las muestras en condiciones de laboratorio para su análisis utilizando la recuperación especificada para cada tipo de fibra, ya que hemos visto que algunas propiedades mecánicas cambian debido a la humedad. La lana es la fibra textil más absorbente, mientras que el spandex y el poliéster son los menos absorbentes. (Sánchez 2014).

Tabla 6

Porcentaje de Regain de algunas fibras

	% REGAIN
Acetato	6
Algodón	8.5
Lino	12
Seda	11
Lana	13 – 18
Acrílico	1.3 – 2.5
Nylon	4 – 4.5
Poliéster	0.4 – 0.8
Rayón	15
Spandex	0.75 -1.3

Fuente: Sánchez, (2014).

g) La resistencia a la luz del sol

La resistencia a luz del sol; indica la resistencia de la fibra a la degradación y al amarillamiento bajo la luz solar. (Sánchez, 2014).

Tabla 7

Resistencia a la luz solar de algunas fibras

RESISTENCIA	FIBRA
Excelente resistencia	Poliéster
	Acrílicas
Buena resistencia	Viscosa
	Algodón
	Lino
	Acetato
	Spandex
Mala resistencia	Lana
	Seda
	Nylon

Fuente: Sánchez, (2014).

Esta propiedad es muy importante en aplicaciones de cortinas con exposición prolongada a la luz solar y productos para exteriores en general. (Sánchez, 2014).

h) Conductividad térmica

La conductividad térmica es la capacidad de conducir el calor. La lana y las fibras acrílicas son malos conductores del calor, por lo que en climas fríos se usan como ropa exterior porque almacenan o retienen



el calor corporal, y en climas templados la lana se siente fresca porque es muy absorbente. (Sánchez, 2014).

i) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad de conducir una carga eléctrica. Las fibras no conductoras tienden a acumular cargas estáticas, que son indeseables y desagradables y suponen un riesgo para la industria textil. Muchas veces cuando nos quitamos la ropa, la ropa presenta realiza chasquidos y salen chispas. Es una manifestación de la electricidad estática que se acumula en las superficies textiles y se descarga cuando entra en contacto con buenos conductores. (Sánchez, 2014).

Las fibras artificiales son las más propensas a acumular cargas estáticas y la verdadera desventaja de este tipo de fibra son:

- Las cortinas atraen el polvo y la suciedad.
- Las pelusas y la suciedad se adhieren fácilmente a las telas.
- Apariencia desagradable y desagradable.

También se agregan agentes antiestáticos durante el hilado y se controlan las condiciones de humedad y temperatura para evitar las perturbaciones inducidas por la electricidad estática. (Sánchez, 2014).

j) Inflamabilidad

Es la capacidad de incendiarse y quemarse. El algodón es la fibra más inflamable, se enciende fácilmente y el fuego se propaga rápidamente. Por lo tanto, se deben tomar muchas precauciones y se



deben seguir todas las reglas de seguridad para evitar incendios en las fábricas de algodón. Algunos hilanderos están equipados con alarmas de chispas y llamas y, en algunos casos, incluso con extintores de incendios. (Sánchez, 2014).

Al contrario de lo que ocurre con el algodón, además de los aislantes térmicos, existen algunas fibras ignífugas que no se queman o son muy difíciles de quemar. Estos incluyen asbesto, fibra de vidrio y fibras de aramílicas (Nomex, Kevlar) comúnmente utilizadas en trajes de seguridad para bomberos, deportes e industrias de alto riesgo. (Sánchez, 2014).

k) Lustre

El lustre indica la luz reflejada desde la superficie de la fibra. A excepción de la seda, las fibras naturales son opacas, y siempre se consigue dar un alto nivel de brillo mediante la utilización de tintes de brillo o tratamientos físicos y químicos que lo favorezcan. Por el contrario, las fibras artificiales son tan brillantes que se vuelven indeseables para la mayoría de las aplicaciones o usos. (Sánchez 2014).

l) Resistencia a la polilla y el moho

El moho es un hongo parásito que crece rápidamente en ambientes cálidos y húmedos. Los tejidos de algodón, lino, viscosa y lana son especialmente sensibles a este hongo. Los microorganismos están presentes en el aire y la suciedad y pueden crecer en las fibras húmedas. (Sánchez, 2014).



Si las telas no se secan por completo antes del almacenamiento, pueden ser atacadas por moho, que inicialmente producirá un olor desagradable, luego desarrollará manchas oscuras conocidas como "mal de tierra" y finalmente se descompondrá. (Sánchez, 2014).

La lana y la seda no se enmohecen a menos que se mantengan húmedas durante algún tiempo, pero pueden ser atacadas por polillas, especialmente si se almacenan sobre ropa sucia. (Sánchez, 2014).

2.2.3. Glosario

Adventicia: Las raíces adventicias son raíces que crecen de un órgano diferente a la raíz principal y pueden provenir de otras partes de la planta, como tallos, hojas o raíces viejas. Los brotes adventicios generalmente se forman cuando el tallo se lesiona o se poda.

Aerífero: Que conduce o lleva aire.

Ápice: Es la parte del extremo superior o punta de alguna cosa.

Bráctea: Es la hojita modificada cercana a la flor, diferente también de los elementos florales.

Bromatología. Es la disciplina científica dedicada y relacionada al análisis de los alimentos.

Catafilo: Es cada una de las hojas simples con apariencia de escamas, incoloras, que sirven de protección a una yema foliar o floral.

Corteza: Es la parte o capa superficial de una cosa.



Disentería: Esta es una enfermedad inflamatoria del intestino que generalmente ataca el colon y causa diarrea con mucosidad y sangre en las heces. Puede causar la muerte si no se maneja adecuadamente. La enfermedad se transmite a través de alimentos o agua contaminados o por contacto físico.

Ensilaje: Es el proceso de fermentación anaeróbica de carbohidratos solubles en forrajes para producir ácido láctico.

Fenología: Observación del desarrollo de los organismos en su ciclo de vida, estudio de las relaciones existentes entre el desarrollo de estos organismos y los cambios en las propiedades ambientales (clima, suelo, organismos).

Forraje: Hierba verde o seca que se da al ganado para alimentarlo.

Golfo: Parte de la mar rodeada por una punta de tierra o promontorio. Aunque a menudo se confunde con bahías y no está claro dónde está la diferencia entre golfos y bahías, es comprensible que las bahías sean más pequeñas.

Inflorescencia (botánica): Un grupo de flores que crecen de la misma inflorescencia. Racimos o espigas son algunas de las formas de inflorescencia.

Meristemo: Es un tejido indiferenciado cuyas células son capaces de convertirse en diferentes órganos o tejidos.

Morfología: Rama de la biología que se ocupa de las formas de los seres vivos y su evolución.

Lemna: es un género de plantas acuáticas que nadan libremente, que pertenece a la familia Araceae que incluye las lentejas de agua.



Lignificación: proceso típico al final de la fase de crecimiento de las células vegetales superiores, cuando la lignina reemplaza la mayor parte del agua en la membrana celular, volviéndola rígida y aumentando su volumen.

Parénquima: Tejido vegetal esponjoso de células vivas que llena los espacios que dejan los vasos y puede realizar distintas funciones según su ubicación, como almacenamiento de sustancias, fotosíntesis o llenado.

Pecíolo: Es el ángulo que une la lámina de la hoja con su base o pecíolo.

Rebrote: Un nuevo tallo que crece de un árbol o planta.

Rizoma: Es el tallo subterráneo de algunas plantas, generalmente horizontal, con ramas aéreas verticales de un lado y raíces del otro.

Umbela: Conjunto de flores o frutos que nacen en el mismo lugar del tallo y se elevan a la misma o casi la misma altura.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA

3.1.1. Adquirir la materia prima

La Totora se obtuvo de la zona noreste del Lago Titicaca, con ayuda de los comuneros que viven en zonas aledañas, utilizando como medio de transporte un barco pequeño e introduciéndonos en las aguas del Lago Titicaca.

Figura 5

Recolección de la materia prima.



3.1.2. Lavado y seleccionado

Usar tinas de plástico grandes para lavar la totora en agua potable para eliminar las impurezas, a su vez; seleccionar la totora de tallo verde y con mayor diámetro. Lavar como mínimo 3 veces.

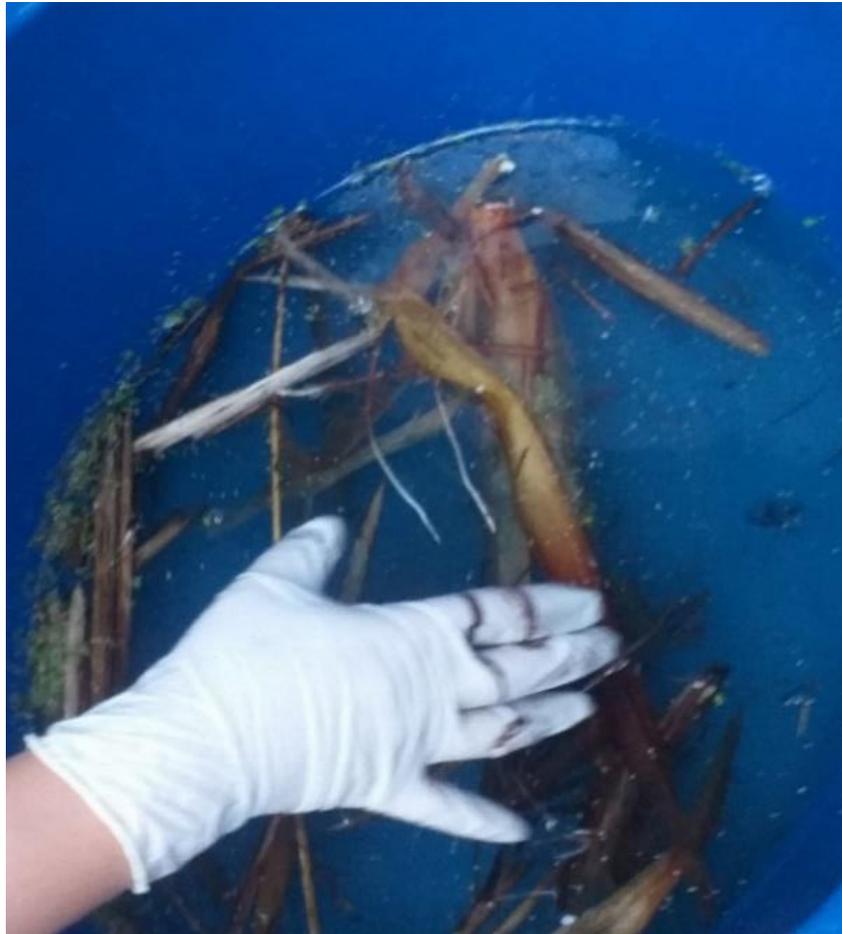
Figura 6

Lavado de la totora para eliminación de impurezas.



Figura 7

Restos de impurezas producto del lavado de la totora.



3.2. UBICACIÓN

La parte experimental del presente proyecto de tesis se realizó en los laboratorios de la planta de tratamiento de agua potable de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno EMSA PUNO. Ubicado en Aziruni.

3.3. MATERIALES

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- 8 vasos de precipitados de 500 ml (Pirex, código 1000, procedencia Made in U.S.A.).
- 4 Fiolas de 1000 ml (Kimax Kimble, código 14395, procedencia Made in U.S.A.).
- Varilla de vidrio.
- 2 probetas de 100 ml (Schott duran, código 10018365, procedencia Made in Germany).
- Espátula.
- Regla.
- Marcador.
- Cúter.
- 1 vaso de precipitado de 4000 ml (Pirex, código 1000, procedencia Made in U.S.A.).

Figura 8

Materiales de laboratorio.



3.4. REACTIVOS

- Hidróxido de sodio, Numero CAS 1310-73-2, 98% pureza, presentación en escamas
- Agua destilada QP.

3.5. EQUIPOS

- Estufa (Hach gravity oven, modelo 35 GM, procedencia Made in U.S.A.)
- Cocinilla (Thermolyne, modelo HP46820–26, número de serie 1070011089222, procedencia Made in U.S.A.)
- Balanza analítica (Scientech, modelo SL 600, número de serie 7309, procedencia Made in U.S.A.)

Figura 9

Balanza analítica (Scientech, modelo SL 600).



Figura 10

Cocinilla (Thermolyne, modelo HP46820).



Figura 11

Estufa (Hach gravity oven, modelo 35 GM).





3.6. PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE SOLUCIONES

Se denomina concentración a la cantidad de soluto disuelto en una cantidad dada de disolución. (Sánchez, Calderón & García, 2014).

Las unidades físicas de concentración de una solución en términos de concentración son:

$$\% = \frac{m}{v} = \frac{m_{\text{soluto}}}{v_{\text{soluto}} + v_{\text{solvente}}} \times 100$$

Se tiene: $v_{\text{solución}} = v_{\text{soluto}} + v_{\text{solvente}}$

Reemplazando: $\% = \frac{m}{v} = \frac{m_{\text{soluto}}}{v_{\text{solución}}} \times 100$

Despejando: $m_{\text{soluto}} = \% \frac{m}{v} \times \frac{v_{\text{solución}}}{100}$

3.6.1. Cálculos para preparar una solución de NaOH al 2% en un volumen de 1000 ml.

Formula: $\% = \frac{m}{v} = \frac{m_{\text{soluto}}}{v_{\text{solución}}} \times 100$

Despejando: $m_{\text{soluto}} = \% \times \frac{v_{\text{solución}}}{100}$

Reemplazando: $m_{\text{soluto}} = 2 \times \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ ml}}$

$$m_{\text{soluto}} = 20 \text{ g.}$$



Procedimiento:

- Pesar en la balanza analítica 20 g, de NaOH.
- Colocar en una Fiola de 1000 mL. y agregar agua destilada con precaución, porque el NaOH es higroscópico (absorbe la humedad del aire) y genera calor.
- Una vez disuelto. Enrasar hasta la marca de la Fiola.

3.6.2. Cálculos para preparar una solución de NaOH al 5% en un volumen de 1000 ml.

Formula:
$$\% = \frac{m}{v} = \frac{m_{\text{soluto}}}{v_{\text{solución}}} \times 100$$

Despejando:
$$m_{\text{soluto}} = \% \times \frac{V_{\text{solución}}}{100}$$

Reemplazando:
$$m_{\text{soluto}} = 5 \times \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ ml}}$$

$$m_{\text{soluto}} = 50 \text{ g.}$$

Procedimiento:

- Pesar en la balanza analítica 50 g, de NaOH.
- Colocar en una Fiola de 1000 mL. y agregar agua destilada con precaución, porque el NaOH es higroscópico (absorbe la humedad del aire) y genera calor.
- Una vez disuelto. Enrasar hasta la marca de la Fiola.

3.7. PARTE EXPERIMENTAL

3.7.1. Medir y cortar las muestras

Con la ayuda de un marcador y una regla, medir 10 cm del tallo de la totora, cortar las muestras con un cúter.

Figura 12

Preparación de las muestras de totora



3.7.2. Tratamiento de muestras en cocinilla con una solución de NaOH al 2%.

En un vaso de precipitado de 4000 mL. colocar 16 muestras de totora de 10 centímetros, prender la cocinilla colocar el vaso y dejar hervir.

Figura 13

Muestras colocadas en el vaso de precipitados con una solución de NaOH al 2%.





3.7.3. Retiro de muestras de la cocinilla con la solución de NaOH al 2%.

El retiro de muestras de la cocinilla se realiza considerando el tiempo, se retira las muestras cada 30 minutos desde que empieza la ebullición, teniendo un total de 8 muestras y tiempo total de tratamiento de 240 minutos.

Tabla 8

Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.

Nº MUESTRA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	TEMPERATURA
1º muestra	30	90 °C
2º muestra	60	90 °C
3º muestra	90	90 °C
4º muestra	120	90 °C
5º muestra	150	90 °C
6º muestra	180	90 °C
7º muestra	210	90 °C
8º muestra	240	90 °C

Figura 14

Muestras de totora obtenidas como resultado del tratamiento en cocinilla con NaOH al 2%



3.7.4. Tratamiento de muestras en cocinilla con una solución de NaOH al 5%.

En un vaso de precipitado de 4000 mL. colocar 16 muestras de totora de 10 centímetros, prender la cocinilla y poner el vaso a hervir.

Figura 15

Muestras colocadas en el vaso de precipitados con NaOH al 5%





3.7.5. Retiro de muestras de la cocinilla con una solución de NaOH al 5%.

El retiro de muestras de la cocinilla se realiza considerando el tiempo, se retira las muestras cada 30 minutos desde que empieza la ebullición, teniendo un total de 8 muestras y tiempo total de tratamiento de 240 minutos.

Tabla 9

Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.

Nº MUESTRA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	TEMPERATURA
1º muestra	30	90 °C
2º muestra	60	90 °C
3º muestra	90	90 °C
4º muestra	120	90 °C
5º muestra	150	90 °C
6º muestra	180	90 °C
7º muestra	210	90 °C
8º muestra	240	90 °C

Figura 16

Muestras de totora obtenidas como resultado del tratamiento en cocinilla con NaOH al 5%



3.7.6. Tratamiento de muestras en estufa con una solución de NaOH al 2%

En cada vaso de precipitado de 500 mL, colocar 2 muestras de totora. Por lo tanto, se tendrá 8 vasos de precipitados cada uno con 2 muestras en su interior. Agregar la solución de NaOH con una concentración al 2%, luego colocar los 8 vasos de precipitados en la estufa.

Figura 17

Preparación de muestras de totora con una solución de NaOH al 2%.



Figura 18

Muestras de totora colocadas en la estufa



3.7.7. Retiro de muestras de la estufa

El retiro de muestras de la ESTUFA se realizó considerando el tiempo, se retira las muestras cada 30 minutos desde que empieza la ebullición, teniendo un

total de 8 muestras y tiempo total de tratamiento de 240 minutos, se considera la siguiente tabla y fotos de las muestras.

Tabla 10

Tratamiento y retiro de las muestras considerando el tiempo.

N° MUESTRA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	TEMPERATURA
1° muestra	30	85 °C
2° muestra	60	85 °C
3° muestra	90	85 °C
4° muestra	120	85 °C
5° muestra	150	85 °C
6° muestra	180	85 °C
7° muestra	210	85 °C
8° muestra	240	85 °C

Figura 19

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 30 min.

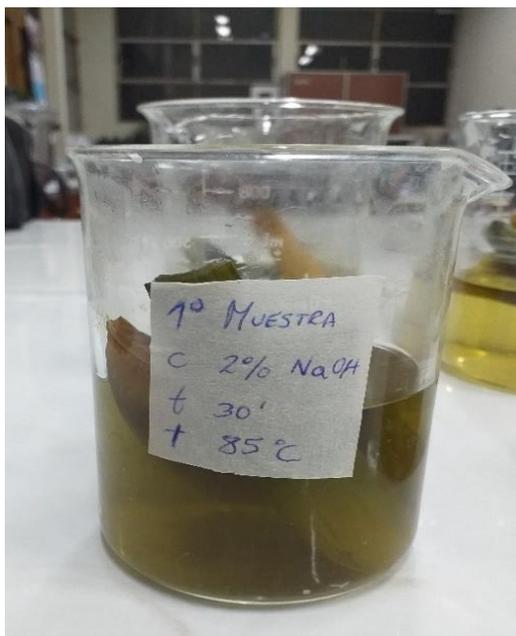


Figura 20

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 60 min.

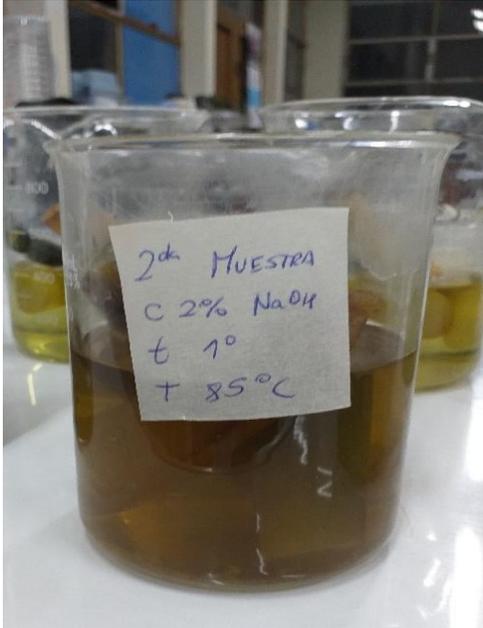


Figura 21

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 90 min.

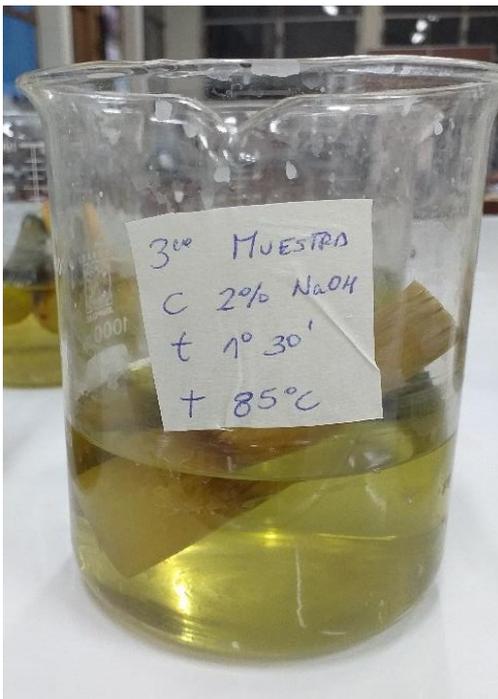


Figura 22

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 120 min.

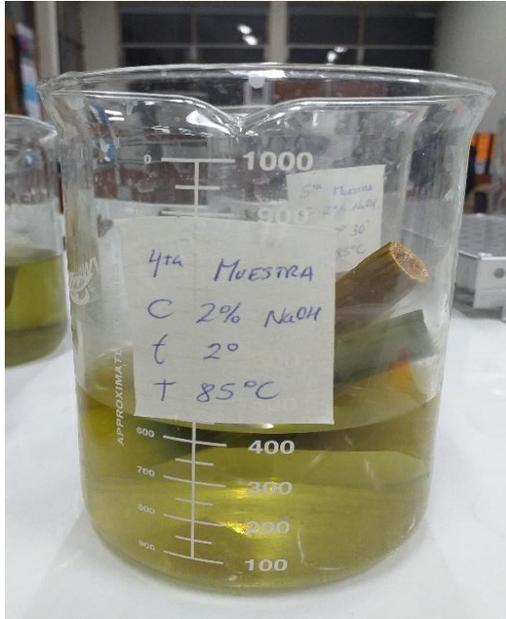


Figura 23

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 150 min.

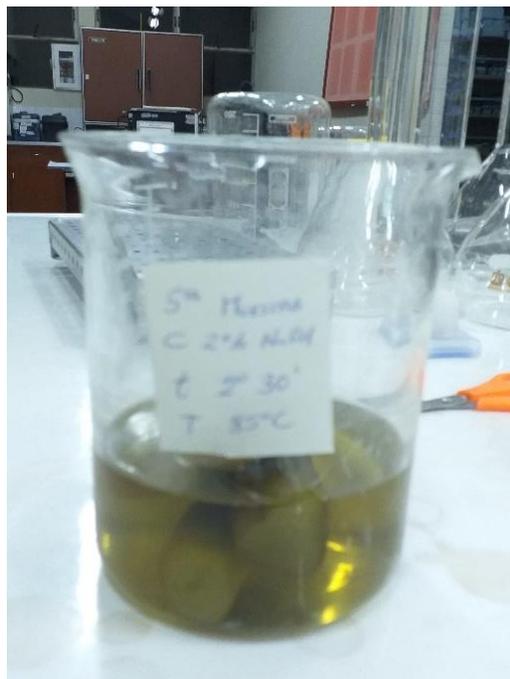


Figura 24

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 180 min.

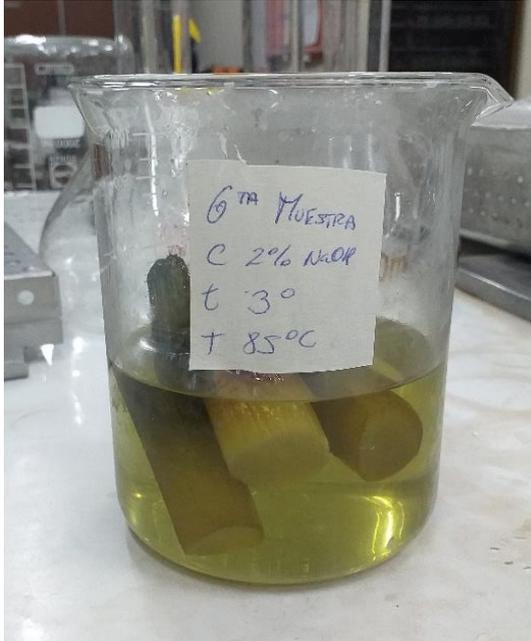


Figura 25

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 210 min.

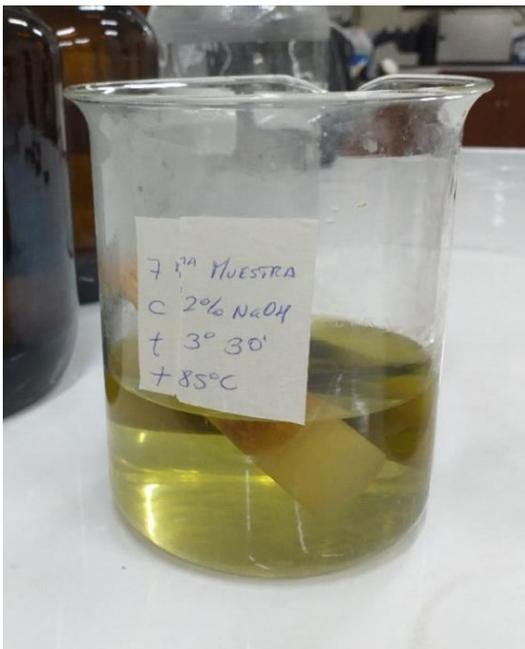


Figura 26

Muestra de totora con una solución de NaOH al 2% y tiempo de ebullición de 240 min.

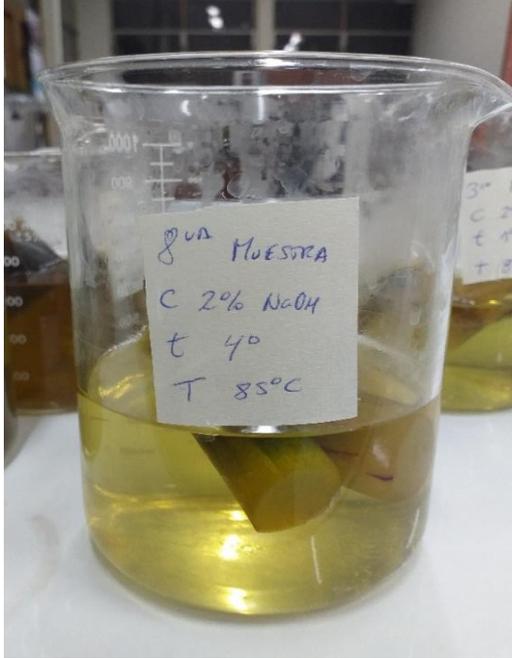
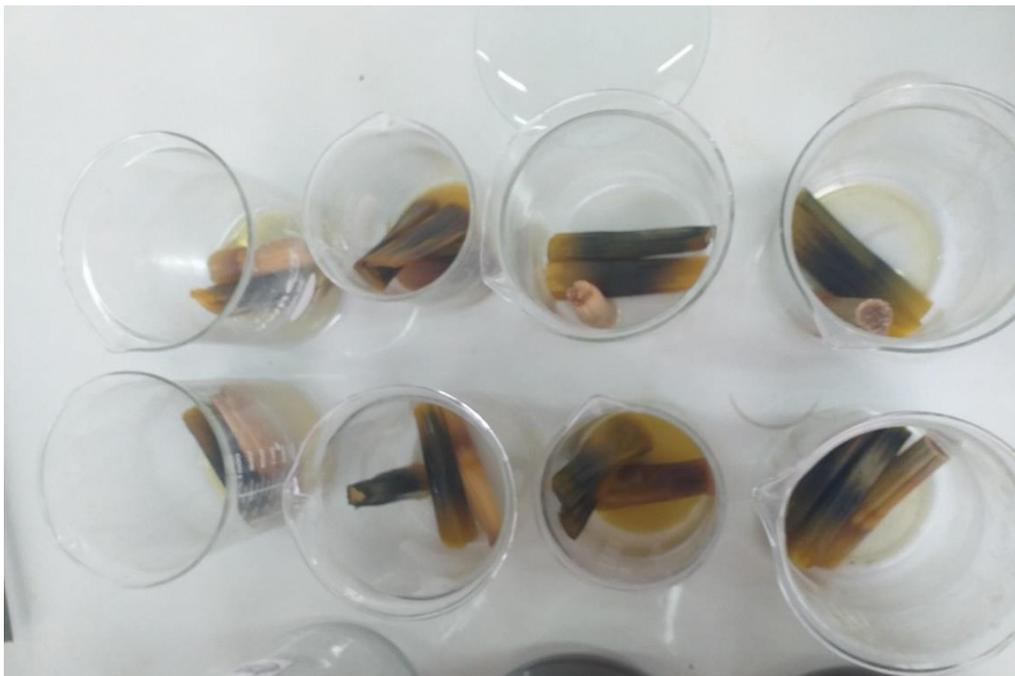


Figura 27

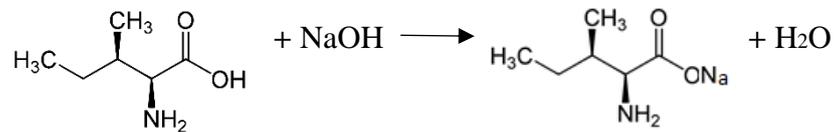
Imagen general de las muestras de totora tratadas en la estufa con una solución de NaOH al 2%.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar con los resultados y discusión de las pruebas experimentales, se debe considerar la ecuación que resulta del producto de la elastina con la solución del hidróxido de sodio, tal como sigue:

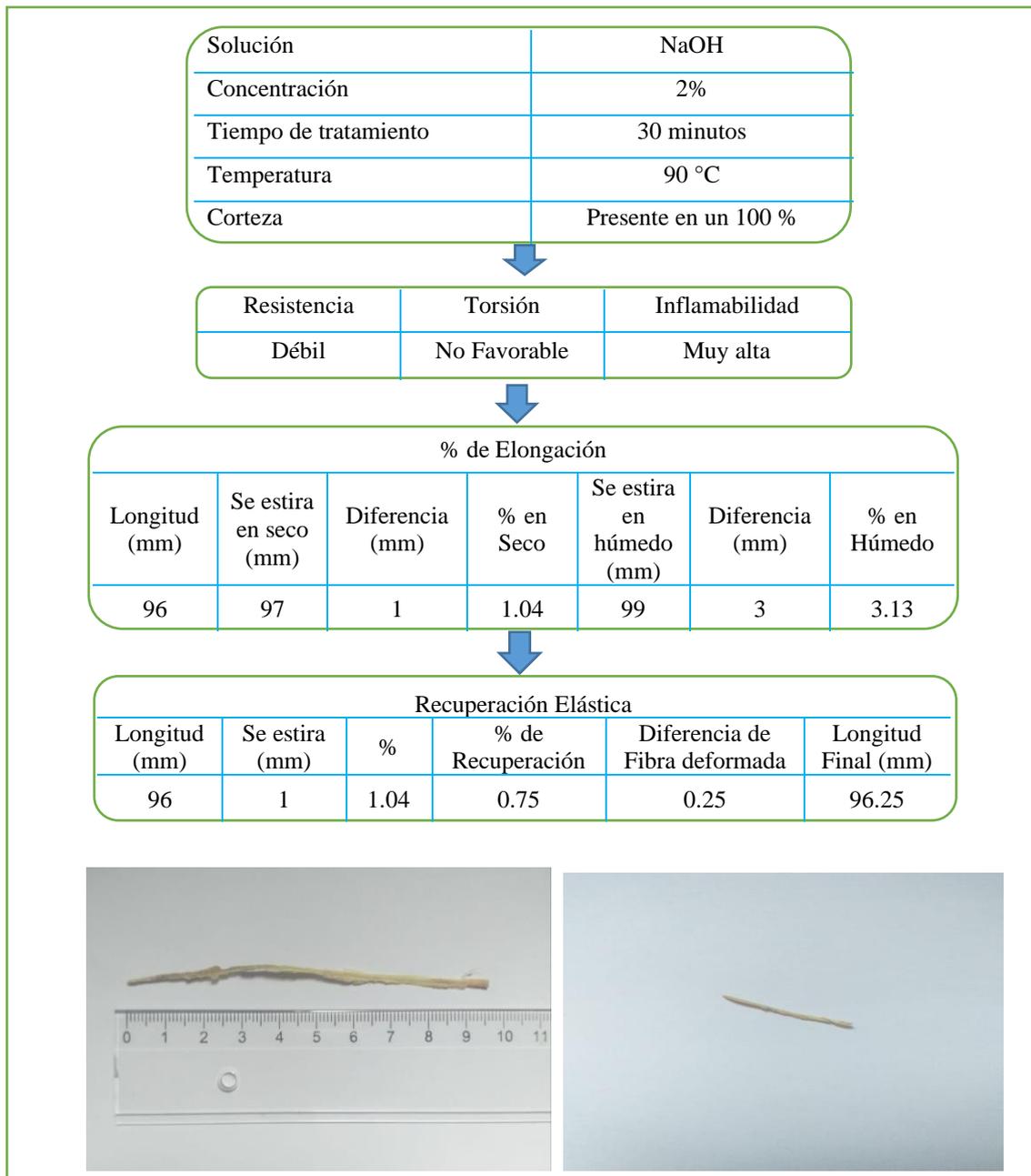


Se tienen los resultados de 3 ensayos de pruebas experimentales, que son los siguientes:

4.1. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN COCINILLA CON UNA SOLUCIÓN DE NaOH AL 2%.

Figura 28

Características y resultados de la Muestra 1



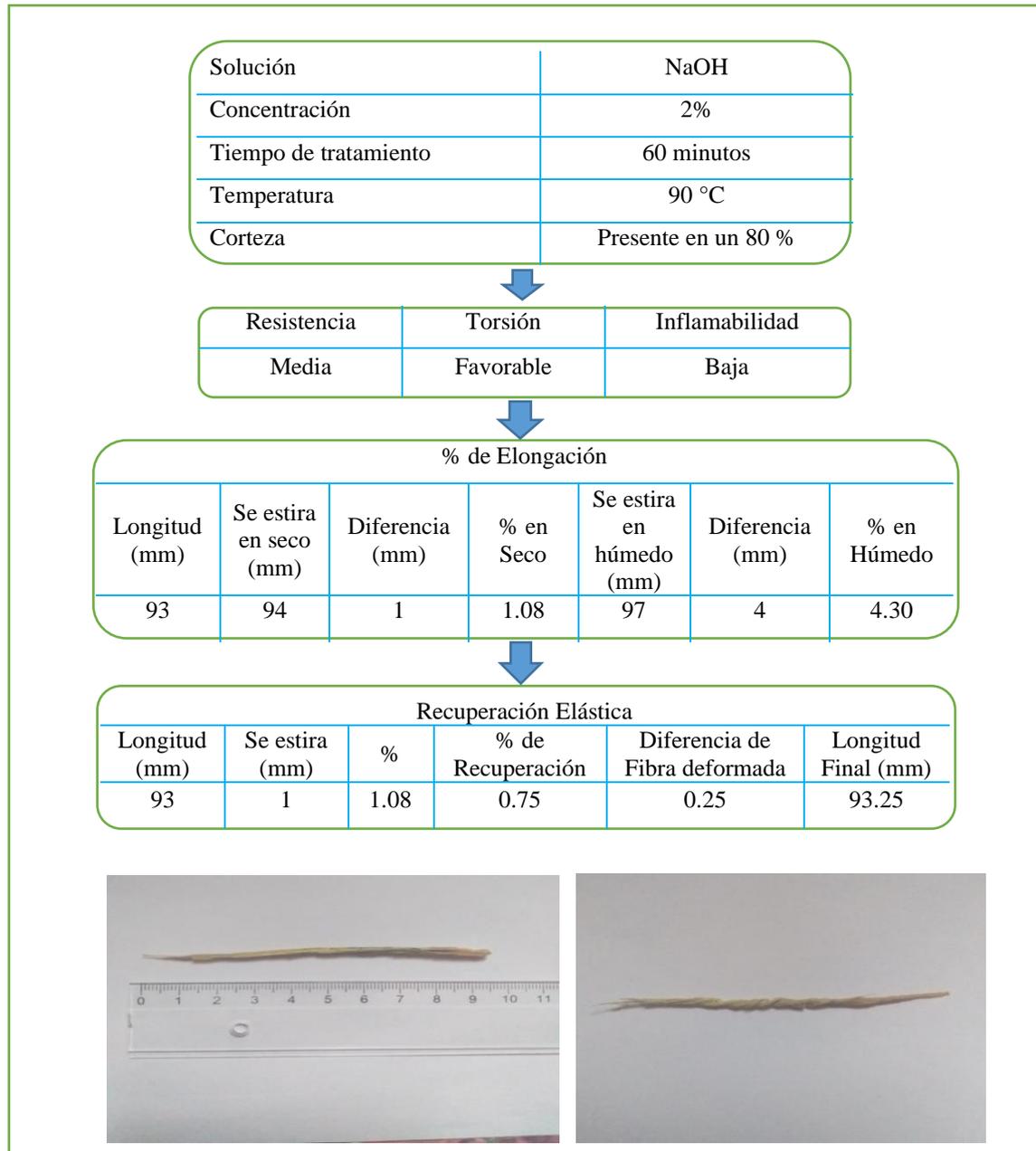
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 28, la muestra 1, presenta una débil resistencia y la torsión no se puede llevar a cabo, el porcentaje de elongación en seco es 1.04% y en húmedo 3.13%; la longitud de la fibra final es 96.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado

una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra 1 no cumple con estas condiciones.

Figura 29

Características y resultados de la Muestra 2



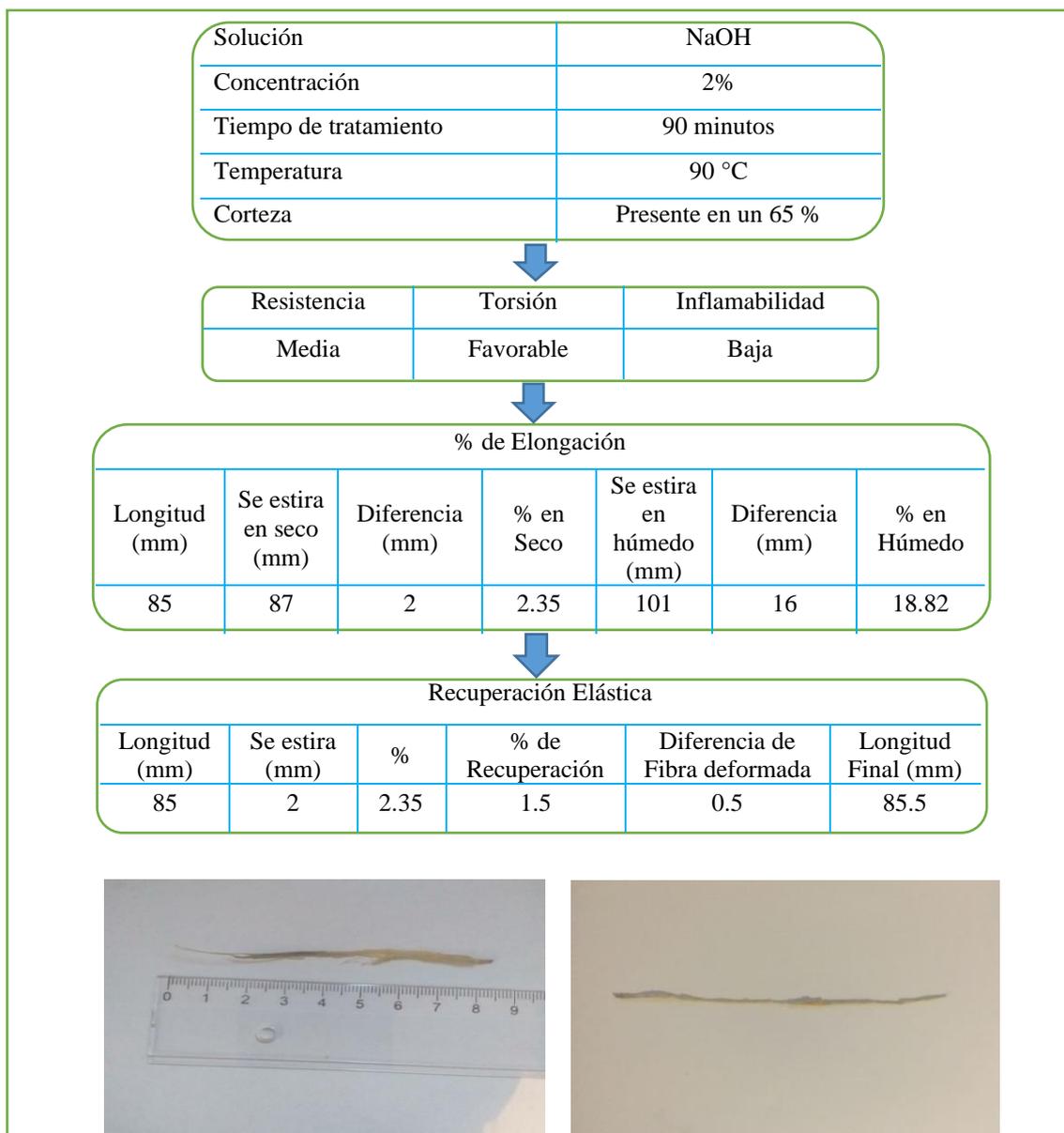
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 29, la muestra 2, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 1.08% y en húmedo 4.30%; la longitud

de la fibra final es 93.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 2, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 30

Características y resultados de la Muestra 3



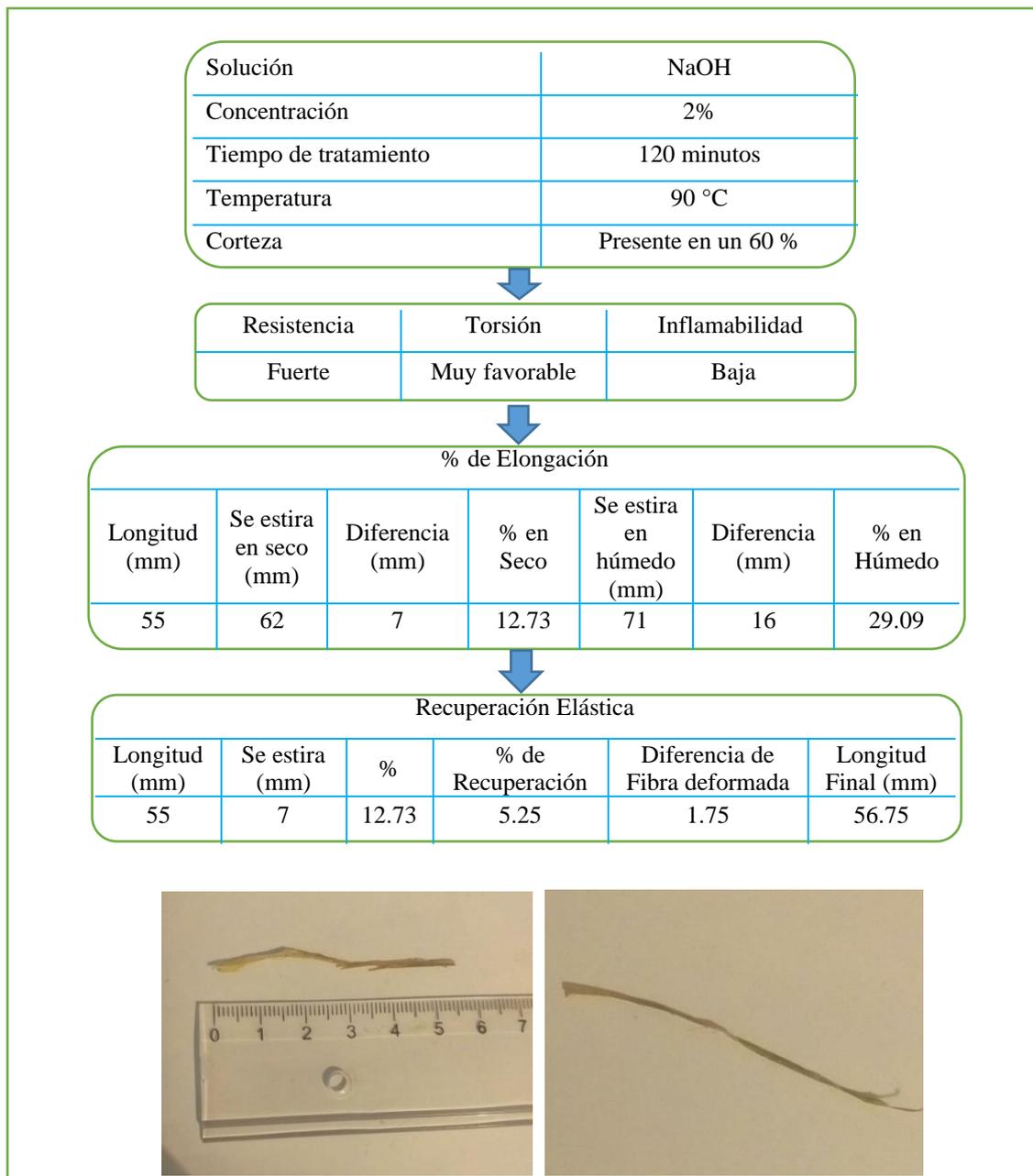
Fuente: Sánchez, (2014).



De la Figura 30, la muestra 3, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 2.35% y en húmedo 18.82%; la longitud de la fibra final es 85.5 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 3, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 31

Características y resultados de la Muestra 4



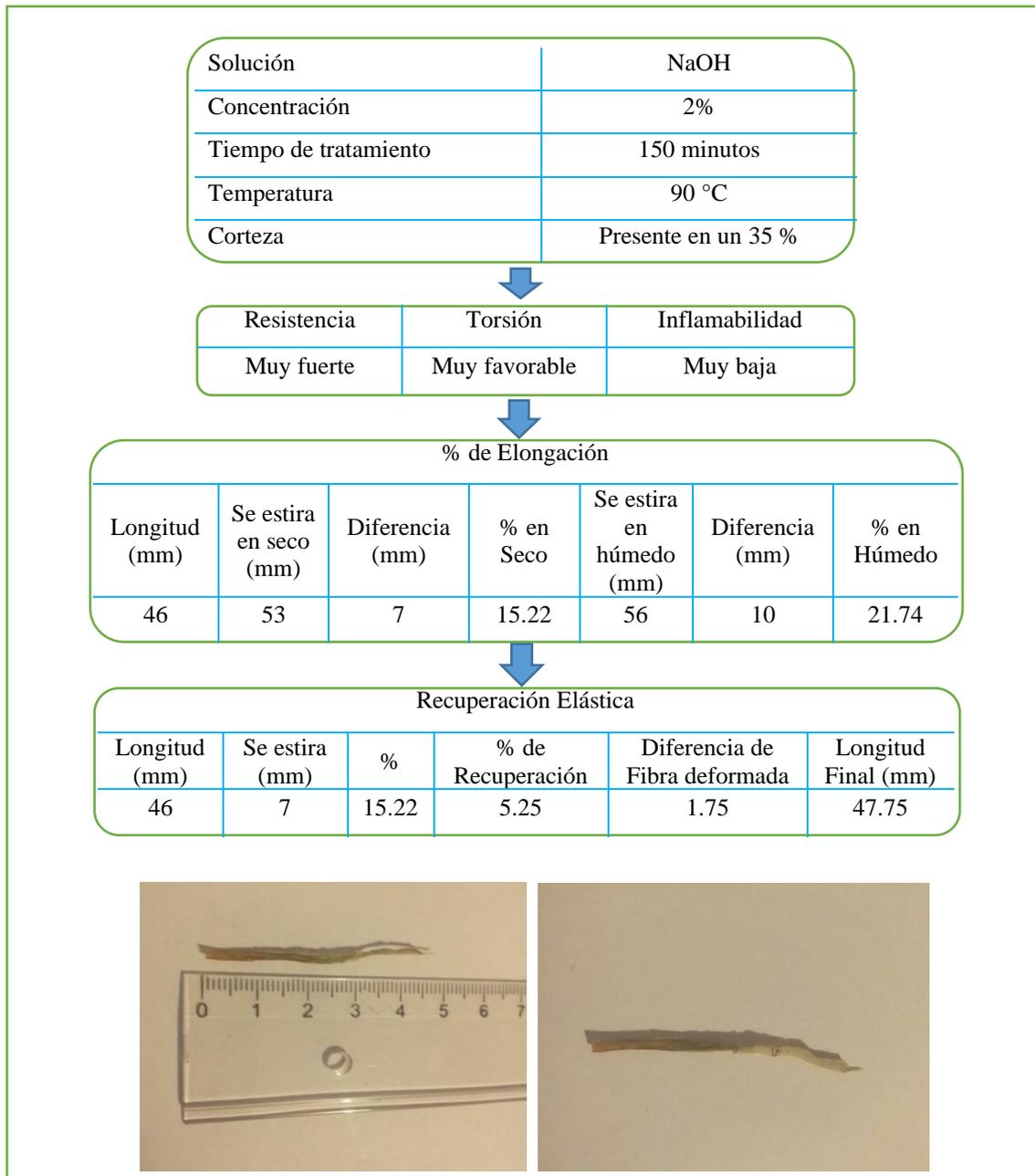
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 31, la muestra 4, presenta una fuerte resistencia y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 12.73% y en húmedo 29.09%; la longitud de la fibra final es 56.75 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna

fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 4, cumpliría en cuanto a la flexibilidad y resistencia.

Figura 32

Características y resultados de la Muestra 5

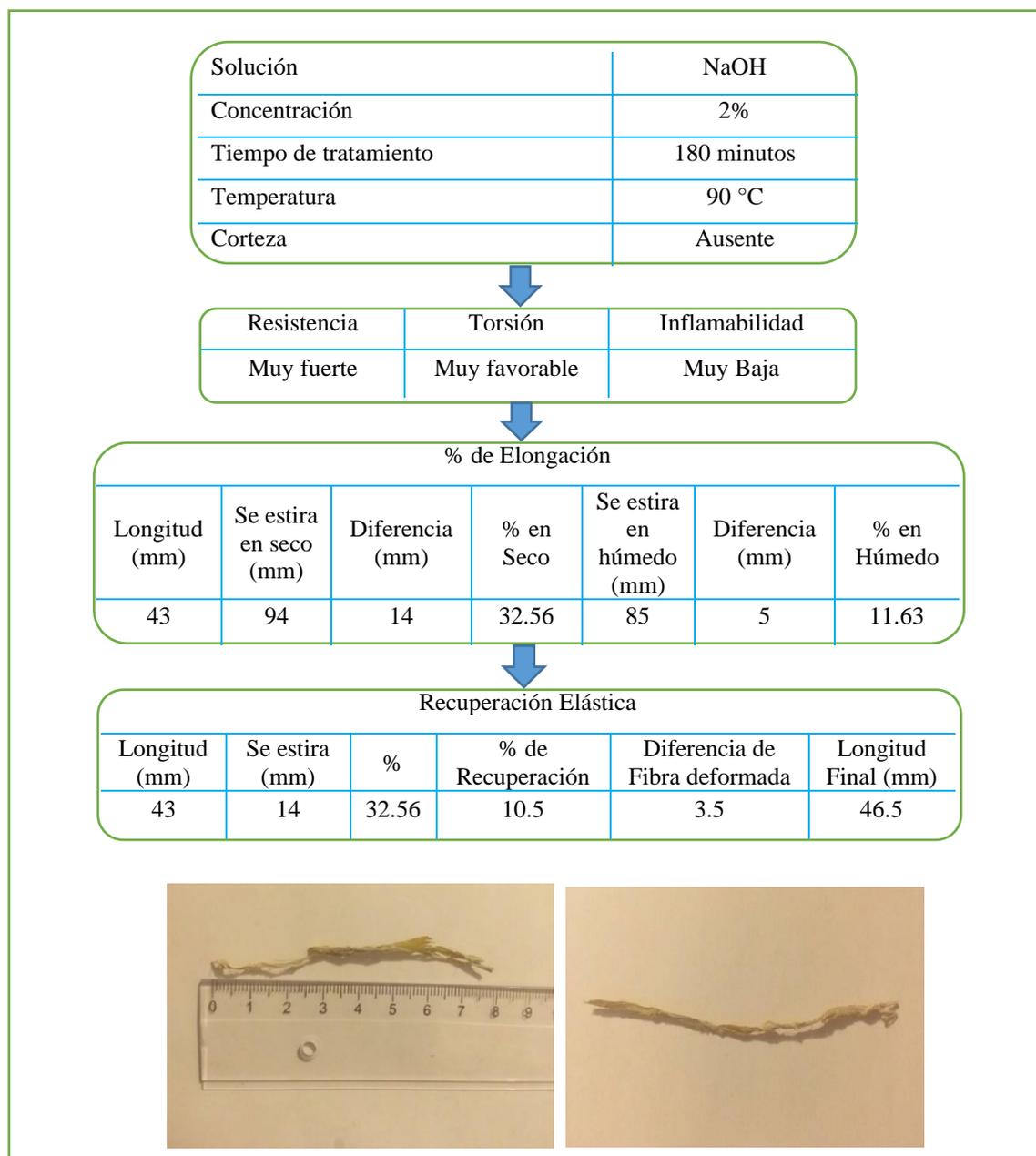


Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 32, la muestra 5, presenta una fuerte resistencia y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 15.22% y en húmedo 21.74%; la longitud de la fibra final es 47.75 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 5 cumpliría en cuanto a la flexibilidad y resistencia.

Figura 33

Características y resultados de la Muestra 6.



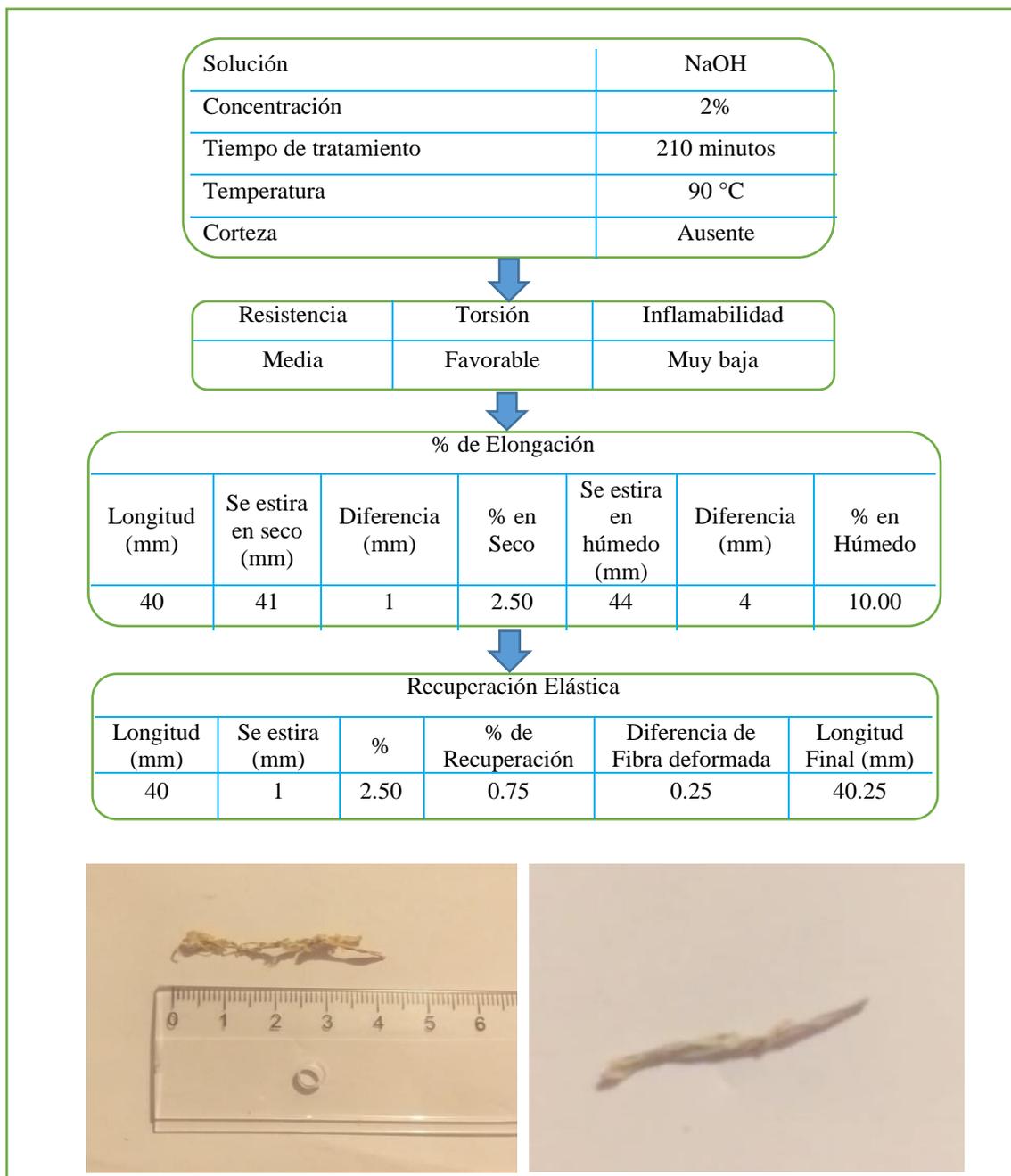
Fuente: Sánchez, (2014).



De la Figura 33, la muestra 6, presenta una resistencia muy fuerte y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 32.56% siendo el valor más alto y en húmedo 11.63%; la longitud de la fibra final es 46.5 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra 6 cumple con todos los requisitos para una fibra.

Figura 34

Características y resultados de la Muestra 7



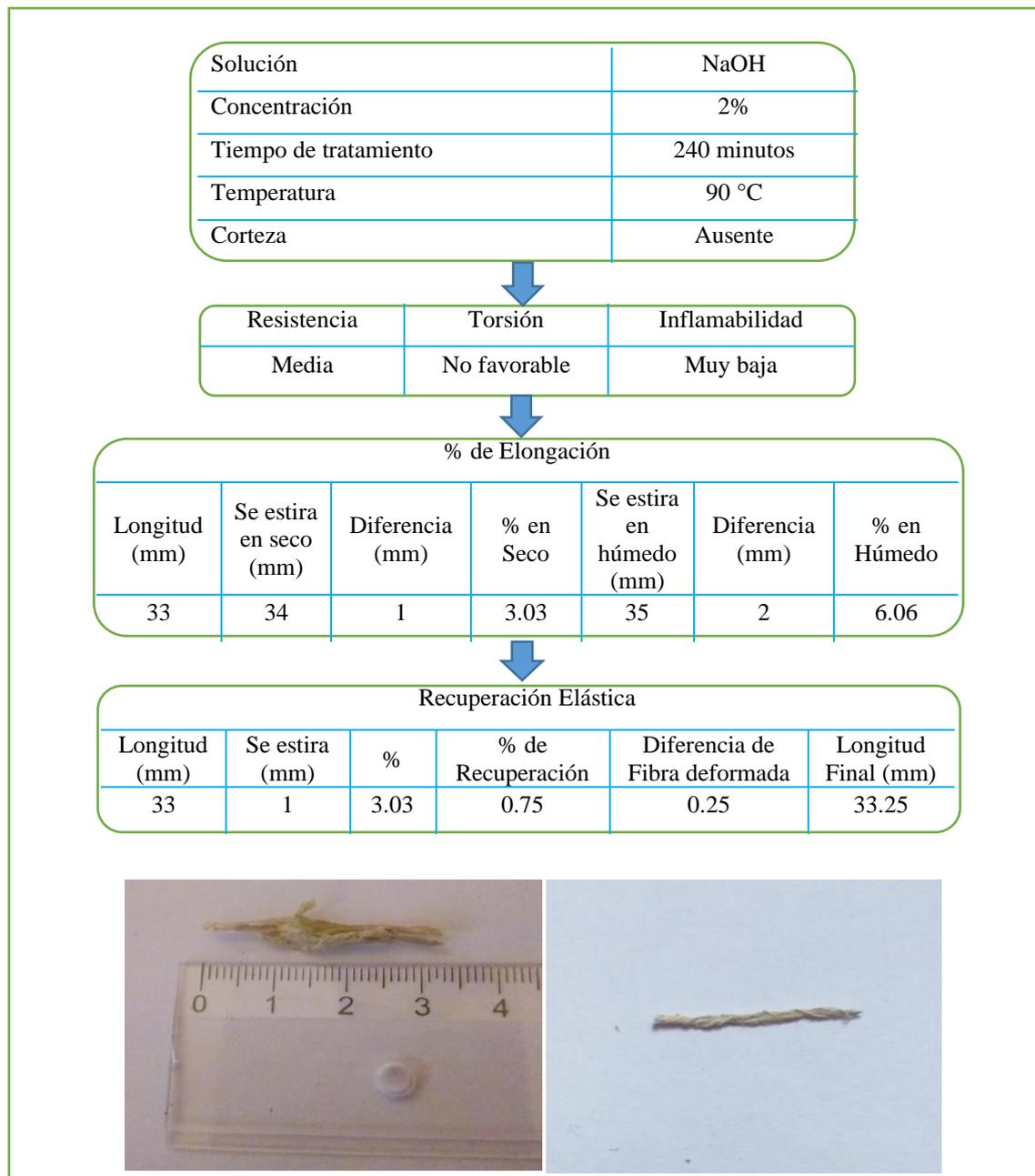
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 34, la muestra 7, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 2.50% y en húmedo 10.00%; la longitud de la fibra final es 40.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe

cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra 7 no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 35

Características y resultados de la Muestra 8



Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 35, la muestra 8, presenta una resistencia media y la torsión no es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 3.03% y en húmedo 6.06%; la longitud

de la fibra final es 33.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra 8 no cumple con ninguna condición para ser considerada una fibra.

Tabla 11

Resumen de resultados de las muestras tratadas en cocinilla con una solución de NaOH al 2% y una temperatura de 90°C.

N°	Longitud de la fibra inicial (mm)	Tiempo (min)	Torsión	Longitud de la fibra final (mm)	Elongación		% Recuperación Elástica	Longitud final de Recuperación. Elástica. (mm)
					% Seco	% Húmedo		
1	100	30	No favorable	96	1.04	3.13	0.75	96.25
2	100	60	Favorable	93	1.08	4.30	0.75	93.25
3	100	90	Favorable	85	2.35	18.82	2.35	85.5
4	100	120	Muy favorable	55	12.73	29.09	5.25	56.75
5	100	150	Muy favorable	46	15.22	21.74	5.25	47.75
6	100	180	Muy favorable	43	32.56	11.63	10.50	46.50
7	100	210	Favorable	40	2.50	10.00	0.75	40.25
8	100	240	No favorable	33	3.03	6.06	0.75	33.25



De la Tabla 11, podemos observar el comportamiento de la totora en la muestra 6, cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2% y durante 180 minutos en ebullición a 90°C, con una longitud final de 46.50 mm., alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con 32.56%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. La muestra 6, También tiene el valor más alto en el porcentaje de recuperación elástica con un 10.50%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación, según los sostenido por Lockuán (2013).

En estos resultados, se aplicó el método químico según Gómez (2015), es posible obtener hilos mediante la solución de NaOH al 5%, indica a su vez que la longitud de la fibra puede variar, al igual que su grosor, al aumentar o disminuir la cantidad de hebras en la paralelización y torsión de las mismas.

Por lo tanto, según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 6, cumple con todas las características de una fibra debido a sus resultados y a su alta resistencia y facilidad de torsión.

a) Análisis de Una Variable

De la Tabla 11, se tiene 8 valores con rango desde 33.25 a 96.25 de la longitud final de la fibra. Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Se calculó datos estadísticos y gráficas. También están incluido en este procedimiento los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis.

b) Resumen Estadístico.

Tabla 12

Resumen estadístico de las pruebas realizadas en cocinilla con una solución de NaOH al 2%

MEDIDA	VALOR
Recuento	8
Promedio	66,875
Desviación Estándar	25,493
Coefficiente de Variación	38,1204%
Mínimo	33,25
Máximo	96,25
Rango	63,0
Sesgo Estandarizado	-0,158679
Curtosis Estandarizada	-1,23667

La Tabla 12, muestra los resultados del tratamiento estadístico realizado a los datos de la tabla. Resumen de resultados de las muestras tratadas en cocinilla con una solución de NaOH al 2% y una temperatura de 90°C. Se tiene el valor de la media que es igual a 66,875 y el valor de la desviación estándar es igual a 25,493.

La Tabla 12, muestra el resumen estadístico, incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos datos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones

significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

Tabla 13*Tabla de frecuencias*

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frec.	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
1	30,0	38,0	34,0	1	0,1250	1	0,1250
2	38,0	46,0	42,0	1	0,1250	2	0,2500
3	46,0	54,0	50,0	1	0,1250	3	0,3750
4	54,0	62,0	58,0	1	0,1250	4	0,5000
5	62,0	70,0	66,0	0	0,0000	4	0,5000
6	70,0	78,0	74,0	0	0,0000	4	0,5000
7	78,0	86,0	82,0	2	0,2500	6	0,7500
8	86,0	94,0	90,0	1	0,1250	7	0,8750
9	94,0	102,0	98,0	1	0,1250	8	1,0000
10	102,0	110,0	106,0	0	0,0000	8	1,0000
TOTAL				8			

La Tabla 13, muestra la opción que ejecuta una tabulación de frecuencias dividiendo el rango de la Columna 3 en intervalos del mismo ancho, y contando el número de datos en cada intervalo. Las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo.

4.1.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 2%.

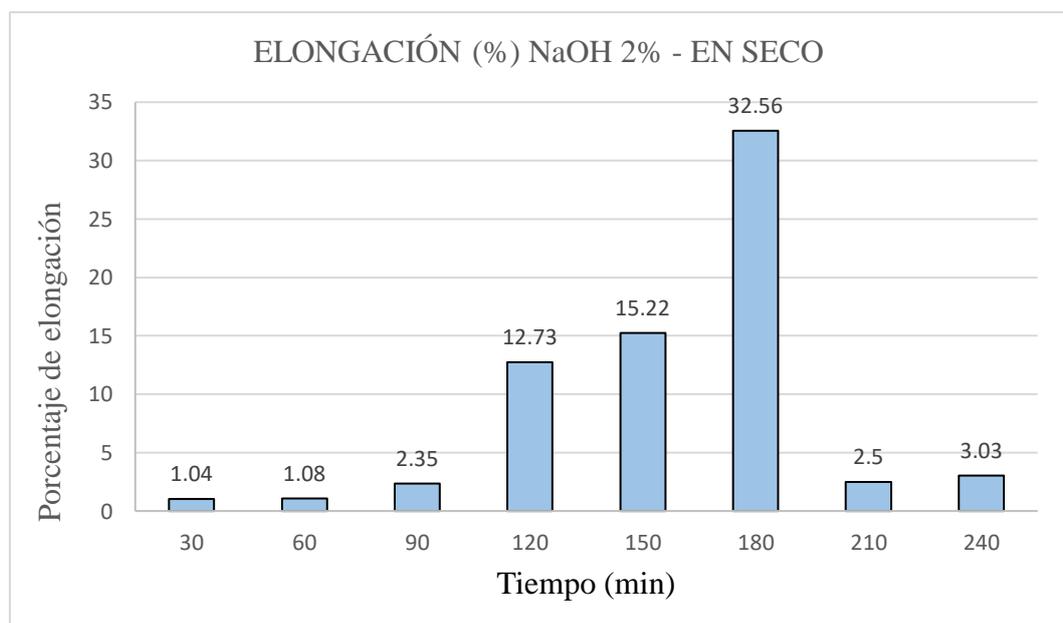
De la tabla 11, se observa el resultado de cada muestra de totora que fue tratada con una solución de NaOH al 2%, temperatura constante de 90°C, sometido a ebullición y con variaciones de tiempo, cada 30 minutos.

De la tabla 11, se puede realizar los gráficos para determinar el comportamiento de la totora y poder determinar las condiciones óptimas para obtener fibra textil.

Para el análisis del porcentaje de elongación en seco se graficará el tiempo versus el porcentaje de elongación de las muestras en seco y podremos determinar cuál de las muestras tiene el valor más alto, así podremos indicar la condición óptima, que permita tratar y procesar la muestra en seco.

Figura 36

Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.





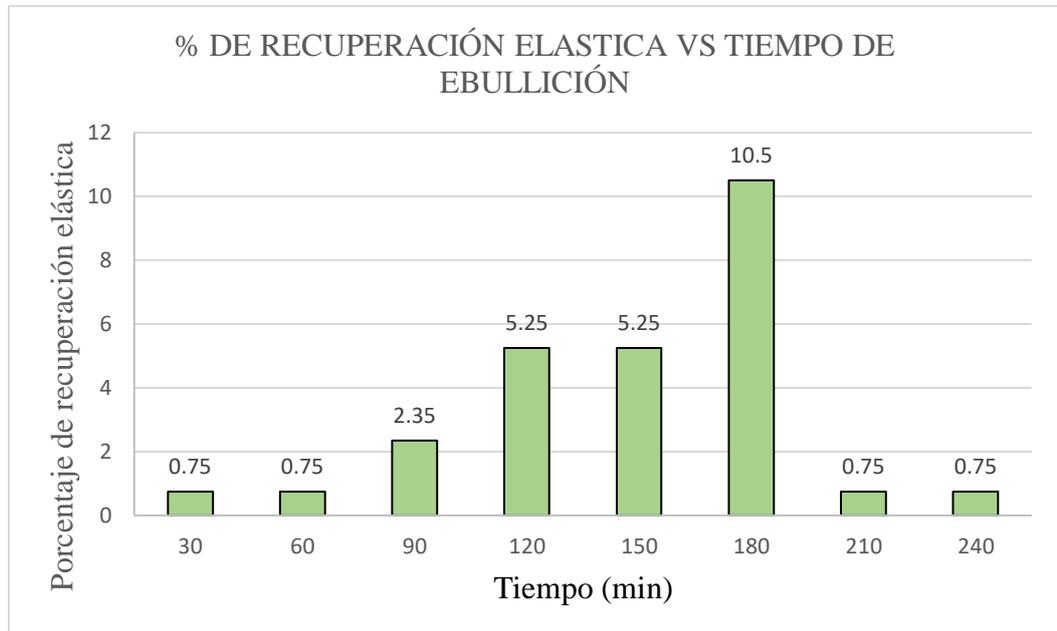
De la Figura 36, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2%, en la muestra 6 durante 180 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con un valor de 32.56%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 6, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.1.2. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.

De la tabla 11, podemos realizar el gráfico para saber el porcentaje de recuperación elástica de la fibra que es la capacidad de recuperar su longitud original después de sufrir una deformación por estiramiento sin reventar la fibra.

Figura 37

Porcentaje de recuperación elástica de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 2%.



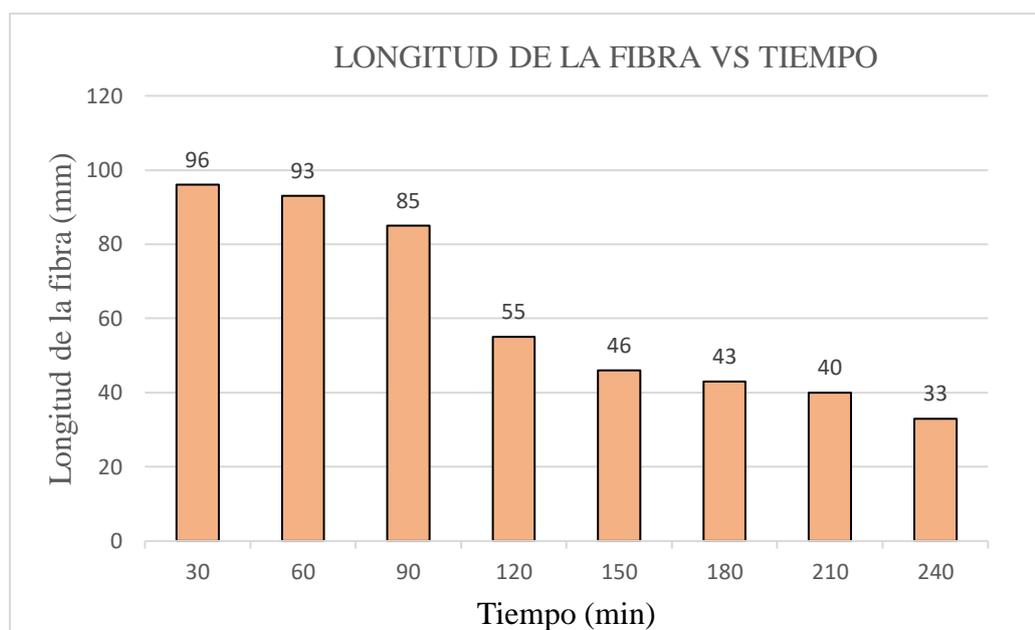
De la Figura 37, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2%, en la muestra 6, durante 180 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de recuperación elástica con un valor de 10.5%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 6, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.1.3. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 2%.

De la Tabla 11, podemos observar el comportamiento de la fibra en cuanto a su longitud inicial de la fibra cuando transcurre los primeros minutos y la longitud final cuando transcurren los 240 minutos en ebullición.

Figura 38

Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 2%.



De la Figura 38, se observa el comportamiento de la longitud de la fibra cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2% y durante 240 minutos en ebullición, se observa que la longitud de la fibra disminuye debido a la acción de la solución básica, esto a su vez indica que a mayor tiempo de ebullición la fibra de totora tiende a perder consistencia y tiende a destrozarse, lo que no permitiría obtener una fibra resistente y manejable.

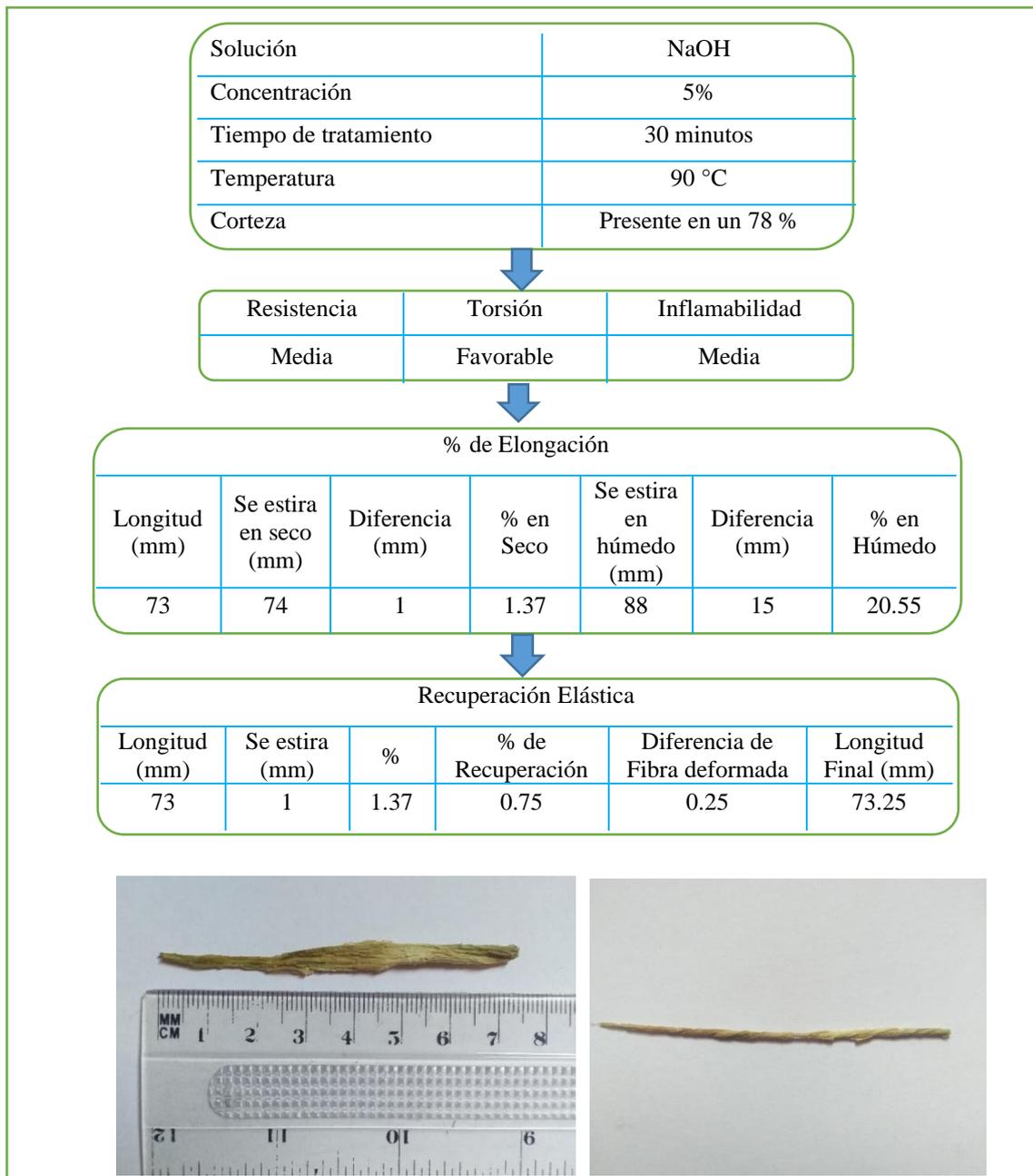


Según Arcos (2013), en su estudio acerca del desgomado de la fibra de ramio utilizó una concentración de hidróxido de sodio del 9%, sin embargo; se apreció un ligero daño en la estructura de la fibra, ya que al aplicar un tratamiento con una alta concentración de hidróxido de sodio puede provocar una excesiva despolimerización de la celulosa y deslignificación de la fibra; todo esto afecta negativamente a la resistencia de las fibras, descartando su uso para procesos posteriores, esto queda demostrado en la Figura 38, ya que se observa que la longitud de la fibra disminuye conforme aumenta el tiempo de ebullición.

4.2. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN COCINILLA CON UNA SOLUCIÓN DE NaOH AL 5%.

Figura 39

Características y resultados de la Muestra 1



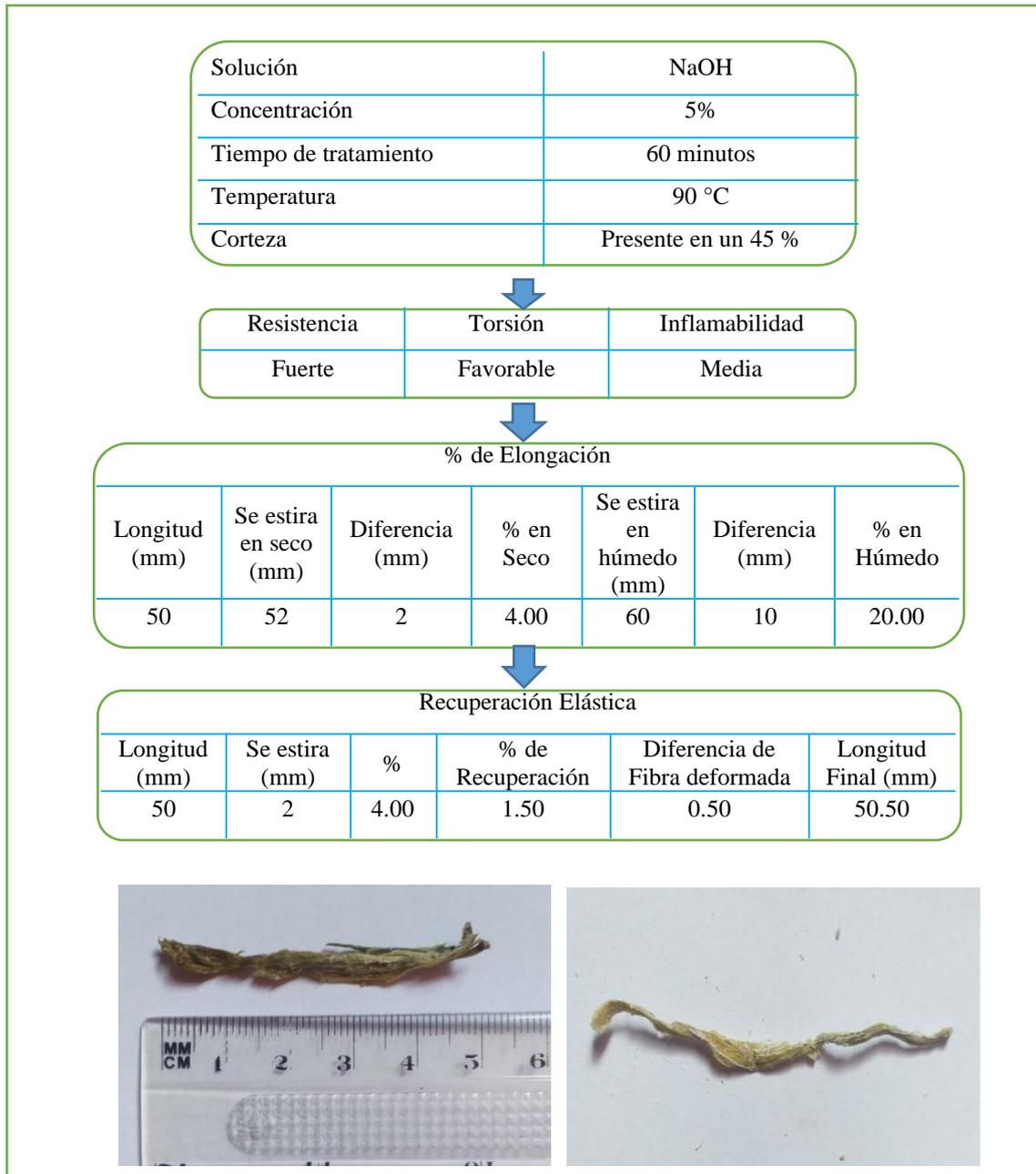
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 39, la muestra 1, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 1.37% y en húmedo 20.55%; la longitud de la fibra final es 73.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe

cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra 1, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 40

Características y resultados de la Muestra 2



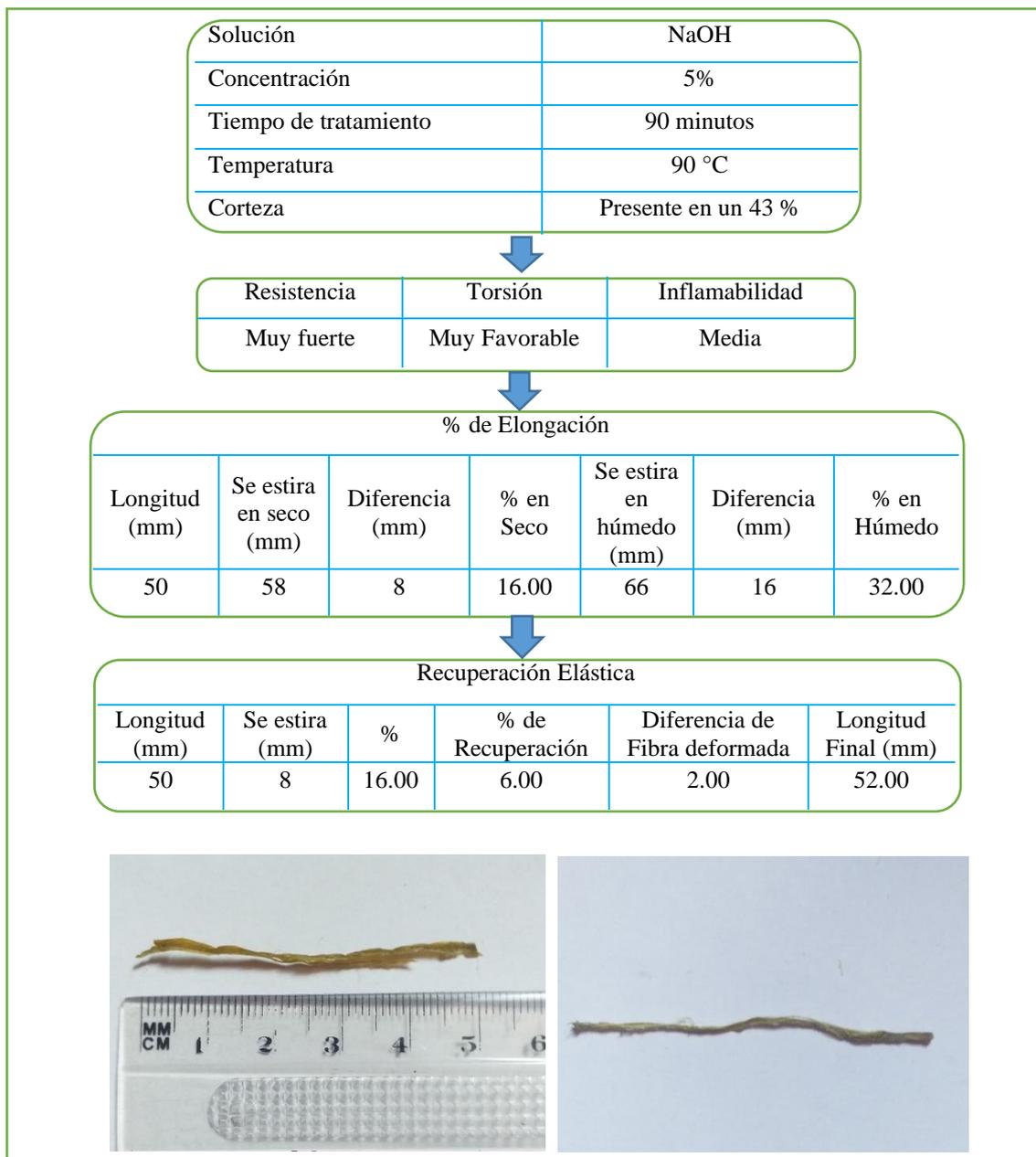
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 40, la muestra 2, presenta una resistencia fuerte y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 4% y en húmedo 20%; la longitud de la

fibra final es 50.50 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 2, no cumple con todas las condiciones.

Figura 41

Características y resultados de la Muestra 3



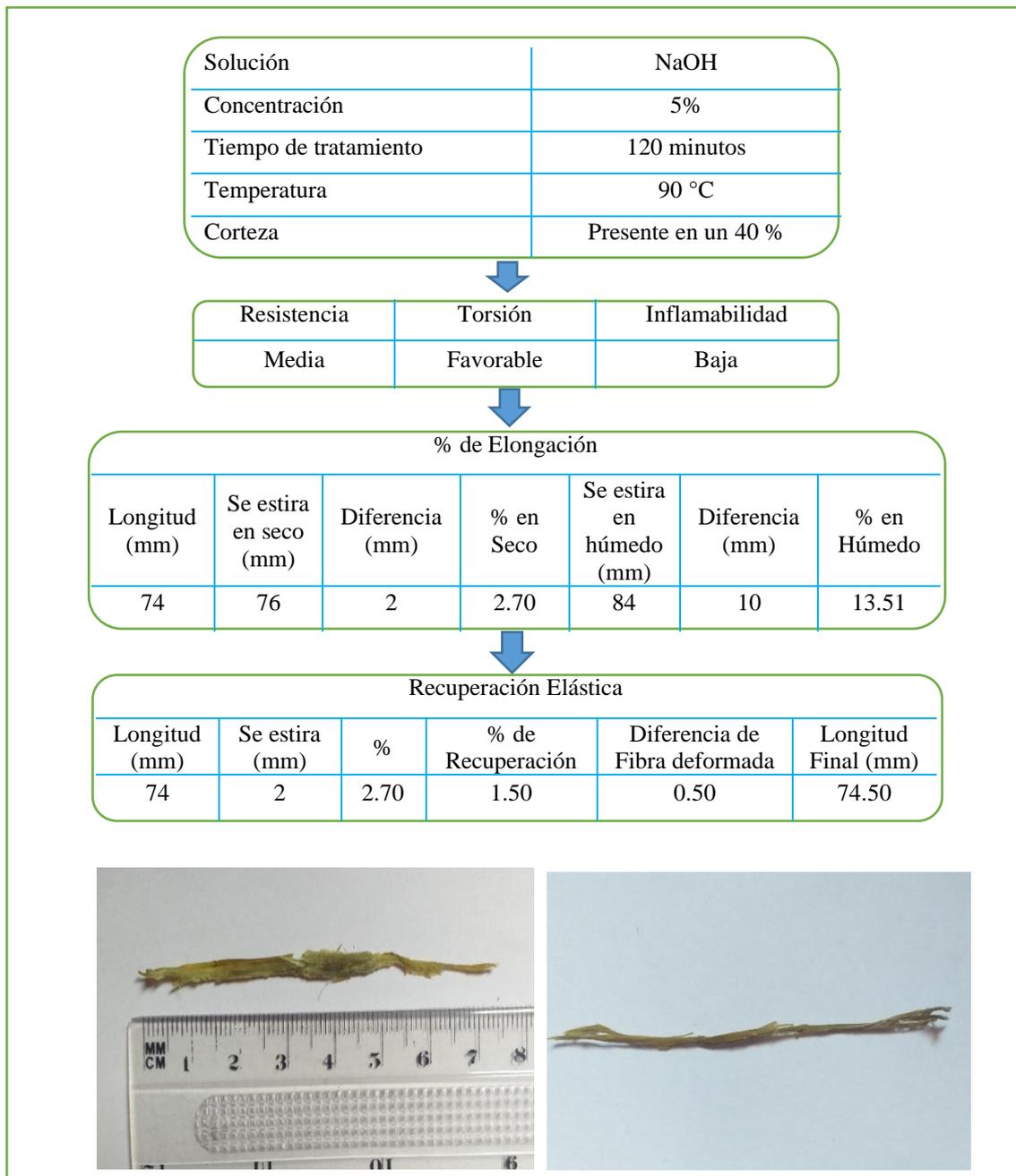
Fuente: Sánchez, (2014).



De la Figura 41, la muestra 3, presenta una resistencia muy fuerte y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 16% siendo el valor más alto y en húmedo 32%; la longitud de la fibra final es 52 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 3, cumpliría con todos los requisitos para una fibra.

Figura 42

Características y resultados de la Muestra 4



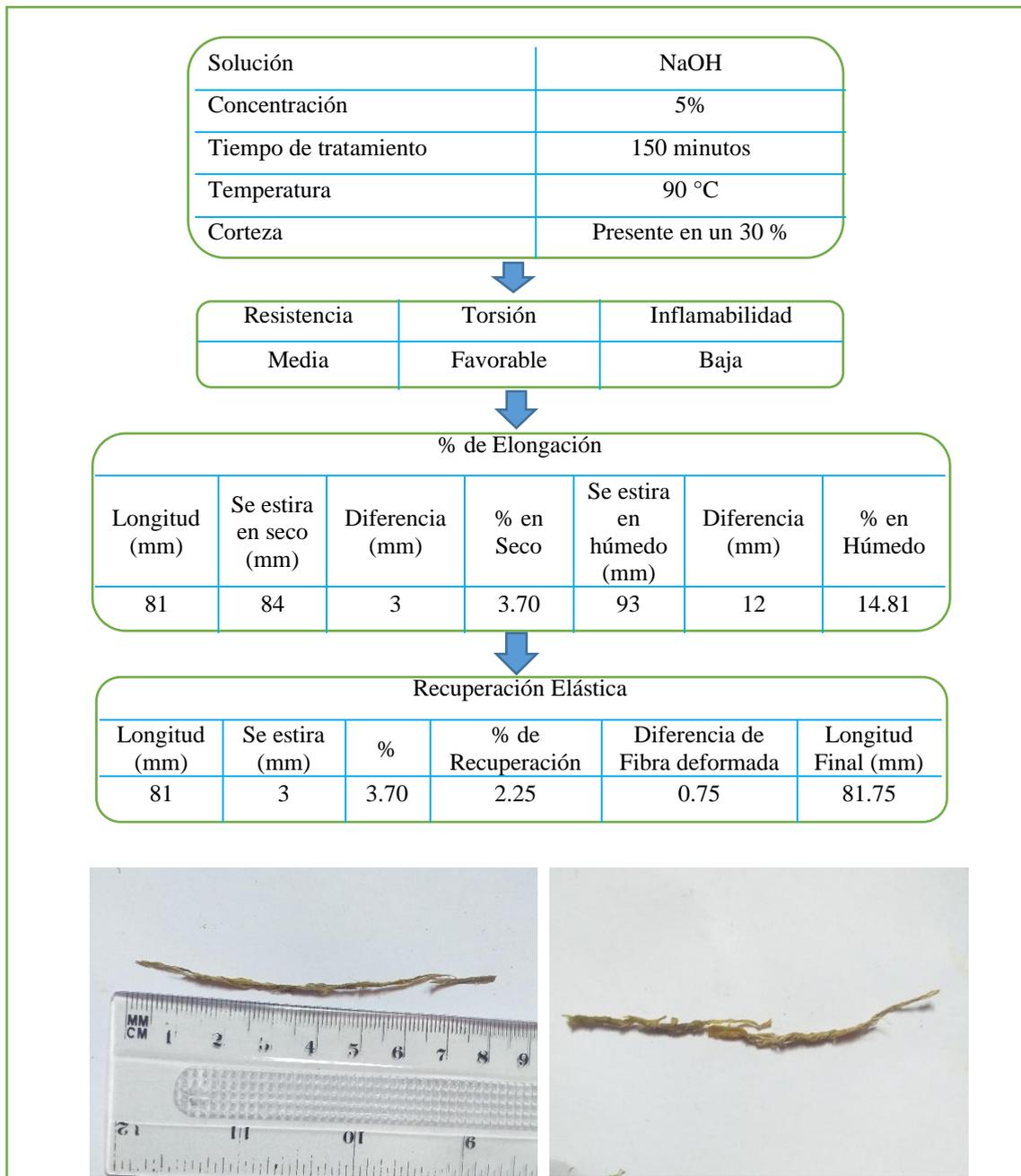
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 42, la muestra 4, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 2.70% y en húmedo 13.51%; la longitud de la fibra final es 74.50 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe

cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 4, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 43

Características y resultados de la Muestra 5



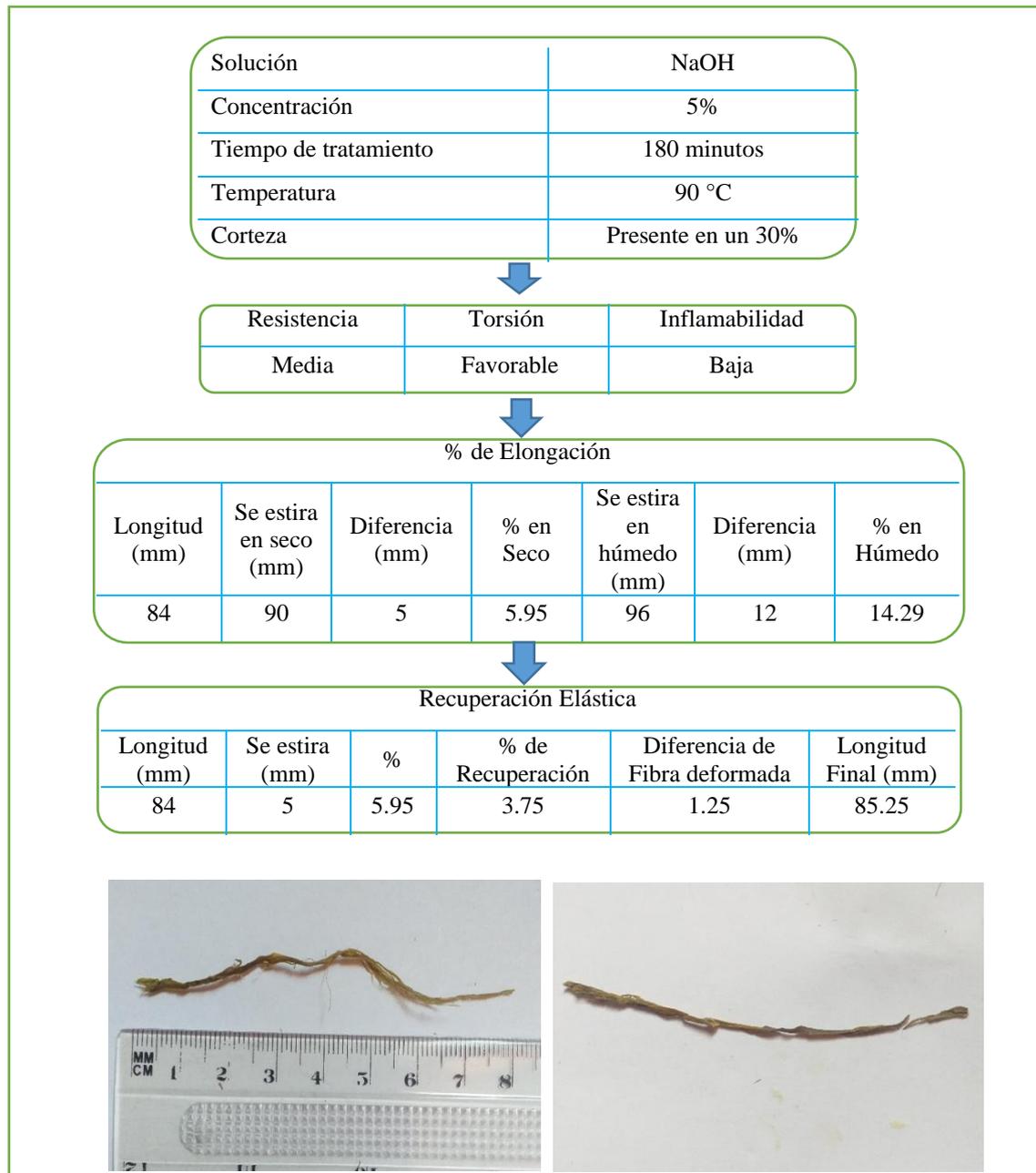
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 43, la muestra 5, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 3.70% y en húmedo 14.81%; la longitud

de la fibra final es 81.75 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 5, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 44

Características y resultados de la Muestra 6

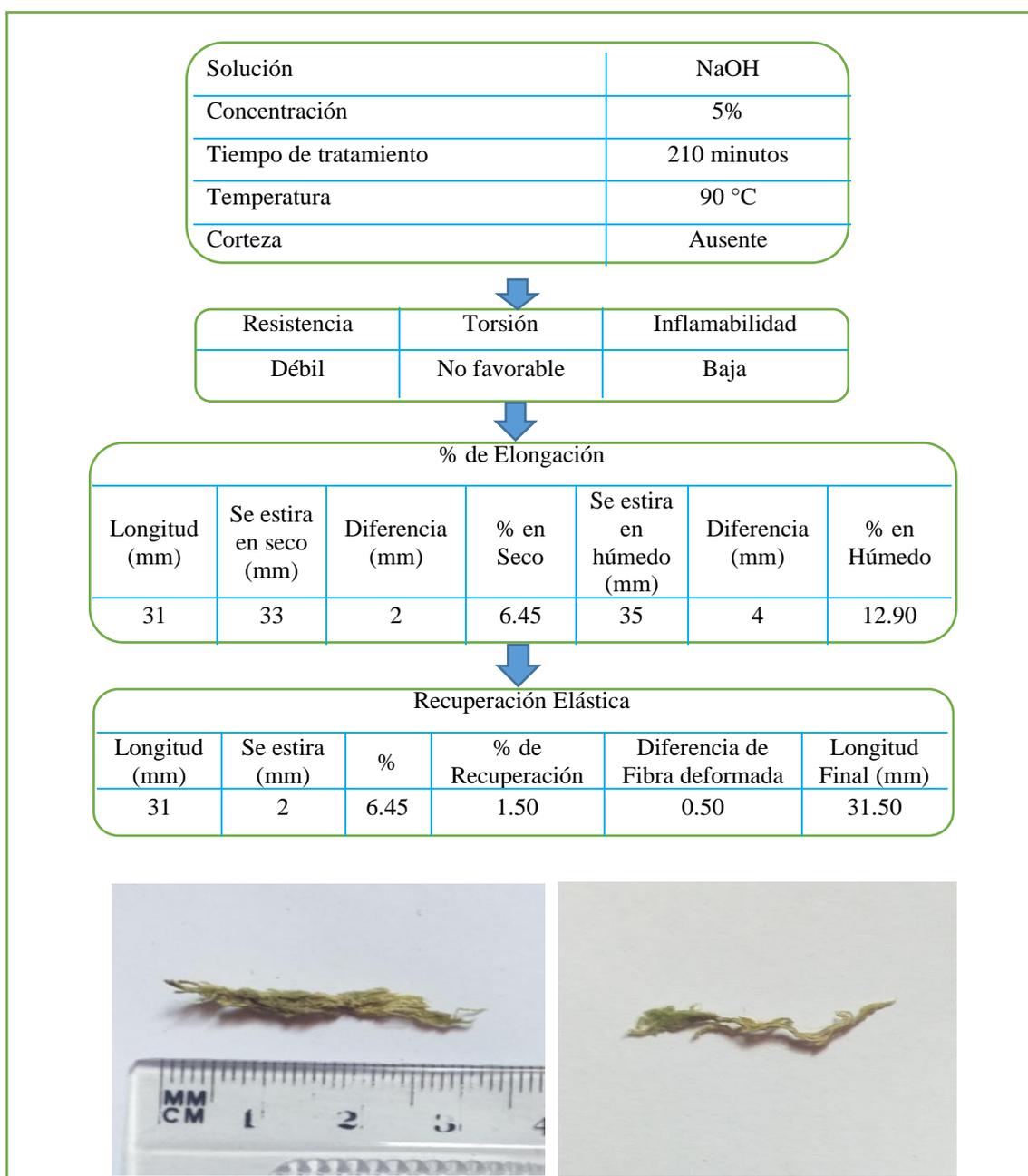


Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 44, la muestra 6, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 5.95% y en húmedo 14.29%; la longitud de la fibra final es 85.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 6, no cumple con esta condición en cuanto a la resistencia.

Figura 45

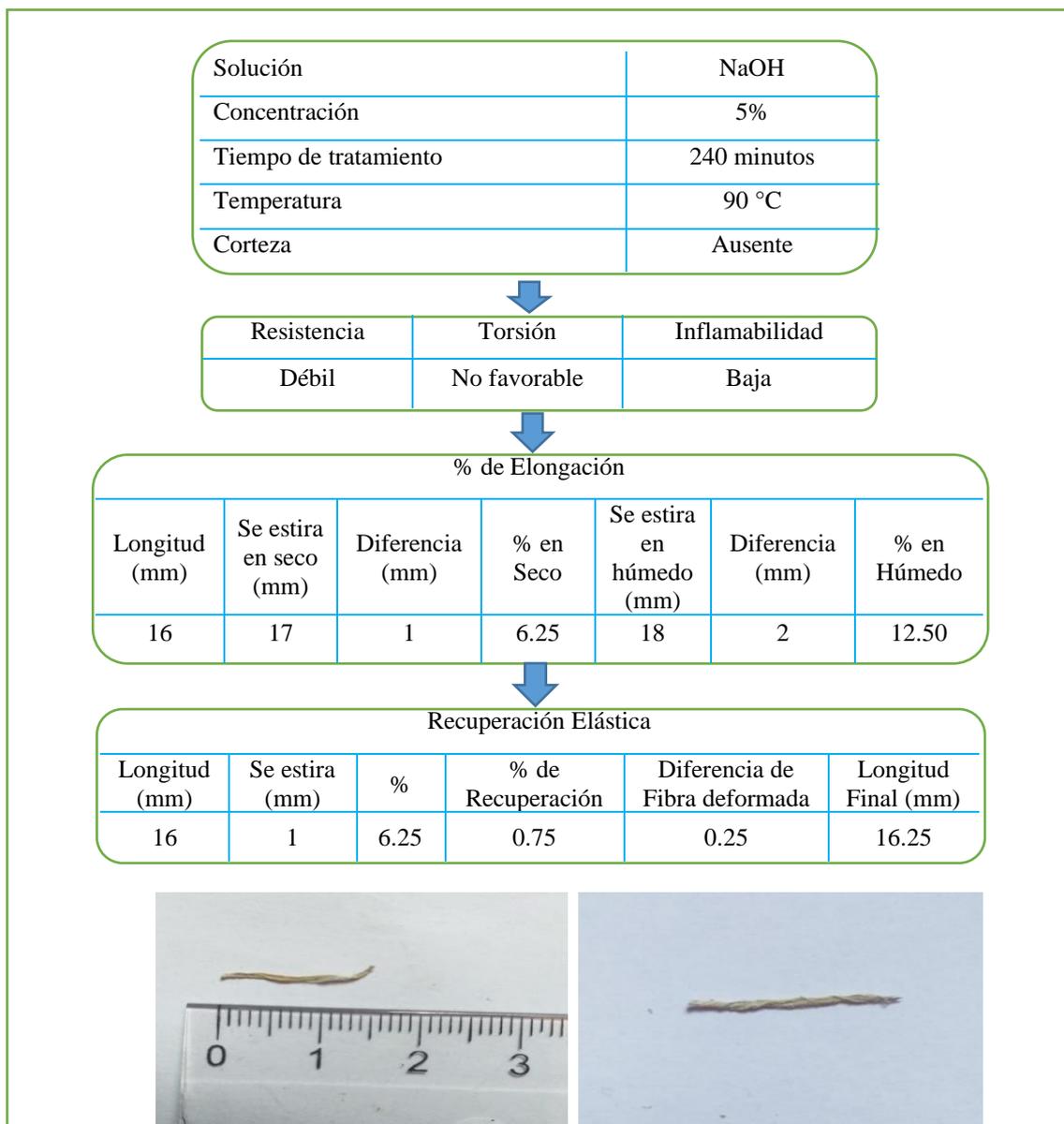
Características y resultados de la Muestra 7



De la Figura 45, la muestra 7, presenta una débil resistencia y la torsión no se puede llevar a cabo, el porcentaje de elongación en seco es 6.45% y en húmedo 12.90%; la longitud de la fibra final es 31.50 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 7, no cumple con estas condiciones.

Figura 46

Características y resultados de la Muestra 8



Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 46, la muestra 8, presenta una débil resistencia y la torsión no se puede llevar a cabo, el porcentaje de elongación en seco es 6.25% y en húmedo 12.50%; la longitud de la fibra final es 16.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto: la muestra 8, no cumple con estas condiciones.

Tabla 14

Resumen de resultados de las muestras tratadas en cocinilla con una solución de NaOH al 5% y una temperatura de 90°C.

N°	Longitud de la fibra inicial (mm)	Tiempo (min)	Torsión	Longitud de la fibra final (mm)	Elongación		% Recuperación Elástica	Longitud final de Recuperación. Elástica. (mm)
					% Seco	% Húmedo		
1	100	30	Favorable	73	1.37	20.55	0.75	73.25
2	100	60	Favorable	50	4.00	20.00	1.50	50.50
3	100	90	Muy Favorable	50	16.00	32.00	6.00	52.00
4	100	120	Favorable	74	2.70	13.51	1.50	74.50
5	100	150	Favorable	81	3.70	14.81	2.25	81.75
6	100	180	Favorable	84	5.95	14.29	3.75	85.25
7	100	210	No favorable	31	6.45	12.90	1.50	31.50
8	100	240	No favorable	16	6.25	12.50	0.75	16.25



De la Tabla 14, podemos observar el comportamiento de la totora en la muestra 3, cuando es sometida a una concentración de NaOH al 5% y durante 90 minutos en ebullición a 90°C, con una longitud final de 52 mm., alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con 16% y en húmedo con 32%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. La muestra 3, También tiene el valor más alto en el porcentaje de recuperación elástica con un 6%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación, según los sostenido por Lockuán (2013).

En estos resultados, se aplicó el método químico según Gómez (2015), es posible obtener hilos mediante la solución de NaOH al 5%, indica a su vez que la longitud de la fibra puede variar, al igual que su grosor, al aumentar o disminuir la cantidad de hebras en la paralelización y torsión de las mismas.

Por lo tanto, según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 3, cumple con todas las características de una fibra debido a sus resultados y a su alta resistencia y facilidad de torsión.

4.2.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 5%.

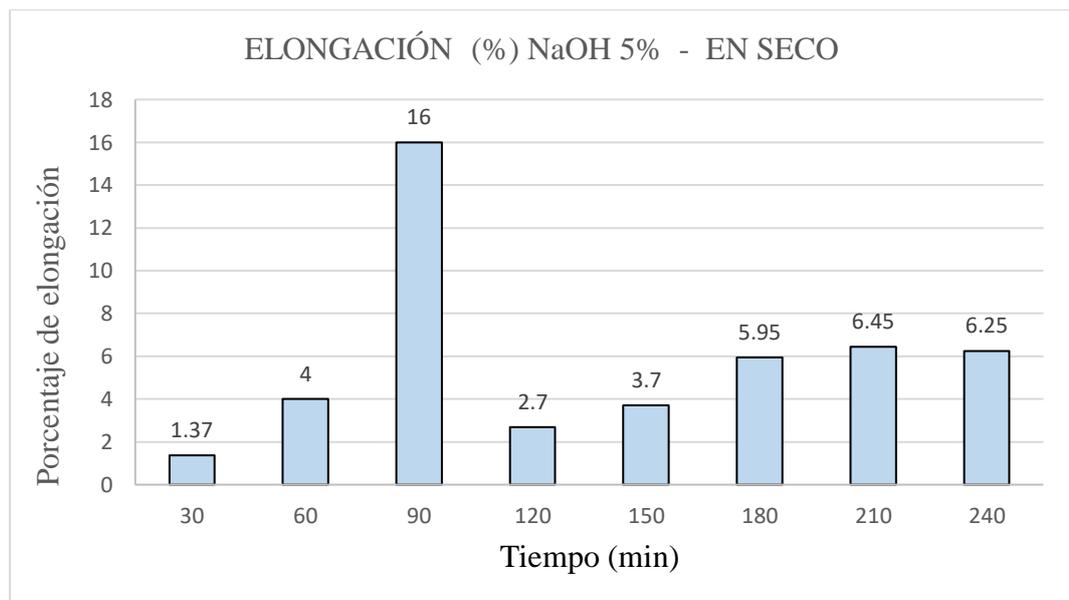
De la tabla 14, se observa el resultado de cada muestra de totora que fue tratada con una solución de NaOH al 5%, temperatura constante de 90°C, sometido a ebullición y con variaciones de tiempo, cada 30 minutos.

De la tabla 14, se puede realizar los gráficos para determinar el comportamiento de la totora y poder determinar las condiciones óptimas para obtener fibra textil.

Para el análisis del porcentaje de elongación en seco se graficará el tiempo versus el porcentaje de elongación de las muestras en seco y podremos determinar cuál de las muestras tiene el valor más alto, así podremos indicar la condición óptima, que permita tratar y procesar la muestra en seco.

Figura 47

Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH al 5%



De la Figura 47, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 5%, en la muestra 3 durante 90 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con un valor de 16%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta.



Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 3, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.2.2. Análisis del porcentaje de elongación en húmedo de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla con NaOH 5%

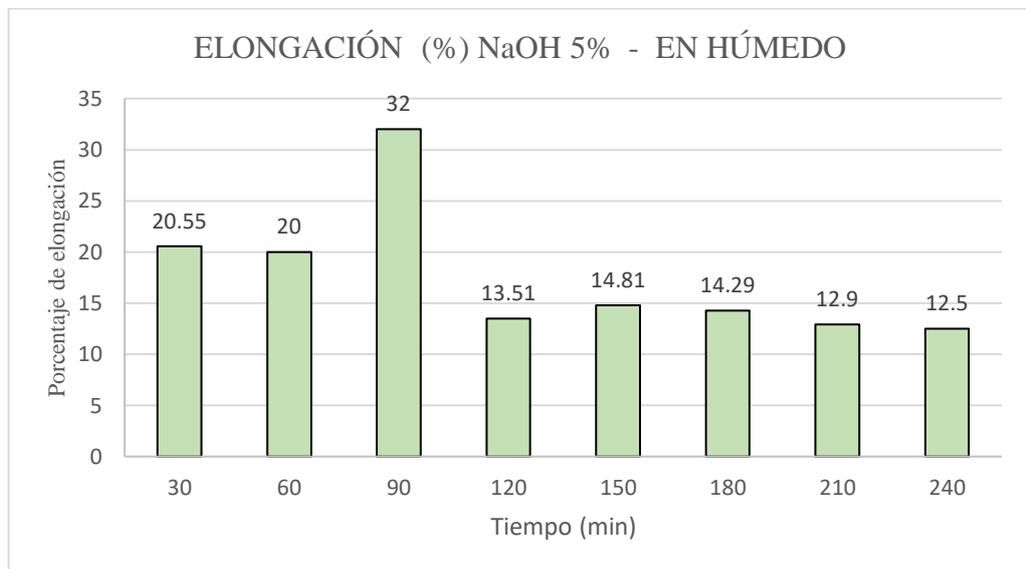
De la tabla 14, se observa el resultado de cada muestra de totora que fue tratada con una solución de NaOH al 5%, temperatura constante de 90°C, sometido a ebullición y con variaciones de tiempo, cada 30 minutos.

De la tabla 14, se puede realizar los gráficos para determinar el comportamiento de la totora y poder determinar las condiciones óptimas para obtener fibra textil.

Para el análisis del porcentaje de elongación en seco se graficará el tiempo versus el porcentaje de elongación de las muestras en seco y podremos determinar cuál de las muestras tiene el valor más alto, así podremos indicar la condición óptima, que permita tratar y procesar la muestra en seco.

Figura 48

Porcentaje de elongación en húmedo de las muestras tratadas con NaOH al 5%



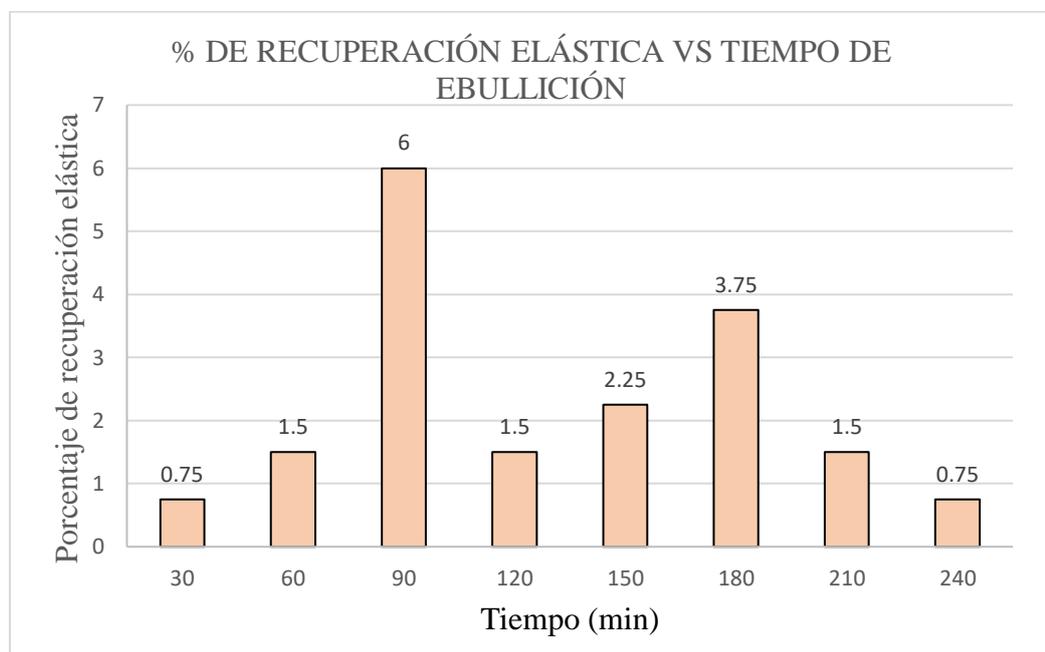
De la Figura 48, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 5%, en la muestra 3 durante 90 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con un valor de 32%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 3, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.2.3. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en cocinilla con NaOH 5%.

De la tabla 14, podemos realizar el gráfico para saber el porcentaje de recuperación elástica de la fibra que es la capacidad de recuperar su longitud original después de sufrir una deformación por estiramiento sin reventar la fibra.

Figura 49

Porcentaje de recuperación elástica muestra tratada en cocinilla con NaOH 5%



De la Figura 49, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 5%, en la muestra 3, durante 90 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de recuperación elástica con un valor de 6%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas

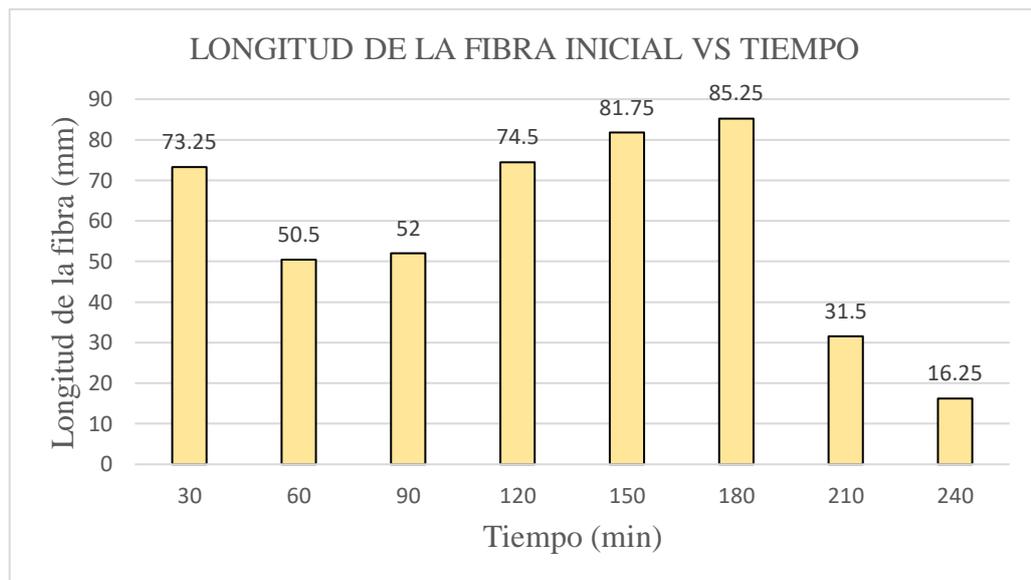
requeridas y la muestra 3, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más optima.

4.2.4. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en Cocinilla NaOH 5%.

De la Tabla 14, nos permiten observar el comportamiento de la fibra en cuanto a su longitud inicial cuando transcurre los primeros minutos y la longitud final cuando transcurren los 240 minutos en ebullición.

Figura 50

Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 5%.



De la Figura 50, se observa el comportamiento de la longitud de la fibra cuando es sometida a una concentración de NaOH al 5% y durante 240 minutos en ebullición, se observa que la longitud de la fibra se mantiene inestable en cuanto a su longitud. Según Arcos (2013), en su estudio acerca del desgomado de la fibra de ramio utilizó una concentración de hidróxido de sodio del 9%, sin embargo; se apreció un ligero daño en la estructura de la fibra, ya que al aplicar un tratamiento

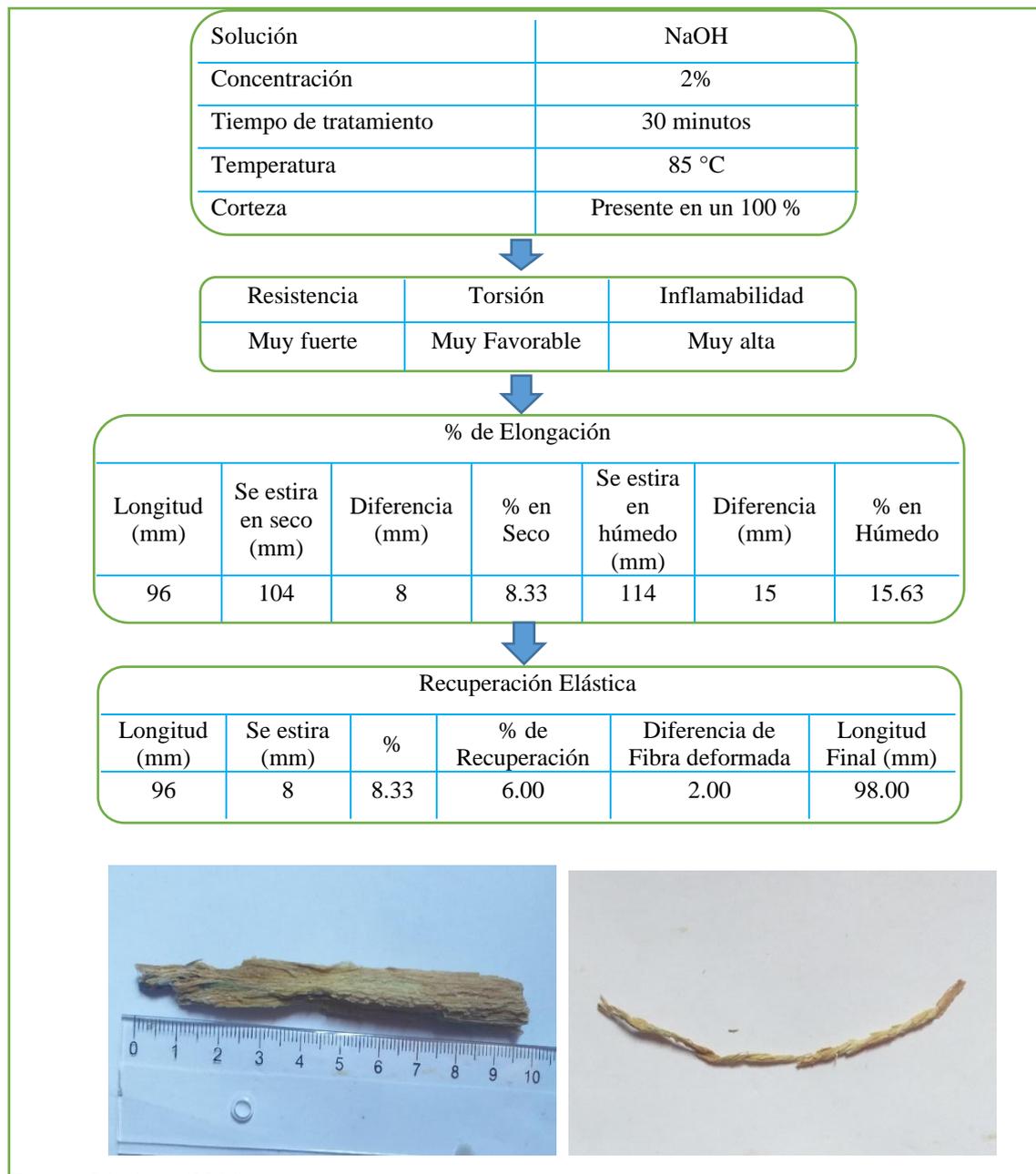


con una alta concentración de hidróxido de sodio puede provocar una excesiva despolimerización de la celulosa y deslignificación de la fibra; todo esto afecta negativamente a la resistencia de las fibras, descartando su uso para procesos posteriores, esto queda demostrado en la Figura 50, ya que se observa que la longitud de la fibra disminuye aunque sea de manera inestable.

4.3. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS EN ESTUFA CON UNA SOLUCIÓN DE NaOH AL 2%.

Figura 51

Características y resultados de la Muestra 1



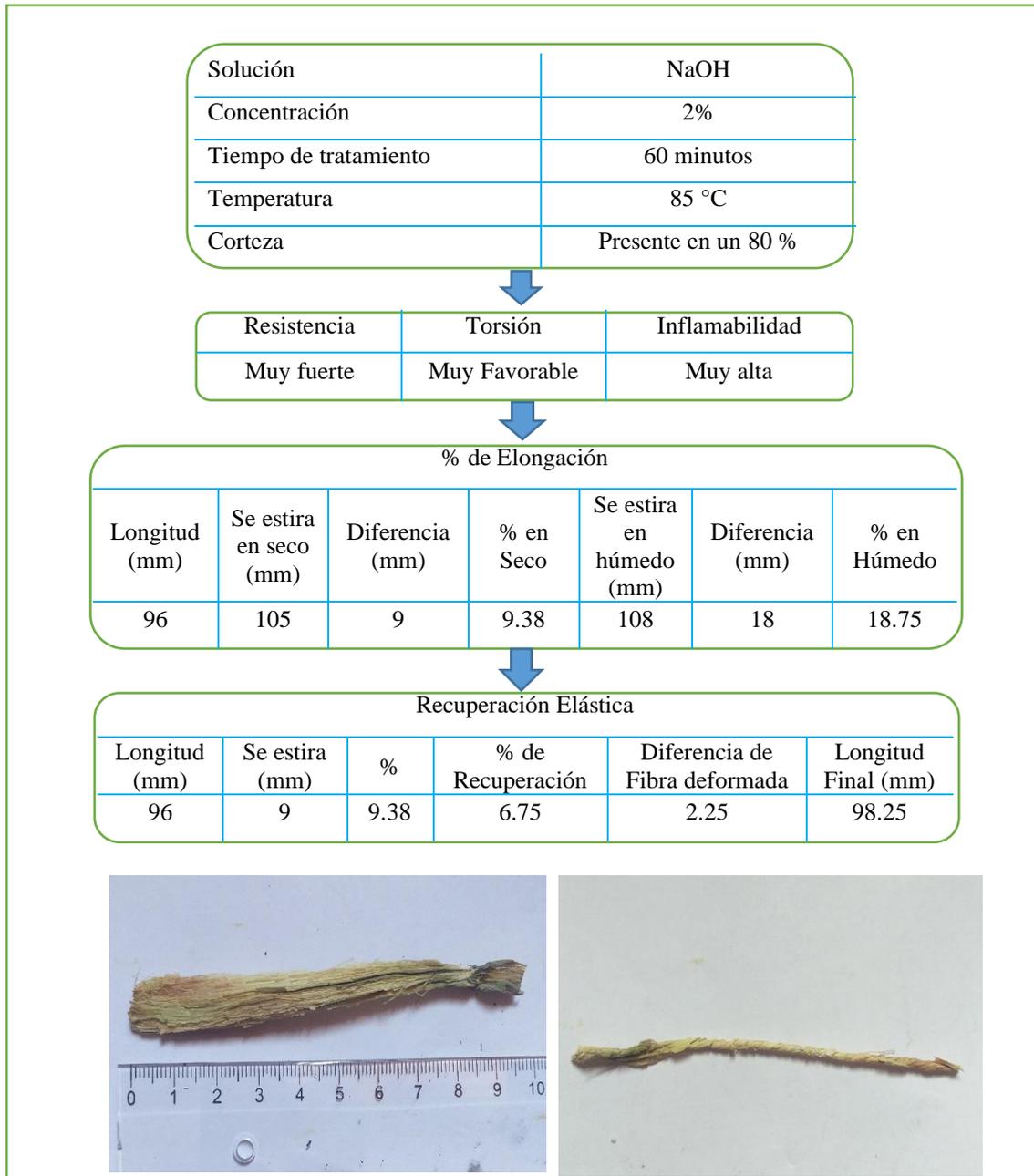
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 51, la muestra 1, presenta una fuerte resistencia y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 8.33% y en húmedo 15.63%; la longitud de la fibra final es 98 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; por lo tanto, la muestra

1, cumpliría en cuanto a la flexibilidad y resistencia, sin embargo, el valor del porcentaje de elongación es bajo.

Figura 52

Características y resultados de la Muestra 2



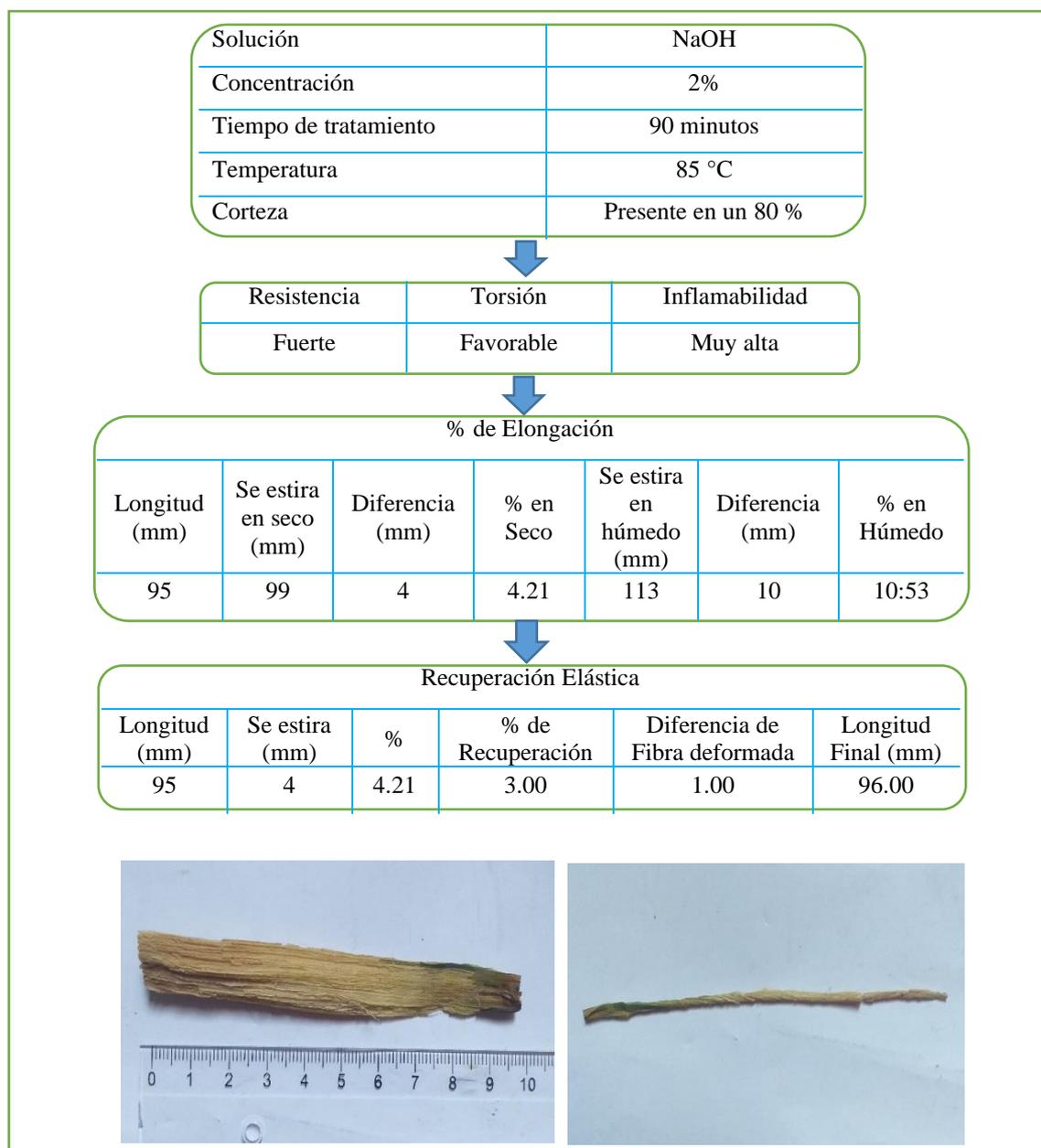
Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 52, la muestra 2, presenta una fuerte resistencia y la torsión es muy favorable, el porcentaje de elongación en seco es 9.38% y en húmedo 18.75%; la longitud

de la fibra final es 98.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 2, cumpliría con todos los requisitos para una fibra.

Figura 53

Características y resultados de la Muestra 3

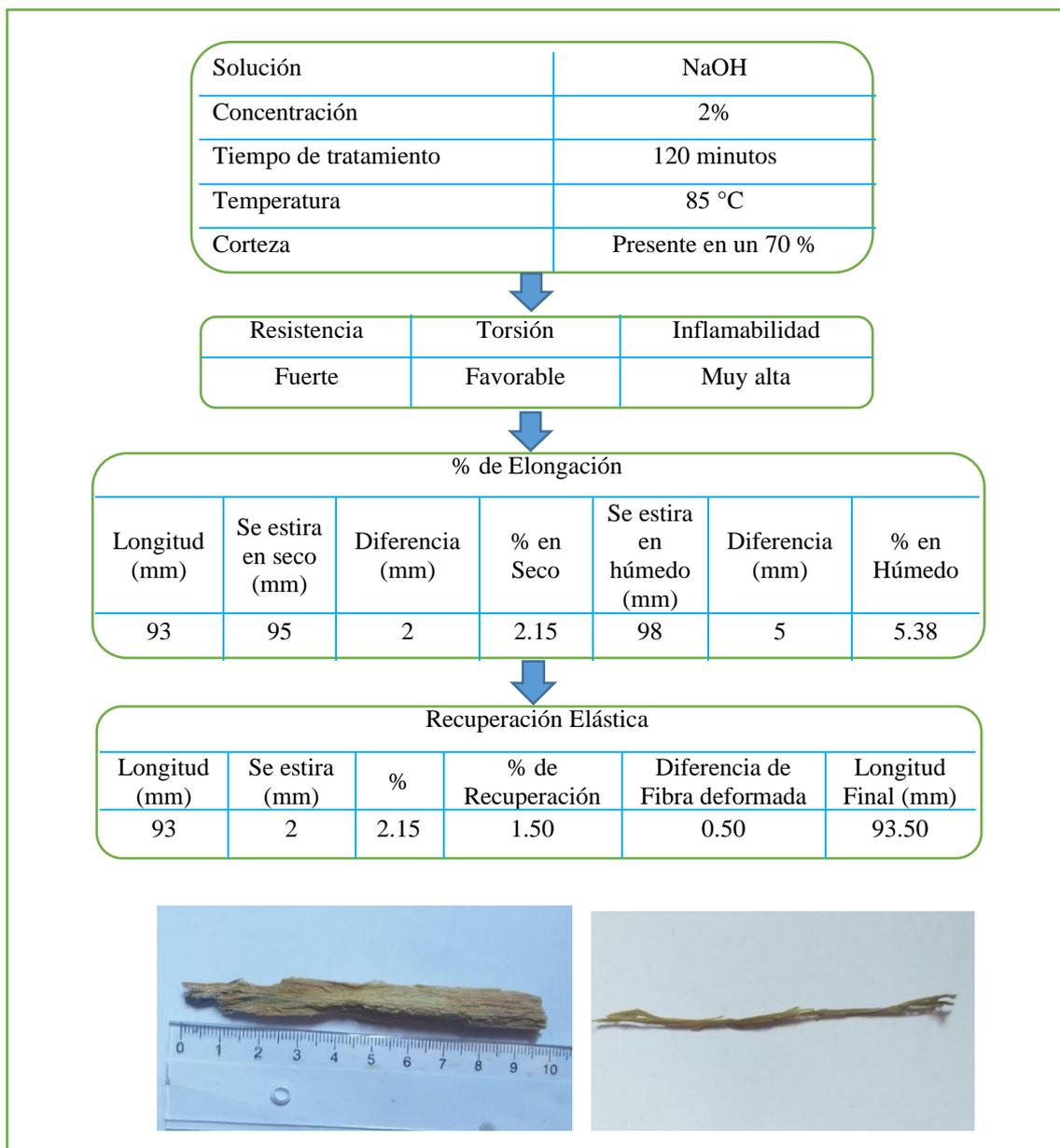


Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 53, la muestra 3, presenta una resistencia fuerte y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 4.21% y en húmedo 10.53%; la longitud de la fibra final es 96 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 3, no cumple con todas las condiciones.

Figura 54

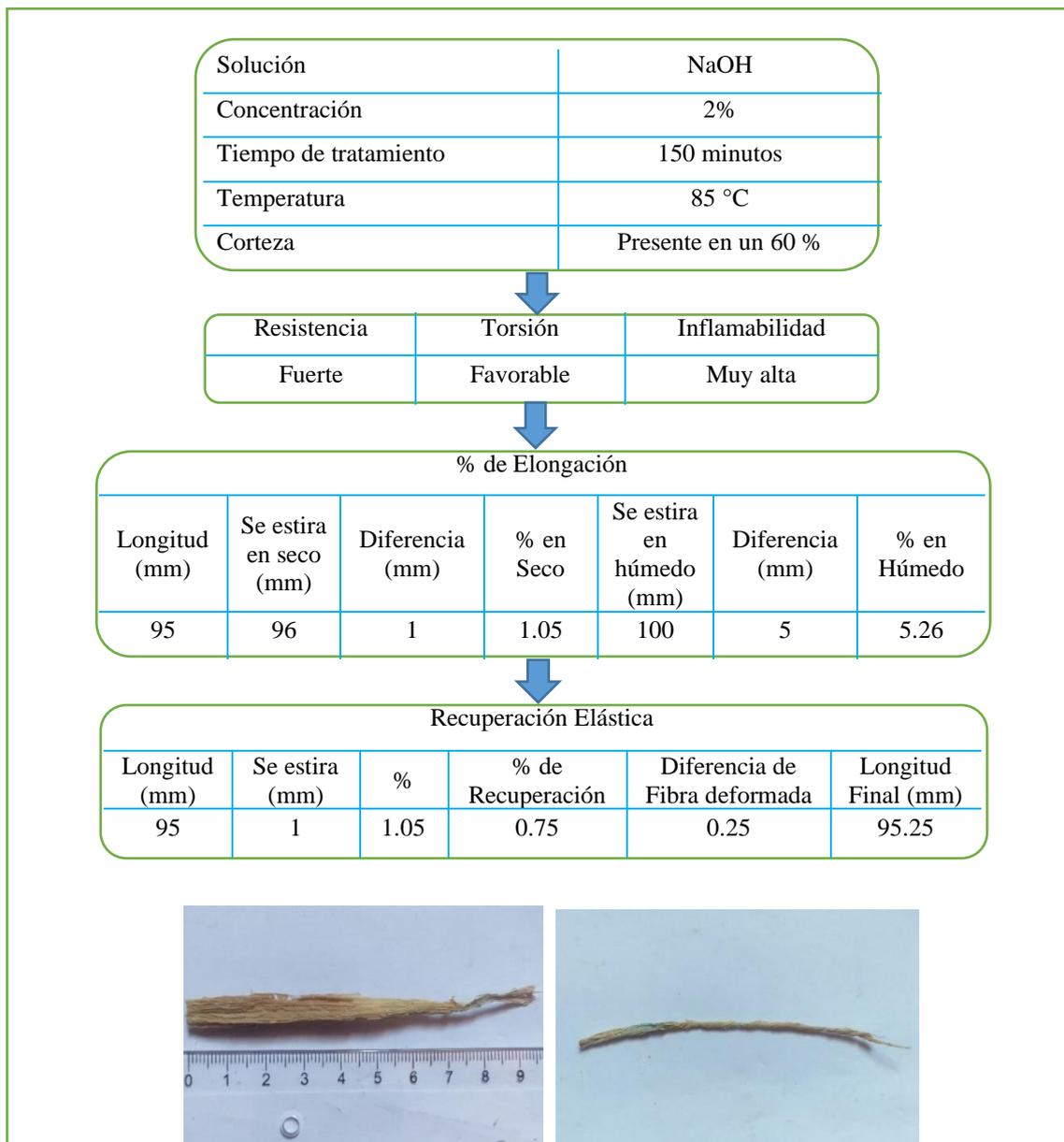
Características y resultados de la Muestra 4



De la Figura 54, la muestra 4, presenta una resistencia fuerte y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 2.15% y en húmedo 5.38%; la longitud de la fibra final es 93.50 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 4, no cumple con todas las condiciones.

Figura 55

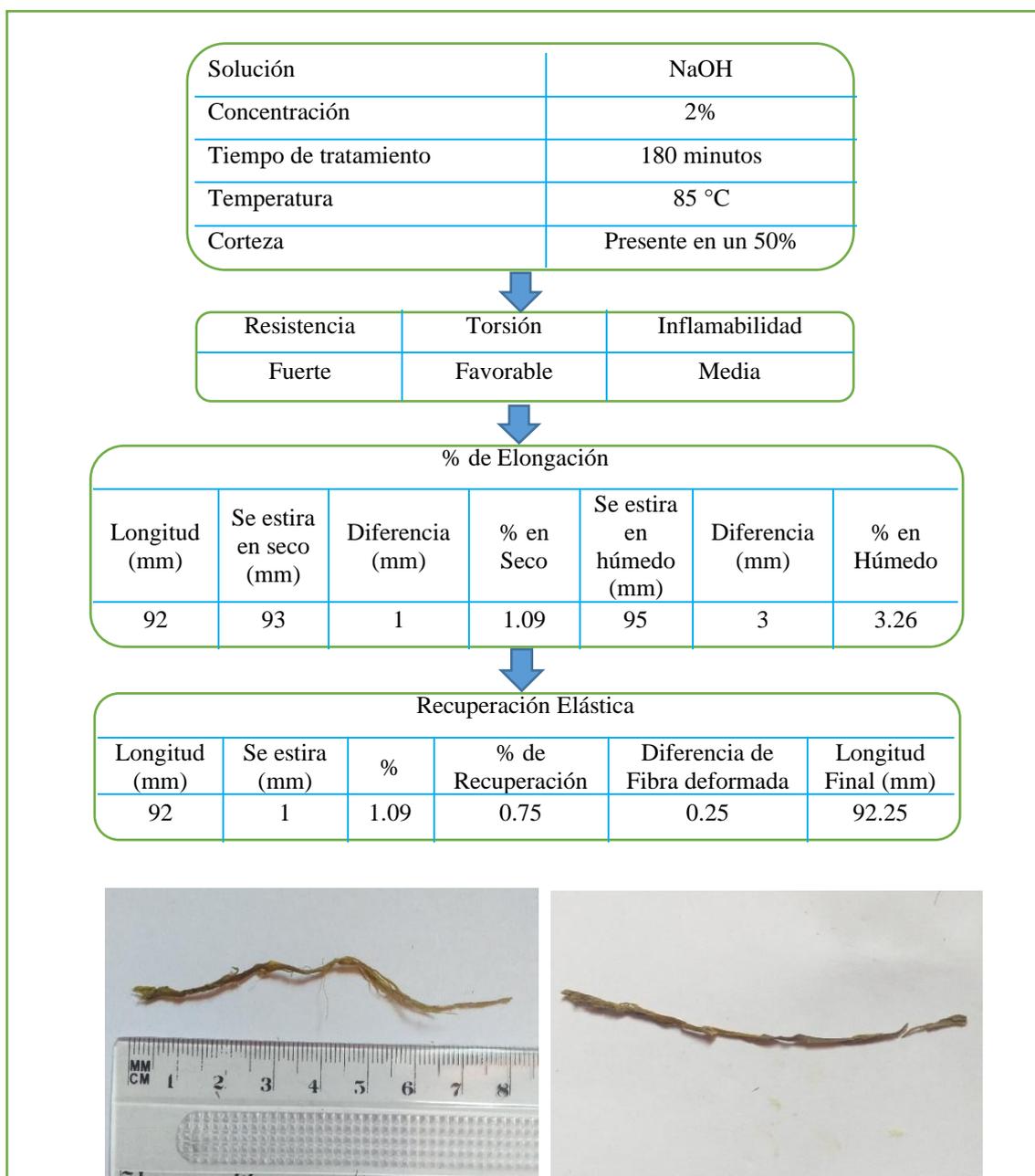
Características y resultados de la Muestra 5



De la Figura 55, la muestra 5, presenta una resistencia fuerte y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 1.05% y en húmedo 5.26%; la longitud de la fibra final es 95.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 5, no cumple con todas las condiciones.

Figura 56

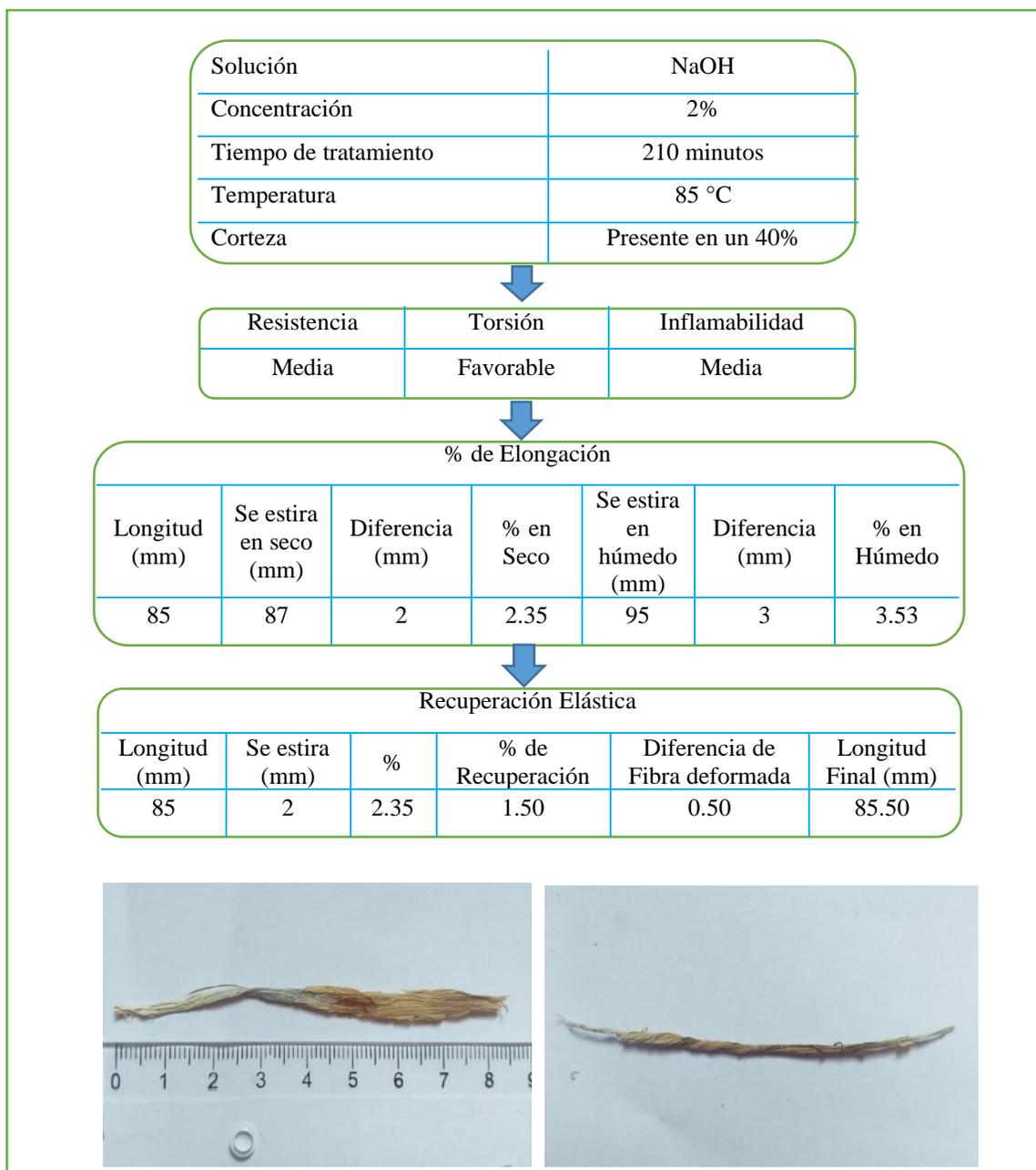
Características y resultados de la Muestra 6



De la Figura 56, la muestra 6, presenta una resistencia fuerte y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 1.09% y en húmedo 3.26%; la longitud de la fibra final es 92.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, por lo tanto; la muestra 6, no cumple con todas las condiciones.

Figura 57

Características y resultados de la Muestra 7

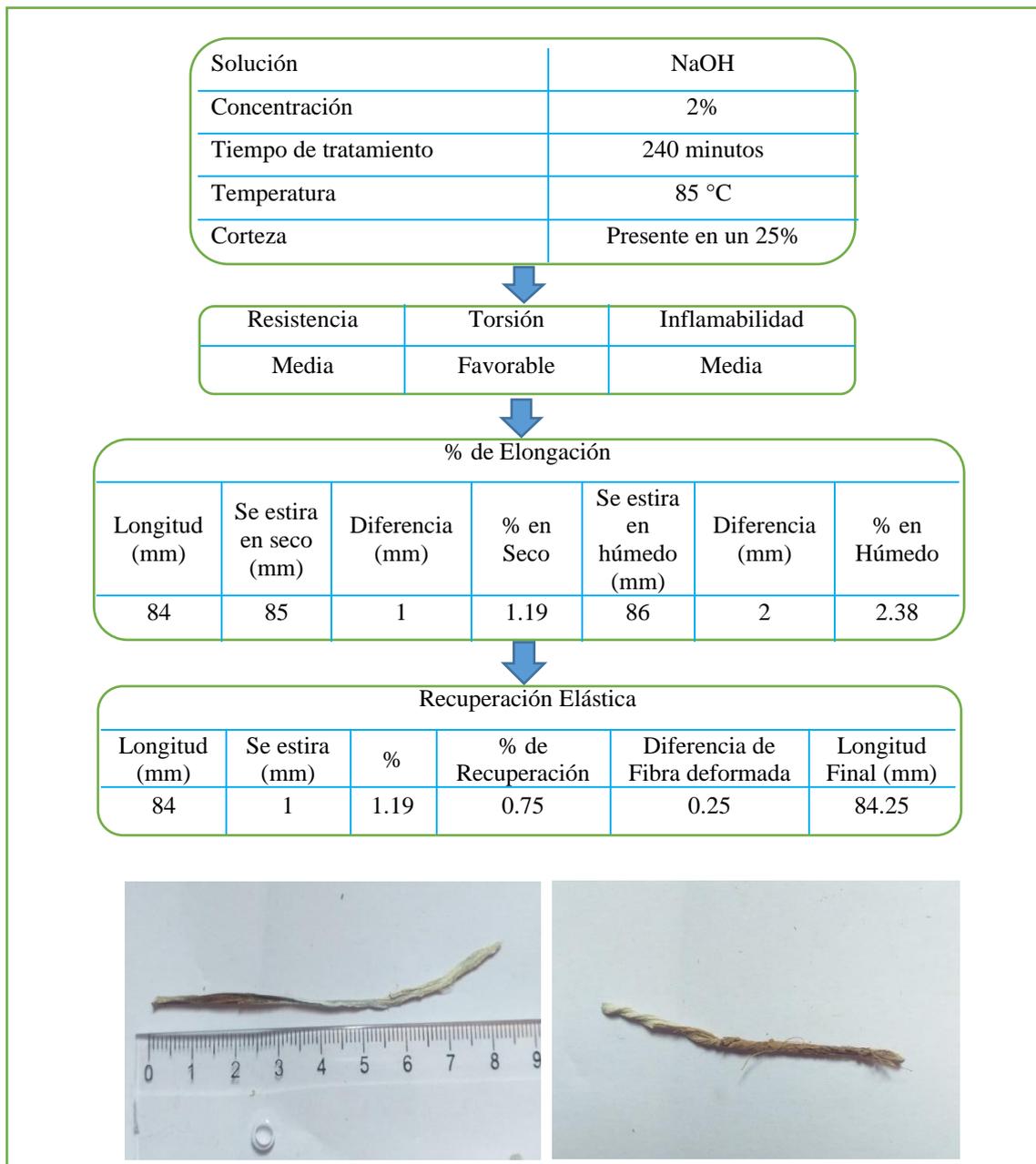




De la Figura 57, la muestra 7, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 3.35% y en húmedo 3.53%; la longitud de la fibra final es 85.50 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 7, no cumple con estas condiciones.

Figura 58

Características y resultados de la Muestra 8



Fuente: Sánchez, (2014).

De la Figura 58, la muestra 8, presenta una resistencia media y la torsión es favorable, el porcentaje de elongación en seco es 1.19% y en húmedo 2.38%; la longitud de la fibra final es 84.25 mm., según Lockuán (2013), para ser considerado una fibra debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia; ninguna fibra sin estas



tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas para tejidos, por lo tanto la muestra 8, no cumple con estas condiciones.

Tabla 15

Resumen de resultados de las muestras tratadas en estufa con una solución de NaOH al 2% y una temperatura de 85°C.

N°	Longitud de la fibra inicial (mm)	Tiempo (min)	Torsión	Longitud de la fibra final (mm)	Elongación		% Recuperación Elástica	Longitud final de Recuperación. Elástica. (mm)
					% Seco	% Húmedo		
1	100	30	Muy Favorable	96	8.33	15.63	6.00	98.00
2	100	60	Muy Favorable	96	9.38	18.75	6.75	98.25
3	100	90	Favorable	95	4.21	10.53	3.00	96.00
4	100	120	Favorable	93	2.15	5.38	1.50	93.50
5	100	150	Favorable	95	1.05	5.26	0.75	95.25
6	100	180	Favorable	92	1.09	3.26	0.75	92.25
7	100	210	Favorable	85	2.35	3.53	1.50	85.50
8	100	240	Favorable	84	1.19	2.38	0.75	84.25

De la Tabla 15, podemos observar el comportamiento de la totora en la muestra 2, cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2% y durante 60 minutos en



ebullición a 85°C, con una longitud final de 98.25 mm., alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con 9.38% y en húmedo con 18,75%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. La muestra 2, También tiene el valor más alto en el porcentaje de recuperación elástica con un 6.75%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación, según los sostenido por Lockuán (2013).

En estos resultados, se aplicó el método químico según Gómez (2015), es posible obtener hilos mediante la solución de NaOH al 5%, indica a su vez que la longitud de la fibra puede variar, al igual que su grosor, al aumentar o disminuir la cantidad de hebras en la paralelización y torsión de las mismas.

Por lo tanto, según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 2, cumple con todas las características de una fibra debido a sus resultados y a su alta resistencia y facilidad de torsión.

4.3.1. Análisis del porcentaje de elongación en seco de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%)

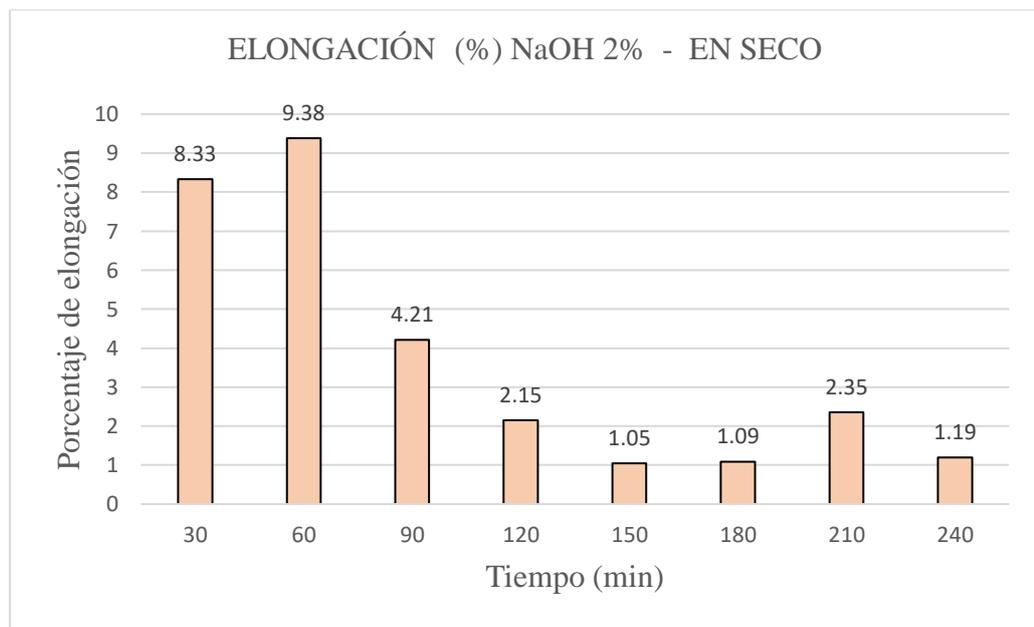
De la tabla 15, se observa el resultado de cada muestra de totora que fue tratada con una solución de NaOH al 2%, temperatura constante de 85°C, sometido a ebullición y con variaciones de tiempo, cada 30 minutos.

De este cuadro se puede realizar los gráficos para determinar el comportamiento de la totora y poder determinar las condiciones óptimas para obtener fibra textil.

Para el análisis del porcentaje de elongación en seco se graficará el tiempo versus el porcentaje de elongación de las muestras en seco y podremos determinar cuál de las muestras tiene el valor más alto, así podremos indicar la condición óptima, que permita tratar y procesar la muestra en seco.

Figura 59

Porcentaje de elongación en seco de las muestras tratadas en estufa con NaOH al 2%.



De la Figura 59, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2%, en la muestra 2 durante 60 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en seco con un valor de 9.38%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta.

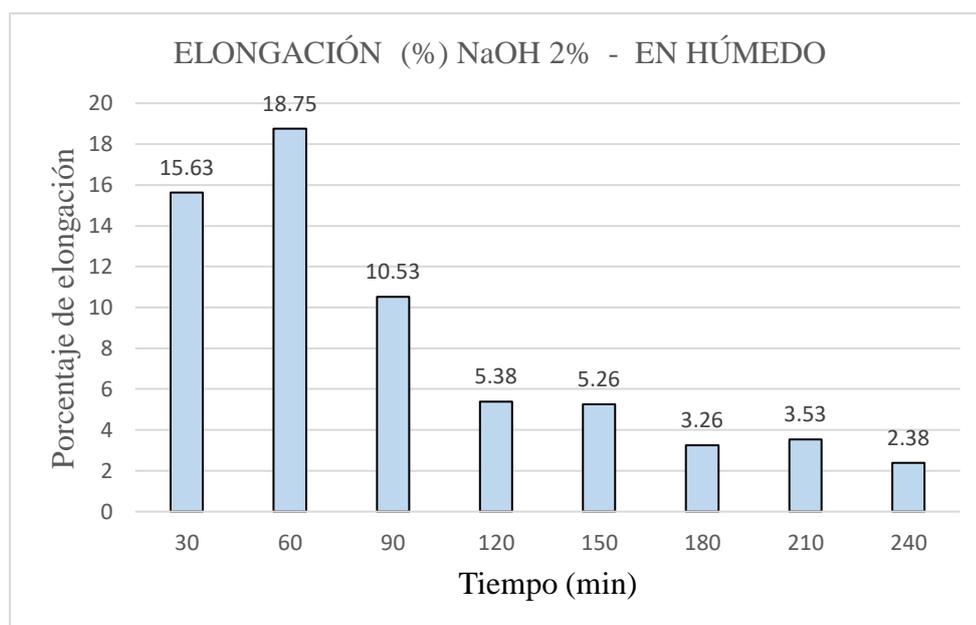
Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 2, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.3.2. Análisis del porcentaje de elongación en húmedo de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%

De la tabla 15, podemos realizar el gráfico para determinar el análisis del porcentaje de elongación en húmedo, por lo tanto, se grafica el tiempo versus el porcentaje de elongación de las muestras en húmedo y podemos determinar cuál de las muestras tiene el valor más alto, así se indica la condición óptima, que permita tratar y procesar la muestra en húmedo.

Figura 60

Porcentaje de elongación en húmedo de las muestras tratadas en estufa con NaOH al 2%





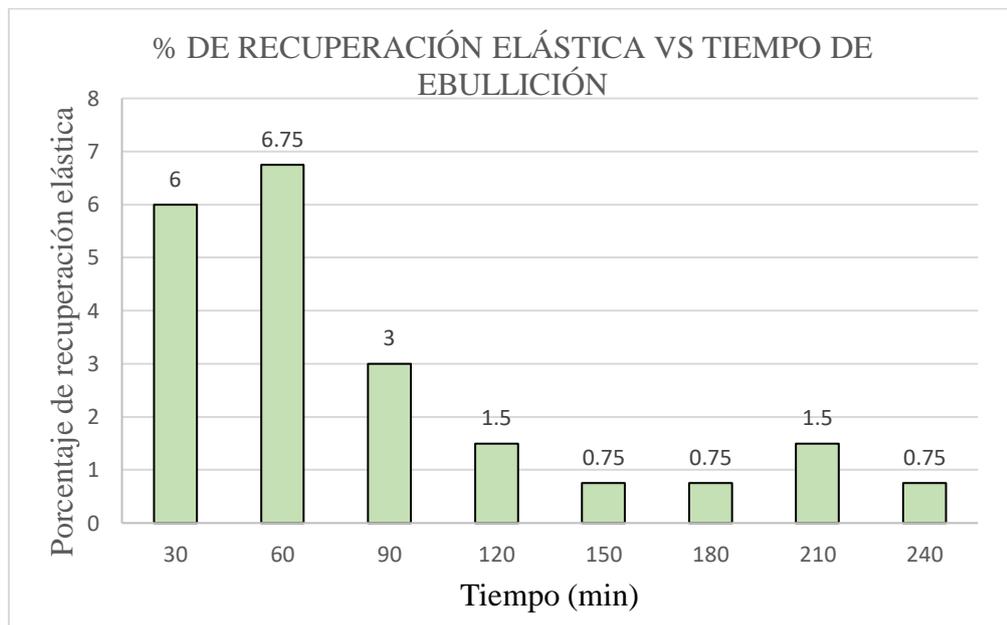
De la Figura 60, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2%, en la muestra 2 durante 60 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de elongación en húmedo con un valor de 18,75%, que se refiere al máximo estiramiento hasta el punto de rotura. Este resultado nos indica que la fibra en estas condiciones es favorable para realizar un buen hilado, debido a la alta resistencia que presenta. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los siguientes requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 2, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.3.3. Análisis de la recuperación elástica de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%.

De la tabla 15, podemos realizar el gráfico para saber el porcentaje de recuperación elástica de la fibra que es la capacidad de recuperar su longitud original después de sufrir una deformación por estiramiento sin reventar la fibra.

Figura 61

Porcentaje de recuperación elástica muestra tratada en estufa con NaOH 2%.



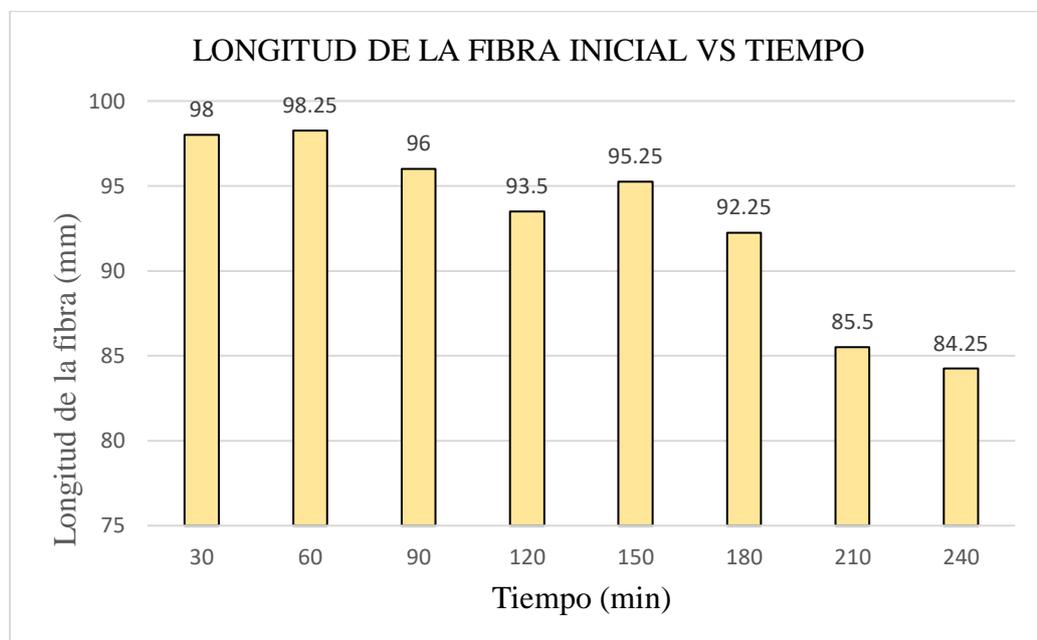
De la Figura 61, podemos observar el comportamiento de la totora cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2%, en la muestra 2, durante 60 minutos en ebullición, alcanza el más alto nivel en cuanto al porcentaje de recuperación elástica con un valor de 6,75%, que se refiere a la capacidad de volver a la longitud original después de sufrir un estiramiento por deformación. Según Lockuán (2013), para que una fibra sea considerada como tal debe cumplir con los requisitos de flexibilidad, elasticidad y resistencia, ninguna fibra sin estas tres condiciones puede utilizarse para producir hilo con las propiedades técnicas requeridas y la muestra 2, tiene el valor más alto, haciendo esta muestra la más óptima.

4.3.4. Análisis del comportamiento de la longitud de la fibra, de las muestras tratadas en estufa con NaOH 2%.

La Tabla 15, nos permiten observar el comportamiento de la fibra en cuanto a su longitud inicial cuando transcurre los primeros minutos y la longitud final cuando transcurren los 240 minutos en ebullición.

Figura 62

Comportamiento de la longitud de la fibra durante el tiempo de ebullición con NaOH al 2%.



De la Figura 62, se observa el comportamiento de la longitud de la fibra cuando es sometida a una concentración de NaOH al 2% y durante 240 minutos en ebullición, se observa que la longitud de la fibra se mantiene inestable en cuanto a su longitud. Según Arcos (2013), en su estudio acerca del desgomado de la fibra de ramio utilizó una concentración de hidróxido de sodio del 9%, sin embargo; se apreció un ligero daño en la estructura de la fibra, ya que al aplicar un tratamiento con una alta concentración de hidróxido de sodio puede provocar una excesiva despolimerización de la celulosa y deslignificación de la fibra; todo esto afecta



negativamente a la resistencia de las fibras, descartando su uso para procesos posteriores, esto queda demostrado en la Figura 62, ya que se observa que la longitud de la fibra disminuye aunque sea de manera inestable.



V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo fibra textil a partir de la totora, en el primer ensayo en cocinilla utilizando una solución óptima de NaOH al 2%, con una longitud de fibra de 46.50 mm., en el segundo ensayo en cocinilla utilizando una solución óptima de NaOH al 5%, con una longitud de fibra de 52 mm y en el tercer ensayo en estufa utilizando una solución óptima de NaOH al 2%, con una longitud de fibra de 98.25 mm. Se concluye que este ensayo es el más óptimo, debido a los valores más altos del porcentaje de elongación en seco y de recuperación elástica.
- El tiempo óptimo de operación para obtener fibra textil según los tres ensayos, es de 180 min de ebullición en el primer ensayo en la cocinilla, 90 min de ebullición en el segundo ensayo en la cocinilla con NaOH al 5% y finalmente de 60 min de ebullición en el tercer ensayo en la estufa.
- En cuanto al porcentaje de elongación, en el primer ensayo se obtuvo un 32.56% en seco y 11.63% en húmedo; en el segundo ensayo se obtuvo un 16% en seco y 32% en húmedo y en el tercer ensayo se obtuvo un 9.38% en seco y 18.75% en húmedo. En cuanto a la recuperación elástica en el primer ensayo se obtuvo un 10.50%, en el segundo ensayo se obtuvo un 6% y en el tercer ensayo se obtuvo un 6.75%.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras investigaciones considerar las muestras en mayor y menor tamaño, para conocer el comportamiento de la totora con la solución básica.
- Se recomienda cortar las muestras de la parte superior e inferior de la totora para determinar cuál de las dos reacciona mejor con la solución básica.
- Se sugiere la producción de fibra textil a base de totora a gran escala para la elaboración de bolas artesanales que serán reutilizables y biodegradables, contribuyendo de esta manera a la disminución de la contaminación ambiental a causa del polietileno.
- Se recomienda considerar la presente investigación para futuras intervenciones con la totora.
- Al momento de la selección de la totora, se recomienda trabajar con diámetros inferiores, esto para determinar si la acción de la solución alcalina actúa más rápido y por ende se daría una disminución en el tiempo de tratamiento.
- Se sugiere al momento de trabajar con la totora dar un pretratamiento para saber si el tiempo de tratamiento disminuirá, de esta manera se podría reducir costos experimentales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardanuy, M., (2011). Fibras Procedentes de Recursos Renovables: una oportunidad para innovar y mejorar la competitividad. *Química e Industria Textil*, 24.29.
- Goyzueta, (1996). Trabajo de investigación; Estimación de Biomasa de los totorales para fines de subsistencia. Dirección Universitaria de Investigación. FCCBB Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Sánchez, J., Calderón, Z., & García, M. (2014). Química II (2.^a ed., pp. 76–85). Estado de Oaxaca
- Arcos, V., (2013). Desgomado de la fibra de ramio (*Boehmeria Nivea*) Mediante métodos químicos y enzimáticos no tradicionales. Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ayora, A., (2016). Tejidos Inteligentes: La Tecnología detrás de las Prendas. *Desnivel*, 1, p. 75 - 86. Obtenido de: <https://www.desnivel.com/material/material-noticias/tejidos-inteligentes-la-tecnologia-detras-de-las-prendas/>
- Bonilla, O., Trujillo, H., Guerra, S., Guevara, V., & López, C. (2011). Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*). *Revista Politécnica Departamento de Ingeniería Química*. Ecuador, Vol. 30(1): 167–178
- Campana, A., (1975). Estudio Preliminar de la Influencia Ambiental en el Contenido Bromatológico de 5 Especies Forrajeras Acuáticas en el Departamento de Puno. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Carrera, E., (2017). Física textil. Propiedades físicas para caracterizar la calidad de las fibras textiles. (1^a ed., p. 188) España. Editorial Terrasa.
- Fletcher, K., (2012). Gestionar la sostenibilidad en la Moda (p. 36) México. Editorial Blume.
- Galiano, P., (1987). Evaluación de la productividad primaria de la totora *Schoenoplectus Tatora* en la Bahía de Puno, sectores Chejoña, Chucuito y Paucarcolla. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



- Gómez, L., (2015). Obtención experimental de nuevas fibras textiles vegetales. Tesis de pregrado. Universidad de Azuay, Cuenca.
- González, J., (2013). La sostenibilidad ecológica en el desarrollo de productos textiles. *Realidad y Reflexión*, p. 65 - 97.
- Goyzueta, G., Alfaro, R., & Aparicio, M. (2009). Totorales del lago Titicaca: importancia, conservación y gestión ambiental. (p. 29). Puno. Editorial Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Hollen, N., (2011). Introducción a los textiles (11.ª ed., p. 17–20). México. Editorial Limusa S.A.
- Hollen, N., Saddler, J., Langford A., & Sangines, M. (2017). Introducción a los textiles (17.ª ed., p. 46–55). México. Editorial Limusa S.A.
- Humpiri, W., (2005). Obtención y caracterización de las harinas de chullo y rizoma de Totorá. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- INRENA. (2003). Plan Maestro de la Reserva Nacional del Titicaca. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú.
- INRENA. (1999). Evaluación y Monitoreo de Totorá. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Informe Anual. Lima, Perú.
- Leviel, D., (1991). Importancia Socio Económica de la Extracción de Macrófitos en la Bahía de Puno: Contaminación del Lago Titicaca. Puno, Perú.
- LocKuán, F., (2013). La industria textil y su control de calidad. (1ª ed., p. 142) México. Editorial San Marcos.
- Maldonado, A., (1987). Digestibilidad In vivo con seis sub-productos de la zona en ovinos. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Mamani, M., (1993). Evaluación de la superficie y rendimiento de la Totorá (*Scirpus Californicus*) en el Lago Titicaca. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Miranda, E., (2013). Evaluación Nutricional de la Totorá (*Schoenoplectus tatora*) y Llachu (*Elodea potamogeton* E.) En la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.).



Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

- Monroy, S., (1941). La Totora es una Ciperácea. Tesis de pregrado. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Orcón, B., Giraldo, M., Flores, E., & Ynca, A. (2019). Alternativas de pretratamiento textil: método integrado de descrude-blanqueo y blanqueo químico-enzimático, evaluación y comparación con el método clásico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol.85 n°2, 34.
- Otazú, (2001). Macrófitas de Importancia del Lago Titicaca. Informe presentado al Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- PELT-ADESU. (2001). Técnicas de reimplante de totora. Proyecto 21.03. Programa de capacitación sobre manejo de la totora. Puno, Perú. Obtenido de:http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.03%20manual.pdf
- PELT-ADESU, (2003). Plantación de totora en las comunidades. Proyecto 21.04. Puno, Perú. Obtenido de: http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.04.pdf
- Quispe, J. (1997). Análisis proximal en la vegetación de Micrófitos Acuáticos Forrajeros del Lago Titicaca – Puno. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- RNT. (2003). Informe trimestral Reserva Nacional del Titicaca – Sitio Ramsar. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Áreas Protegidas. Puno Perú.
- Roque, B., (1998). Determinación del valor Nutricional de la Totora en Vacunos. Reunión Científica Asociación Peruana de Producción Animal APPA, Puno.
- Roque, (1992). Evaluación de digestibilidad de la Totora en vacunos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Ramírez, V., (2012). Proyecto Ramio en República Dominicana. Obtenido de: <http://www.ramiethanol.com>
- Rivera, R., (1979). Análisis Bromatológico y Microbiológico del Chullo de Totora. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



- Salazar, S., (2011). Caracterización de la fibra de Ramio (*Boehmeria nivea*) y estudio del efecto del tiempo de cosecha sobre sus propiedades mecánicas. Tesis de Pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Sánchez, M., (2014). Propiedades físicas de las fibras textiles. Institución Educativa Técnica Alfonso Palacio Rudas.
- Segers R., (1998). Producción y consumo de metano: una revisión de los procesos subyacentes a los flujos de metano de los humedales. *Biogeoquímica* 41:23–51.
- SERNANP, (2015). Plan Maestro Reserva Nacional del Titicaca 2014-2019. s.l., s.e. p. 33.
- Vidal, G. & Hormazábal, S. (2015). Las fibras vegetales y sus aplicaciones. Innovación en su generación a partir de la depuración del agua. Tesis de Pregrado. Universidad de Concepción, Chile.



ANEXOS

ANEXO 1. Solicitud para uso de laboratorio

AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD

EMSAPUNO S.A
Reg. _____ Hora 9:46 Folio 09
21 OCT 2020
MESA DE PARTES
TRAMITE DOCUMENTARIO

SOLICITO: AMBIENTE DE LABORATORIO Y USO DE MATERIALES

ING. HECTOR RAÚL AQUINO ARIAS
Gerente General de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno S.A.

Yo, **Maria Isabel Quilca Quispe** identificada con DNI N° 41653873, domiciliada en el Pasaje Santa Maria N° 129 de la ciudad de Puno. Ante Usted con el debido respeto me presento y digo:

Que, siendo bachiller en Ingeniería Química de nuestra primera casa de estudios Universidad Nacional del Altiplano, la cual cerró sus puertas a toda actividad de clase presencial por causa de la pandemia mundial del COVID 19, es que mi persona se ve sumamente afectada por tal acontecimiento al no poder realizar unas pruebas experimentales en los laboratorios de mi Facultad, para poder presentar mi borrador de tesis para la obtención de mi título profesional. Por tal motivo recorro a su digno despacho para solicitarle el **Ambiente de laboratorio y Materiales de la planta de agua potable ubicado en Aziruni.**

Debo indicar que el uso del laboratorio será en un plazo de 2 días. Comprometiéndome en ser muy responsable y cuidadosa con los materiales a utilizar.

A continuación procedo a detallar los MATERIALES que utilizaré:

CANTIDAD	DESCRIPCION	CAPACIDAD
4	Balón de aforo *	1000 ml
8	Vaso de precipitados *	500 ml
2	Varilla	-
1	Espátula	-
1	Balanza analítica	-
2	Pinzas grandes	-
1	Cocinilla o estufa con campana	-

(*) Acondicionable.



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

		FECHA	
		22/10/2020 *	23/10/2020 *
8:00	Acondicionamiento de materia prima y rotulado.	Acondicionamiento de materia prima y rotulado.	Acondicionamiento de materia prima y rotulado.
8:30	Preparación de soluciones.	Preparación de soluciones.	Preparación de soluciones.
9:00	Inicio de parte experimental FASE I.	Inicio de parte experimental FASE II.	Inicio de parte experimental FASE II.
13:00	Termino de parte experimental FASE I.	Termino de parte experimental FASE II.	Termino de parte experimental FASE II.
DESCANSO			
15:00	Recojo, rotulado y registro de muestras.	Recojo, rotulado y registro de muestras.	Recojo, rotulado y registro de muestras.
16:30	Lavado de materiales.	Lavado de materiales.	Lavado de materiales.
17:00	Retiro de ambiente de laboratorio.	Retiro de ambiente de laboratorio.	Retiro de ambiente de laboratorio.

(*) Las fechas pueden variar de acuerdo a la disponibilidad del personal de laboratorio.
Adaptabilidad de horarios.

Por último deseo mencionar que al terminar mis pruebas experimentales, pido a su digna institución me expida una constancia o certificado la cual avale que realice pruebas experimentales en los laboratorios de EMSA PUNO.

POR LO EXPUESTO

Ruego a Ud acceder a mi solicitud por ser
de causa justa.

Puno, 21 de Octubre del 2020

MARIA ISABEL QUILCA QUISPE

DNI 41653873

CEL: 921303499

ADJUNTO:

- COPIA DE ACTA DE APROBACION DE PROYECTO DE TESIS
- COPIA SIMPLE DE DNI



ANEXO 2. Constancia de ensayos de laboratorio



EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO S.A.

CONSTANCIA

Por medio de la presente, el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico (EMSAPUNO S.A.) hace constar que la señorita **María Isabel Quilca Quispe** ha realizado pruebas experimentales con la Titora (*Schoenoplectus Califormicus*) los días 22 y 23 del mes de Octubre del presente año.

Se expide esta constancia por petición del interesado, y para los fines que éste considere conveniente.



Puno, 17 de Noviembre de 2020

Atentamente,

IGNACIO PASTOR SALAS
(e) Laboratorio Control de Calidad





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARIA ISABEL QUILCA QUILPE
identificado con DNI 41653873 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA QUÍMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL, A BASE DE TOTORA (SCHODENOPICTUS CALIFORNICUS), UTILIZANDO UNA SOLUCIÓN BÁSICA."

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 20 de DICIEMBRE del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MARIA ISABEL QUILCA QUISPE identificado con DNI 41653873 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA QUÍMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL, A BASE DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS), UTILIZANDO UNA SOLUCIÓN BÁSICA. ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de DICIEMBRE del 20 23


FIRMA (obligatoria)



Huella