



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
TEXTIL**

**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANTIBACTERIALES EN TEJIDO
DE PUNTO JERSEY 100% CO APLICANDO UN ACABADO QUÍMICO TEXTIL
CON NÁCAR”**

AUTOR:

HUGO EDUARDO IPIALES MESA

DIRECTOR:

MSC. WILSON ADRIÁN HERRERA VILLARREAL

IBARRA – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley Superior de Educación, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para cual pongo a su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100390450-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ipiales Mesa Hugo Eduardo		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra, Barrio Bellavista Bajo S/N 11-10		
EMAIL:	heipialesm@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	293 2445	TELÉFONO MÓVIL:	098 952 1715

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANTIBACTERIALES EN TEJIDO DE PUNTO JERSEY 100% CO APLICANDO UN ACABADO QUÍMICO TEXTIL CON NÁCAR.
AUTOR (ES):	Ipiales Mesa Hugo Eduardo
FECHA:	28 de julio de 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Textil
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que, la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de esta, y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de julio del 2022

Autor:

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and strokes, enclosed within a horizontal oval shape.

IPIALES MESA HUGO EDUARDO

C.I.: 100390450-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Hugo Eduardo Ipiales Mesa**, para optar por el título de INGENIERO TEXTIL, cuyo tema es **“Evaluación de las características antibacteriales en tejido de punto jersey 100% CO aplicando un acabado químico textil con nácar”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

Ibarra, a los 17 días del mes de julio de 2022



Firmado electrónicamente por:
**WILSON ADRIAN
HERRERA
VILLARREAL**

MSC. WILSON ADRIÁN HERRERA VILLARREAL
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Con sentimientos encontrados, me auto dedico este trabajo a mi como una merecida y gratificante recompensa, a muchos años de esfuerzo.

Finalmente, y no menos importante, dedico este trabajo a mis amados padres, quienes han sido pilar fundamental en mi educación y en mi formación como ser humano y profesional. Gracias, por tanto y perdón por tan poco.

“Mírame bien, contemplarás a alguien que no has visto jamás. Cachorro ayer, hoy soy león;
ahora, la ley la marco yo”

“El Regreso” (2005), WarCry

Eduardo Ipiales

AGRADECIMIENTO

Luego de un largo camino recorrido, quiero agradecer a todas aquellas personas que fueron un fuerte soporte y guía durante esta trayectoria de formación, especialmente a mis mejores amigos: Alex, William y Jhony, con quienes he compartido innumerables y reconfortantes días, tardes y noches de charlas y juegos.

A mis entrañables amigos de universidad; Gissele, Mónica, Dayana, Marisol, Angélica, Shary y Montserrat quienes sin duda alguna en todo momento fueron apoyo, no solo en cuestiones académicas sino también de la vida.

A mis ingenieros y técnicos docentes que en todo momento me orientaron y tuvieron la paciencia de formarme como profesional y como persona, especialmente al Ing. Marco Naranjo Toro e Ing. Wilson Herrera; quienes mucho más que mis docentes han sido mis amigos, mis guías y un gran ejemplo a seguir.

Y por último a mis adorados padres, por todo el soporte, los consejos y la paciencia que tuvieron al verme en mi proceso de formación académica y crecimiento personal.

Eduardo Ipiales

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Descripción del tema.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Importancia del estudio.....	1
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo general.....	2
1.4.2 Objetivos específicos.....	2
1.5 Características del sitio del proyecto.....	2
CAPÍTULO II.....	4
2.1 Estudios Previos.....	4
2.1.2 Usos industriales del nácar.....	4
2.1.2.1 En la industria cosmética.....	4
2.1.2.2 En la medicina veterinaria.....	5
2.1.2.3 En la medicina.....	5
2.1.2.4 Compuestos bio-inspirados.....	7
2.1.2.5 El nácar en la industria textil.....	7
2.2 Marco Conceptual.....	11
2.2.1 El nácar.....	11
2.2.1.1 Propiedades del nácar.....	12
2.2.2 El algodón.....	13
2.2.2.1 Descripción general.....	14

2.2.2.2 Propiedades generales.....	14
2.2.3 Tejido de punto	15
2.2.3.1 Generalidades.....	16
2.2.4 Acabados químicos textiles.....	17
2.2.4.1 Acabados antibacteriales.....	17
2.2.5 Técnicas de acabados textiles	18
2.2.5.1 Método de impregnación.	18
2.2.6 Microorganismos aerobios mesófilos	21
CAPÍTULO III.....	22
3.1 Método de investigación	22
3.2 Flujograma de experimentación.....	22
3.3 Normas por utilizar.....	23
3.3.1 AATCC 61-2013 – Solidez al lavado	23
3.3.2 NTE INEN 145 – Determinación de la humedad en el algodón.....	23
3.3.3 NTE INEN 1 529-5:2006 (Adaptado) – Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.....	23
3.4 Diseño muestral.....	23
3.4.1 Selección de muestras	23
3.4.2 Equipos, instrumentos y parámetros de aplicación.....	24
3.4.3 Obtención de la solución para el acabado químico textil	25
3.4.2.1 Solución preliminar I.	26
3.4.2.2 Solución preliminar II.....	27
3.4.2.3 Desarrollo de la solución final para el acabado.	28
3.4.4 Obtención de muestras para la determinación de microorganismos aerobios	29
3.4.5 Contaminación de las muestras.....	32
3.5 Determinación de microorganismos aerobios mesófilos	33
3.5.1 Conservación y manejo de muestras	33
3.5.2 Flujograma para la determinación de microorganismos.....	33
3.5.3 Equipos, instrumentos, insumos y parámetros para el análisis.....	33
3.5.4 Preparación del área de trabajo para el análisis	35

3.5.5 Adecuación de las muestras tratadas para el análisis	36
3.5.6 Obtención de diluciones para el análisis de microorganismos aerobios mesófilos	36
3.5.7 Obtención de placas para el análisis de microorganismos aerobios mesófilos.....	44
3.5.8 Conteo de colonias bacterianas	44
3.6 Evaluación de la solidez al lavado	46
CAPÍTULO IV	48
4.1 Resultados de la determinación de microorganismos aerobios mesófilos	48
4.1.1 Resultados de la eficacia del tratamiento químico con nácar al textil	49
4.1.2 Resultados de la prueba de solidez al lavado.....	51
4.2 Discusión de resultados	52
4.2.1 Normalidad de datos	52
4.2.2 Análisis gráfico de resultados	53
CAPÍTULO V.....	58
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las principales propiedades del algodón.....	15
Tabla 2 Factores que influyen en el pick up	20
Tabla 3 Parámetros generales de las muestras	24
Tabla 4 Equipos e instrumentos utilizados para tratar al textil.....	24
Tabla 5 Parámetros generales del proceso de acabado	25
Tabla 6 Solución preliminar I	26
Tabla 7 Solución preliminar II.....	27
Tabla 8 Solución final para el acabado	28
Tabla 9 Muestras acabadas con nácar	30
Tabla 10 Receta para la muestra I y II con una dosificación de 20 g/L de nácar	31
Tabla 11 Receta para la muestra III y IV con una dosificación de 30 g/L de nácar	31
Tabla 12 Receta para la muestra V, VI, VII y VIII con una dosificación de 40 g/L de nácar	32
Tabla 13 Equipos e instrumentos empleados para la determinación de microorganismos.....	34
Tabla 14 Parámetros generales para la esterilización de instrumentos y dilución del agua de peptona.....	35
Tabla 15 Parámetros generales para incubación de las colonias bacterianas	35
Tabla 16 Muestras estandarizadas en peso	36
Tabla 17 Soluciones obtenidas a partir de las muestras analizadas	37
Tabla 18 Presencia de colonias bacterianas en las muestras I y II tratadas con 20 g/L de nácar	44
Tabla 19 Presencia de colonias bacterianas en las muestras III y IV tratadas con 30 g/L de nácar	45
Tabla 20 Presencia de colonias bacterianas en las muestras V y VI tratadas con 40 g/L de nácar	45

Tabla 21 Presencia de colonias bacterianas en las muestras VII y VIII tratadas con 40 g/L de nácar y lavadas bajo la norma AATCC 61	46
Tabla 22 Presencia de colonias bacterianas en las muestras IX y X no tratadas	46
Tabla 23 Condiciones de la prueba de solidez al lavado	47
Tabla 24 Resultados generales de la presencia de microorganismos aerobios mesófilos	49
Tabla 25 Eficacia del acabado químico textil en muestras tratadas, no tratadas, contaminadas, no contaminadas, lavadas y no lavadas.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de los Laboratorios de Calidad Textil.....	3
Figura 2 Ubicación del Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos.....	3
Figura 3 Crema multiacción aclarante Totalist.....	5
Figura 4 Migración de los queratinocitos tratados con el polvo de nácar	6
Figura 5 Proceso de obtención y uso de fibras a partir de concha de ostra y PET reciclados..	8
Figura 6 Prendas de SiiZU.....	9
Figura 7 Top de Coster Copenhagen	9
Figura 8 Camisa Pearl Street de Mountain Khakis.....	10
Figura 9 Concha de un molusco	11
Figura 10 Resistencia a la tracción, compresión y módulo de Young del nácar	12
Figura 11 Iridiscencia del nácar.....	13
Figura 12 El algodón.....	14
Figura 13 Estructura del jersey	16
Figura 14 Acabado antibacterial	18
Figura 15 Foulard de laboratorio	19
Figura 16 Microorganismos aerobios mesófilos.....	21
Figura 17 Proceso general para aplicar un acabado químico textil con nácar	22
Figura 18 Proceso de obtención de la solución preliminar I.....	26
Figura 19 Proceso de obtención de la solución preliminar II	27
Figura 20 Proceso de obtención de la solución final para el acabado	29
Figura 21 Proceso para determinación de microorganismos aerobios mesófilos.....	33
Figura 22 Pesaje del agua de peptona	37
Figura 23 Adición del agua destilada	38

Figura 24 Diluido del agua de peptona	38
Figura 25 Esterilización de los vasos autoclavables y ebullición del agua de peptona	39
Figura 26 Enfriamiento de las soluciones y de los vasos autoclavables.....	39
Figura 27 Adecuación del peso de las muestras	40
Figura 28 Obtención de la dilución a la -1.....	40
Figura 29 Soluciones a la -1 con las diferentes muestras textiles.....	41
Figura 30 Distribución del agua de peptona en los tubos de ensayo	41
Figura 31 Adición de 1 ml de la dilución -1 a los tubos de ensayo	42
Figura 32 Obtención de la dilución a la -2.....	42
Figura 33 Obtención de la dilución a la -3.....	43
Figura 34 Obtención de la dilución a la -4.....	43
Figura 35 Análisis de distribución normal de datos	52
Figura 36 Crecimiento de colonias bacterianas en las muestras contaminadas, lavadas, no lavadas, tratadas y no tratadas.....	53
Figura 37 Crecimiento de colonias bacterianas en relación con la dosificación del nácar.....	54
Figura 38 Eficacia del acabado químico textil en muestras contaminadas, tratadas, no tratadas, lavadas y no lavadas.....	55
Figura 39 Eficacia del acabado químico textil en muestras no contaminadas, tratadas, no tratadas, lavadas y no lavadas	55
Figura 40 Eficacia del acabado químico textil en muestras tratadas, no tratadas, contaminadas, no contaminadas, lavadas y no lavadas.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Informe de actividades realizadas en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos	66
Anexo 2 Certificado de asistencia al Laboratorio de Calidad Textil.....	67
Anexo 3 Ficha técnica del dispersante - igualante.....	68
Anexo 4 Ficha técnica de la micro emulsión de silicona.....	69
Anexo 5 Ficha técnica del ligante.....	70
Anexo 6 Obtención de la solución preliminar I.....	71
Anexo 7 Inoculación de microorganismos aerobios mesófilos	71
Anexo 8 Incubación de microorganismos aerobios mesófilos	72
Anexo 9 Interpretación de placas Petrifilm 3M.....	72
Anexo 10 Prueba de solidez al lavado	73

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la obtención de un acabado funcional con características antibacteriales en un sustrato textil de tipo jersey 100% CO, mediante la aplicación de nácar pulverizado por un proceso de impregnación; que posteriormente será evaluado bajo la norma INEN 1 529-5:2006 (adaptada) – Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.

En cuanto al desarrollo de este estudio, se determinó el uso de tres diferentes cantidades de nácar, de modo que, este compuesto fue incorporado al proceso en una dosificación de 20, 30 y 40 g/L; con un pick up aproximado del 85% y con una temperatura de secado a 105° C durante 15 minutos. Producto de esto, se obtuvieron 8 muestras: 2 con 20 g/L de nácar, 2 con 30 g/L de nácar y 4 con 40 g/L de nácar; de estas, 2 fueron sometidas al lavado bajo la norma AATCC 61, mientras que, las 2 últimas muestras no fueron sometidas a ningún tratamiento ya que, únicamente sirvieron como estándar de comparación. Además, 5 muestras; una de cada grupo, fueron sometidas a contaminación directa con sudor corporal para poder llevar a cabo la investigación.

Con respecto a los datos obtenidos, estos se sometieron a un análisis de confiabilidad en el software estadístico PAST4, consiguiendo una confiabilidad superior al 95%, denotando claramente que las muestras tratadas con 20 y 30 g/L de nácar presentaron mayor resistencia a la formación de microorganismos aerobios mesófilos.

Palabras clave: Nácar, antibacterial, tejido de punto, impregnación



ABSTRACT

This study uses a padding process to apply nacre powder to a jersey type 100 % CO textile substrate to obtain a functional finish with antibacterial properties. The finished product will be tested according to the INEN 1 529-5:2006 (adapted) standard. In respect of the developing of this study, was determinate the use of three different quantities of nacre powder, so that, this compound was incorporated to the process in a dosage of 20, 30 y 40 g/L; with a pick up approximate of 85% and with a drying temperature to 105° C for 15 minutes. As a result, were obtained 8 samples: 2 with 20 g/L of nacre, 2 with 30 g/L of nacre and 4 with 40 g/L of nacre; two of this were submit to wash under AATCC 61 standard, whereas the last 2 samples weren't submitted to treatment since, uniquely served as a comparison standard. Remains that, 5 samples; one of each group, submitted to direct contamination to carry out the research. The obtained data were subjected to reliability analysis in the statistical PAST 4 software, approaching a level of reliability higher to 95%, clearly indicating that samples treated with 20 or 30 g/L of nacre had the highest resistance to the growth of mesophilic aerobic microorganisms.

Keywords: Nacre, antibacterial, knitted fabric, padding

Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del tema

El presente proyecto pretende evaluar las características antibacteriales que adquiere un tejido de punto jersey 100% CO al aplicar un acabado químico textil con nácar mediante un proceso de impregnación. En donde, las muestras obtenidas en la experimentación han sido tratadas con diferentes dosificaciones de nácar, lavadas y contaminadas durante un período de tiempo preestablecido para luego ser analizadas bajo la norma NTE INEN 1 529-5:2006, adaptada al ámbito textil.

1.2 Antecedentes

Dentro de la industria textil las aplicaciones que ha tenido el nácar o el caparazón de algún tipo de molusco han sido muy escasas. Sin embargo, esto no significa que no haya llamado la atención de los investigadores y de distintas empresas. En este sentido, y dado que la industria textil es una de las más contaminantes alrededor del mundo, esta ha buscado una alternativa viable para lidiar con los desperdicios generados producto de la maricultura, otra industria en proveniente crecimiento, y de este modo mermar la polución que esta actividad genera (Forbes Staff, 2019).

Resultado de estas investigaciones, se logró transformar estos desperdicios en una fibra textil con características sumamente destacables, siendo algunas de estas: humectantes, hidratantes, antibacteriales, desodorizantes, termorreguladoras (Ecomax Textile Co., Ltd., 2021). A sí también gracias a posteriores estudios se pudo determinar que sus propiedades antibacteriales, tienen un amplio espectro ante organismos, tales como: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Wu et al., 2021).

1.3 Importancia del estudio

Desde inicios de siglo el cambio climático ha sido considerado como una de las principales problemáticas a enfrentar, todo esto consecuencia de la irresponsabilidad del ser humano, quién siempre ha buscado la manera de generar réditos económicos mediante el uso o comercialización de cualquier elemento que se halla en la tierra, ya sea en estado puro o transformándolo.

En este sentido, y con la intención de encontrar nuevas formas de obtener acabados totalmente funcionales en la industria textil, el presente estudio presenta al nácar como una alternativa totalmente viable para ayudar a combatir la contaminación en el ambiente y de paso reemplazar la gran cantidad de productos químicos, algunas veces tóxicos, que se utilizan en la industria textil para obtener acabados con ciertas características y/o de alto rendimiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las características antibacteriales que adquiere un tejido de punto jersey 100% CO al aplicar un acabado químico textil con nácar.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Investigar las propiedades antibacteriales del nácar para establecer parámetros y procesos de aplicación en la industria textil.
- b. Aplicar el nácar pulverizado a un tejido de punto jersey 100% CO mediante un proceso de impregnación para obtener las muestras de estudio.
- c. Determinar la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos totales según la Norma NTE INEN 1 529-5:2006 en el tejido de punto jersey 100% CO con el acabado químico textil con nácar para establecer el comportamiento antibacterial.

1.5 Características del sitio del proyecto

El presente estudio se lleva a cabo en la ciudad de Ibarra, Imbabura, Ecuador, más específicamente en los Laboratorios de Calidad Textil de la Carrera de Ingeniería en Textiles y en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, ambos pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte y que se hallan ubicados en Sector Huertos Familiares, calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala y en el antiguo Hospital San Vicente de Paúl, calle Juan Montalvo, entre Cristóbal Colon y Juan de Velasco, respectivamente. Los cuales cuentan con una amplia gama de equipos e instrumentos de última generación para realizar procedimientos normados, acorde a las exigencias actuales.

Figura 1

Ubicación de los Laboratorios de Calidad Textil



Nota. La figura muestra una vista satelital de la Planta Académica Textil, lugar donde se hallan los laboratorios. **Fuente:** Google Maps (2021).

Figura 2

Ubicación del Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos



Nota. La figura muestra una vista satelital del Antiquo Hospital San Vicente de Paúl, lugar donde se halla el laboratorio. **Fuente:** Google Maps (2021).

CAPÍTULO II

ESTADO DE ARTE

2.1 Estudios Previos

El nácar ha sido objeto de varios estudios a lo largo de la historia, todo esto debido a las singulares propiedades que posee, dando paso a que sea un compuesto sumamente explotado en la industria cosmética. Y aunque no ha ocurrido lo mismo en otros campos de estudio, cabe mencionar que en las últimas dos décadas este material ha tenido varios acercamientos a la industria de la construcción y textil con resultados sumamente alentadores para los investigadores.

2.1.2 Usos industriales del nácar

Como se menciona anteriormente los principales usos que se le ha dado al nácar; también conocido como madre perla o concha de nácar en países latinoamericanos, se centran en la industria cosmética, todo esto por los beneficios que se obtiene al ser usada de manera tópica. Aunque no todo se centra en la industria cosmética, ya que también ha mantenido algunos acercamientos en el área médica y veterinaria. Y es que, dada la estructura de este material, ha sido posible encontrar una aplicación real para el mismo, siendo utilizado para la elaboración de compuestos bio-inspirados, los cuales poseen ciertas características y propiedades peculiares al igual que el propio nácar en estado puro.

2.1.2.1 En la industria cosmética. Desde hace miles de años atrás se conocía de manera “empírica” los beneficios que traía consigo el uso del nácar en el cuidado de la piel ya que existen registros de que este material era utilizado por los faraones de la civilización egipcia y los emperadores de la dinastía China. De modo que, tal ha sido la transcendencia del nácar en la industria del cuidado de la piel que, en el siglo actual según la Comisión Europea en el año 2007 los productos derivados del nácar tenían un valor de 160 836 millones de dólares en los mercados más importantes del mundo, tales como: el de la Unión Europea, Estados Unidos, China y Japón (Global Insight, 2007).

Además, es importante mencionar que la mayoría de los productos en donde se halla al nácar como compuesto principal, se encuentran en distintas presentaciones y entre las que predominan están: los jabones, el polvo y las cremas tópicas, las cuales ayudan principalmente al cuidado del rostro, destacando el aclaramiento, mejoramiento de la textura, regulación del

brillo de la piel, entre otros; ya que el nácar es un agente antioxidante y de antienvjecimiento (Barel et al., 2010).

Figura 3

Crema multiacción aclarante Totalist



Nota. La figura muestra una crema a base de Concha de Nácar. **Fuente:** Yanbal (2021).

2.1.2.2 En la medicina veterinaria. Si bien los estudios que se han llevado a cabo en la rama veterinaria con el nácar han servido como bases para encontrar nuevos aplicativos de este producto en el ser humano, lo cierto es que uno de los primeros estudios documentados del uso de la madre perla es como elemento sustituto y de soporte del hueso de ovinos, el cual además tuvo fructíferos resultados.

En dicho estudio se implantó nácar en el fémur de los ovinos buscando encontrar un biomaterial compatible de reemplazo para cirugías ortopédicas. Siendo que en un plazo de 3 meses, luego de que se realizaron los implantes, se pudo evidenciar resultados alentadores ya que se logró detectar actividad osteogénica, así como también, la ausencia de intervención del nácar con el tejido fibroso, empero, al final del estudio de 20 ovejas operadas 5 fenecieron, esto se debió a complicaciones post – cirugía, completamente ajenas a estudio (Delattre et al., 1997).

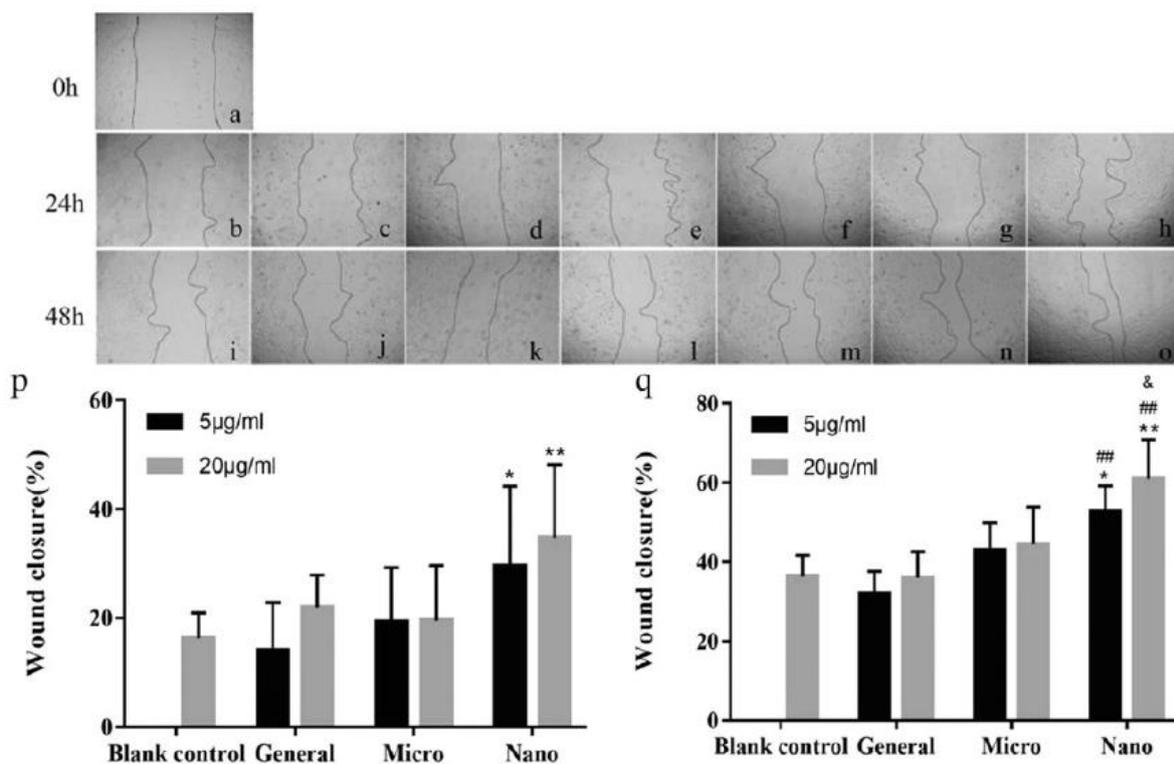
2.1.2.3 En la medicina. Dentro del campo médico, según (Loh et al., 2021) los principales usos que tiene el nácar son como agente: cicatrizante, antimicrobiano, antiinflamatorio, anti fibrótico y de soporte para la ingeniería del tejido. Además, que, gracias a la alta presencia de calcio (Ca) en la composición química del nácar, su consumo puede presentar otros beneficios en la salud, totalmente diferentes a los anteriormente mencionados. Estos posibles beneficios aún se hallan siendo estudiados por la comunidad científica y cabe mencionar que entre los que más destacan se encuentra que ayuda a mejorar la circulación

sanguínea reduciendo las posibilidades de padecer varices. No obstante, cabe aclarar que, si bien algunos estudios aún son incipientes, esto no quiere decir que el nácar represente un peligro para la salud del ser humano.

De cualquier manera, un claro ejemplo de la eficacia del nácar se puede evidenciar en el estudio realizado por X. Chen et al., en el cual se emplea a este compuesto a escala nanométrica para acelerar y reparar heridas a nivel in vitro e in vivo. En la Figura 4 obtenida y analizada por el software ImageJ se puede ver en el apartado a) a la herida a las 0 horas, (b, i) son el grupo de control; (c, j) tienen una dosificación de nácar en polvo de 5 $\mu\text{m}/\text{ml}$; (d, k) tienen una dosificación de nácar en polvo de 20 $\mu\text{m}/\text{ml}$; (e, l) tienen una dosificación de micro polvo de nácar de 5 $\mu\text{m}/\text{ml}$; (f, m) tienen una dosificación de micro polvo de nácar de 20 $\mu\text{m}/\text{ml}$; (g, n) tienen una dosificación de nano polvo de nácar de 5 $\mu\text{m}/\text{ml}$; (h, o) tienen una dosificación de nano polvo de nácar de 20 $\mu\text{m}/\text{ml}$. Siendo que, (p) y (q) son los porcentajes estadísticos del cierre de la herida en un período de 24 y 48 horas, respectivamente (X. Chen et al., 2019).

Figura 4

Migración de los queratinocitos tratados con el polvo de nácar



Nota. La figura muestra información de la investigación El polvo de perlas a nano escala acelera la reparación y regeneración de heridas in vitro e in vivo, durante períodos de 24 horas o 48 horas in vitro. **Fuente:** Chen et al. (2019).

2.1.2.4 Compuestos bio-inspirados. Como se detalla en los apartados anteriores, el nácar ha sido un elemento que en la actualidad ha llamado de sobre manera la atención de los investigadores por sus propiedades y características, entre las más destacables se hallan: la dureza, resistencia y tenacidad, muchas de las cuales a veces no se encuentran en conjunto ni siquiera en materiales sintetizados por el hombre (Luz & Mano, 2009).

Para los investigadores (Tang et al., 2003) esto se debe a la disposición de los elementos orgánicos e inorgánicos presenten en el nácar. Lo cual ha producido que al intentar imitar a nivel micro y nanométrico la estructura del nácar se puedan producir compuestos con nano plaquetas de arcilla y poliimida de capas alternas, con propiedades mecánicas que se pueden comparar, sin ningún problema alguno, a la de los huesos lamelares (R. Chen et al., 2008). Así también, (Podsiadlo et al., 2005) indican que estos compuestos mantienen propiedades antibacteriales.

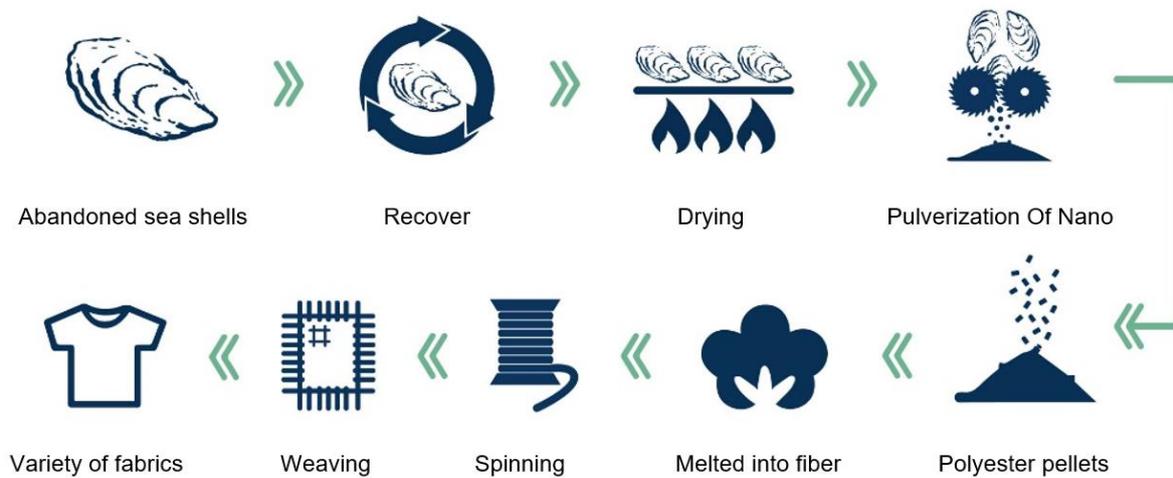
2.1.2.5 El nácar en la industria textil. En el caso de la industria textil, los acercamientos que ha tenido el nácar o cualquier otro organismo conchífero han sido muy escasos. Aunque esto a su vez no quiere decir que los artículos en donde se halle presente este compuesto sean totalmente nulos o inexistentes. Por mencionar un ejemplo, se tiene a la fibra reciclada de conchas de ostra producida por la empresa Ecomax Textile Co., Ltd., la cual como su nombre hace alusión, pretende dar solución a una creciente problemática ambiental producto de la maricultura o cultivo de perlas.

Es así que, todo inicia en Taiwán, hace aproximadamente dos décadas, en donde los desechos producto de la maricultura eran arrojados en zonas costeras, causando la contaminación de las aguas y desprendiendo un olor fétido en las zonas aledañas afectando directamente a los habitantes de la zona, en un inicio éstas problemáticas no fueron tomadas con la importancia del caso pero con el aumento de la producción de perlas y la generación de hasta 160 000 toneladas métricas de desperdicios por año, el problema se tornó en algo mucho más grave y de salud pública (Ecomax Textile Co., 2021b).

De modo que, para dar respuesta y una solución tangible a esta eventualidad, en 2013 Ecomax Textile Co., Ltd., comienza a elaborar una fibra reciclada utilizando los desechos de la concha de ostra y de las botellas plásticas; véase la Figura 5, este último elemento, también presente en las zonas costeras producto del turismo irresponsable y de las corrientes marinas; alineándose así como empresa al Acuerdo de París del Cambio Climático (Ecomax Textile Co., 2021a).

Figura 5

Proceso de obtención y uso de fibras a partir de concha de ostra y PET reciclados



Nota. La figura muestra el proceso de producción de las fibras recicladas de la empresa Ecomax Textile Co., Ltd. **Fuente:** Ecomax Textile Co., Ltd. (2021).

En este caso cabe recalcar que la empresa Ecomax Textile Co., Ltd., es especializada en la producción de tejidos planos con diferente composición siendo la más común 43% de poliéster reciclado (R-PET), 37% de algodón (CO) y 20% de concha de ostra pulverizada (OSP); debido a que su composición está sujeta a cambios, la formulación de sus fibras no se halla patentada (Ecomax Textile Co., Ltd., 2021).

En contraste a esto, se halla la empresa, también taiwanesa, Creative Tech Textile Co., Ltd., dedicada tanto a la producción de tejidos planos y de punto; que a diferencia de su competencia si presenta patentes en China, Taiwán y Japón de su producto estrella, la fibra Seawool® (Creative Tech Textile Co., 2021).

Sin embargo, tanto Ecomax Textile Co., Ltd., y Creative Tech Textile Co., Ltd., se han convertido en socios o aliados muy importantes de algunas empresas confeccionistas y comercializadoras de moda, tal como ha ocurrido con: SiiZU, Coster Copenhagen Mountain Khakis.

En el caso de SiiZU destacan que las prendas elaboradas con lana de mar evitan malos olores sin la necesidad de utilizar productos ajenos a la prenda además de tener un tacto suave, evitar la estática y proporcionar aislamiento natural para mantener al usuario a gusto en temperatura frías (Kelvin Lai, 2018).

Figura 6

Prendas de SiiZU



Nota. La figura muestra prendas de diferentes ligamentos desarrolladas con la fibra Seawool®. **Fuente:** SiiZU (2021).

Por su parte, Coster Copenhagen resalta el hecho que sin importar el tipo de tejido que se utilice para confeccionar una prenda de vestir, un kilo de esta materia prima puede reutilizar aproximadamente 60 botellas de plástico (Coster Copenhagen, 2021).

Figura 7

Top de Coster Copenhagen



Nota. La figura muestra un tejido de punto elaborado con la fibra Seawool®. **Fuente:** Coster Copenhagen (2021).

Finalmente, Mountain Khakis destaca el hecho que al utilizar tejidos compuestos de Seawool® para la elaboración de sus prendas de montaña o de calle, éstas tienen un excelente

desempeño aislante de la temperatura, además de que, sus prendas no resultan robustas o rígidas debido a que el tejido tiene una excelente caída (Hole, 2018).

Figura 8

Camisa Pearl Street de Mountain Khakis



Nota. La figura muestra una camisa de tela tipo franela elaborada con un 25% de hilo Seawool®, 45% de nylon y 30% de algodón. **Fuente:** Mountain Khakis (2021).

En consecuencia, como se puede corroborar en los párrafos previos, ha sido la industria de la moda y confección, así como las crecientes necesidades humanas de confort, las que han impulsado a que se desarrollen nuevas materias primas, en este caso tejidos, que permitan dar respuesta a estas necesidades tan básicas como lo es el vestir.

Sin embargo, si bien las compañías anteriormente nombradas han sido pioneras en el uso del nácar para desarrollar este tipo de sustratos, el interés de ciertos investigadores no se ha detenido. Tal es el caso de Dung-Yi Wu, Shan-Shue Wang y Chin-San Wu que han continuado con la búsqueda y desarrollo de nuevos artículos textiles en donde la concha de ostras y otros tipos de desperdicios están presentes.

De modo que, en estas nuevas investigaciones el PET reciclado (poli tereftalato de etileno) en sociedad con los aerogeles de sílice (SAGs) han sido los aliados de la concha de ostras (OSP) para obtener sustratos con características hidrófobas, antibacterianas, de mayor resistencia a la tracción, aislantes, de resistencia al lavado y de disminución de la conductividad térmica (Wu et al., 2021).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 El nácar

Como preámbulo a las características y propiedades que posee el nácar como tal, es necesario conocer cómo se forma y los lugares en los cuales comúnmente se encuentra a este peculiar elemento. Dentro de este contexto, es correcto señalar que el nácar es un elemento que se forma de manera natural en los organismos conchíferos o moluscos desde hace más de 530 millones de años (Marie et al., 2009).

Actualmente, según afirma (Pina Martínez et al., 2013) la composición de este caparazón, también conocido como concha, que se forma alrededor de los moluscos no ha variado su composición y sigue estando presente en estos para protegerlos. Por tanto, es posible encontrar nácar en moluscos de agua salada (mares y océanos) y de agua dulce (ríos); aunque es posible que pueda existir una variación porcentual menor de los elementos que lo componen.

En todo caso, se puede decir que el nácar es un material compuesto por sustancias orgánicas e inorgánicas, las cuales son: la lustrina, β quitina y carbonato de calcio; dispuestas de una forma conocida como ladrillo-mortero (Santulli, 2015). Siendo que, la lustrina (proteína) y la β quitina (polisacárido) son los compuestos orgánicos que representan únicamente el 1% del total de la composición del nácar mientras que el 99% restante es el carbonato de calcio polimorfo, representado generalmente por el aragonito (Zhang & Zhang, 2006).

Figura 9

Concha de un molusco



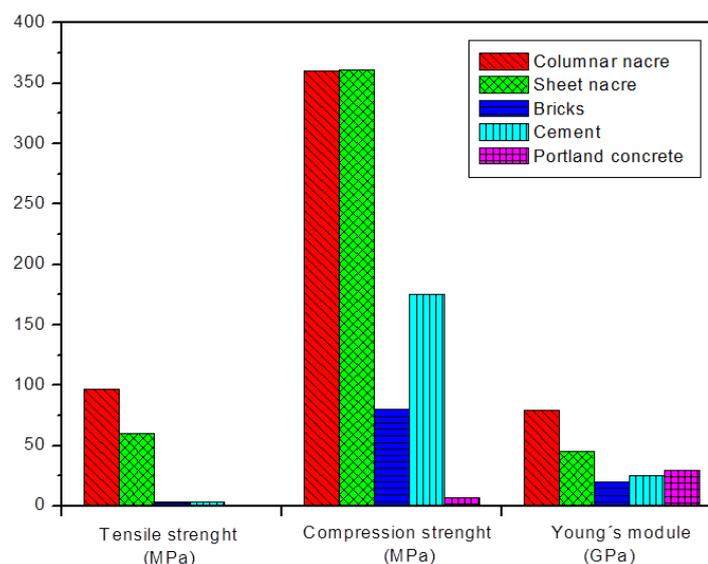
Nota. La figura muestra el caparazón de un molusco en estado natural analizado en el estudio de ¿Cómo se forma la concha de los moluscos? **Fuente:** Hernández (2020).

2.2.1.1 Propiedades del nácar. Como se ha hecho mención en líneas anteriores, el nácar, es un material que posee características únicas, las cuales aún en la actualidad no han podido ser replicadas a nivel industrial. Aunque lo curioso es que, en el proceso por intentar replicar estas cualidades, se ha dado paso al desarrollo de compuestos bio-inspirados que se asemejan o imitan de cierto modo las peculiaridades de la madre perla.

- **Propiedades mecánicas.** Desde hace no mucho tiempo atrás que el nácar despertó el interés de los investigadores, y no precisamente por sus aplicaciones cosméticas, sino más bien por sus propiedades mecánicas, las cuales por decir lo menos son extremadamente sobresalientes. Y es que según (Pina Martínez et al., 2013) aseveran que, estas características son superiores inclusive a la de los materiales de edificación convencionales y de alto rendimiento. En la Figura 10 se muestra una comparación entre dos tipos de nácar y tres materiales comunes de construcción. De modo que, tal como se puede apreciar, la resistencia a la tracción, a la compresión y el módulo de Young de los dos tipos de nácar es significativamente superior al que se puede encontrar en los materiales de construcción comunes y corrientes, tal como es el caso del: cemento, ladrillos y concreto que son elementos que se usan sin excepción en todo tipo de edificación regular o antisísmica.

Figura 10

Resistencia a la tracción, compresión y módulo de Young del nácar

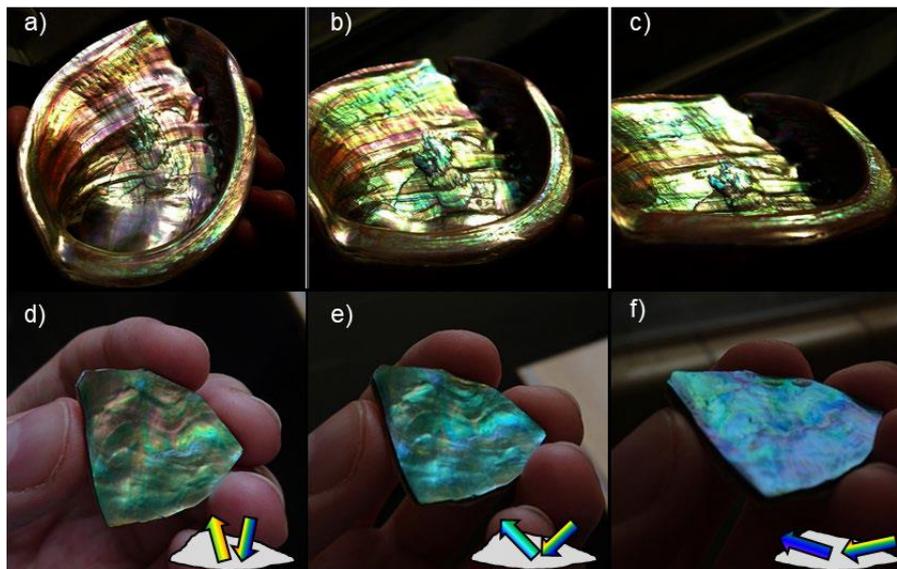


Nota. La figura muestra la superioridad del nácar columnar (rojo) y del nácar de hoja (verde) en una comparativa con tres elementos comunes de la construcción como lo son: el concreto (violeta), cemento (celeste) y ladrillos (azul). **Fuente:** Pina et al. (2013).

- **Propiedades ópticas.** Como se ha mencionado en los apartados anteriores, el nácar no es más que una estructura mineral compuesta de sustancias orgánicas e inorgánicas en forma de plaquetas, las cuales a su vez se hallan dispuestas en capas (Jackson et al., 1988). De forma que, es por esta particularidad que el nácar presenta un brillo especial, denominado como iridiscente, consecuencia de que los rayos de luz interfieren con las placas de CaCO_3 , en forma de aragonito, generando diferentes colores los cuales son visibles, ya que el espesor de las plaquetas se hallan dentro del rango de luz visible para el ser humano, es decir, entre 400 nm a 700 nm (Pina Martínez et al., 2013). Por otra parte, los colores que se pueden percibir varían dependiendo del ángulo con el cual el observador mira al elemento, tal como se puede apreciar en la Figura 11 (Salman et al., 2021).

Figura 11

Iridiscencia del nácar



Nota. La figura muestra la dependencia del color con los ángulos de incidencia y reflexión de la luz solar. **Fuente:** Salman et al. (2021).

2.2.2 El algodón

Como se conoce, esta fibra textil es una de las preferidas por los consumidores, todo esto debido a su origen, sus propiedades y sus variados usos. Es por esto por lo que, el algodón es la fibra textil natural de origen vegetal que mayor presencia tiene en el mercado y en términos generales se halla en segundo lugar siendo superada únicamente por el poliéster (SupplyCompass, 2020). En cuanto a su proceso productivo, se puede decir que, este tiene su

inicio en la extracción o cosecha, la cual se da netamente en su fuente de origen, para luego pasar por demás procedimientos, tales como la clasificación, preparación y manufactura (Ramírez de Huasanga, 2017).

Figura 12

El algodón



Nota. La figura muestra a la fibra de algodón madura lista para ser cosechada.

Fuente: SupplyCompass (2020).

2.2.2.1 Descripción general. Como se indica en el párrafo anterior, la fibra de algodón se obtiene de la semillas de las plantas del orden Malvales, de la familia Malvaceae, de la tribu Gossypieae y del género *Gossypium*, lo curioso es que si bien existen 33 especies reconocidas, únicamente 4 tienen importancia comercial, estas son: *herbaceum*, *aboreum*, *barbadense* e *hirsutum* (Wakelyn et al., 2007). Cabe destacar que esta fibra está compuesta hasta en un 96.5% de α -celulosa mientras que el restante son pectinas, ceras, agua, entre otros. (Hsieh, 2007).

2.2.2.2 Propiedades generales. Como se hace referencia en párrafos anteriores el algodón es una fibra sumamente atractiva por sus propiedades, tanto físicas y químicas, entre las cuales destacan su buena resistencia a la tracción, recuperación elástica, resistencia a la luz solar, conductividad térmica y eléctrica, buen tacto y absorbencia (*Propiedades de Las Fibras Textiles*, 2013). Así también, cabe recalcar que algunas otras propiedades no son tan destacables, siendo algunas de estas: la mediana resistencia a la abrasión, baja resiliencia, baja elongación, alta inflamabilidad, bajo lustre y baja resistencia a los hongos (*Textile Materials*, 2008).

Tabla 1*Resumen de las principales propiedades del algodón*

Parámetro	Valoración
Conductividad eléctrica	Excelente
Resistencia a la tracción	Buena
Recuperación elástica	Buena
Resistencia a la luz solar	Buena
Tacto	Buena
Absorbencia	Buena
Conductividad térmica	Media
Resistencia a la abrasión	Baja
Resiliencia	Baja
Elongación	Baja
Resistencia al fuego	Baja
Lustre	Baja
Resistencia a los hongos	Baja

Nota. Datos recopilados de *Propiedades de Las Fibras Textiles (2013) & Textile Materials (2009)*.

2.2.3 Tejido de punto

Como se conoce, el vestir es una de las necesidades más básicas del ser humano, en este sentido los artículos u objetos con los cuales ha cubierto su cuerpo de los factores ambientales han ido cambiando y evolucionando, yendo desde pieles de animales hasta tejidos elaborados con las más finas y delicadas fibras textiles; adaptándose a las necesidades y exigencias del consumidor conforme el paso del tiempo y de la época. Con respecto a esto, (Martínez Ahuatzí & Alba Ávila, 2012) mencionan que, existen antecedentes de tejidos de punto usados por varias culturas alrededor del mundo desde hace tiempos muy remotos, las

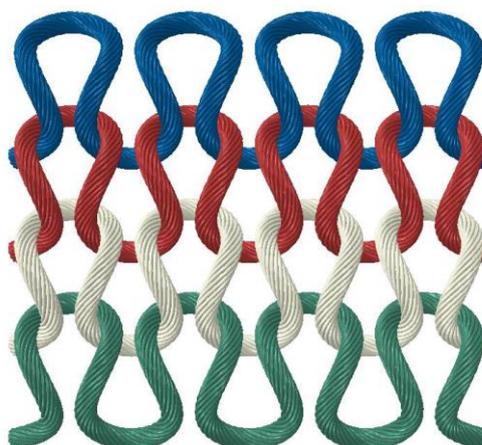
cuales utilizaron métodos rústicos para elaborar algún tipo de prenda de vestir, pero no es sino hasta 1589 que en la región de Jersey, William Lee construye un mecanismo de madera para la elaboración de un tejido a partir de mallas que inicia de cierto modo la producción “industrial” de este tipo de sustrato textil.

2.2.3.1 Generalidades. En concordancia con la premisa anterior, es correcto definir al tejido de punto como un artículo elaborado a partir de un hilo de cualquier tipo de fibra textil, ya sean estas naturales o sintéticas, entrelazados formando mallas, las cuales a su vez pueden haber sido manufacturadas a mano, con agujas (ganchillo) o en máquinas circulares, teniendo como principales peculiaridades su gran flexibilidad, elasticidad y adaptabilidad (Trullén Salaet, 2005).

En consecuencia, es correcto indicar que estas características predominantes en los tejidos de punto se deben netamente a la forma en la que se disponen los hilos en el tejido, es decir, formando mallas ya que es esto lo que; independientemente de la fibra componente del tejido, permite que se estire mejor y se contraiga mejor. Es decir que, en el caso de tener dos tipos de tejidos, uno plano y uno de punto, ambos 100% CO, este último se va a estirar y a contraer mejor, ya que sin importar que ambos sean de algodón en este caso es la forma y la disposición de los hilos que forman al tejido los que determinan las características anteriormente mencionadas.

Figura 13

Estructura del jersey



Nota. La figura muestra la estructura 3D de un tejido de punto por trama, multafilamento retorcido. **Fuente:** Siddiqui & Sun (2015).

2.2.4 Acabados químicos textiles

Como su nombre lo indica en este tipo de procesos húmedos el común denominador es el uso de ciertas sustancias, ya sea que éstas se encuentren en estado puro o compuestas, las cuales pretenden otorgar nuevas características y/o potenciar las preexistentes en los sustratos textiles a tratar y que además son inherentes a su composición.

Por su parte, (Bellini et al., 2002) afirman que, los acabados químicos son tratamientos en los cuales se buscan obtener propiedades que serían imposible obtener mediante la realización de procedimientos mecánicos y que para esto se apoyan en diferentes sustancias que pueden ser naturales, artificiales y sintéticas, así también como en diferentes técnicas, tales como: el foulardado, agotamiento, recubrimiento, pulverizado, entre otras.

Por tanto, con base a la premisa anterior y de acuerdo con lo que exponen Bellini et al., se puede aseverar que los acabados químicos generalmente son permanentes, pero también pueden tener un efecto un tanto menor y reducido de acuerdo con los requerimientos del consumidor, es así como entre los acabados químicos más comunes se hallan: de repelencia al agua, antibacteriales, de tacto (suavizado), ignífugos, entre otros.

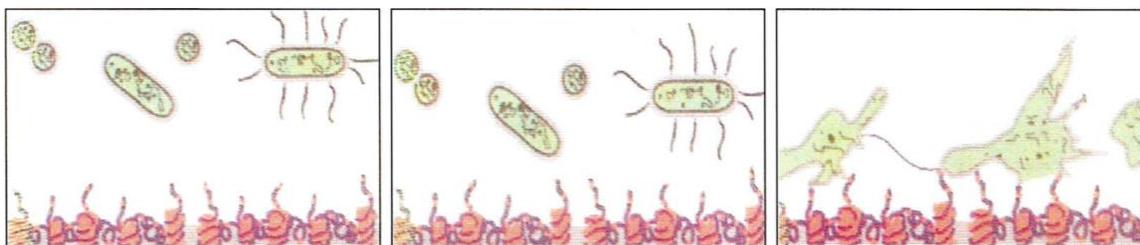
2.2.4.1 Acabados antibacteriales. Este tipo de procedimientos se realizan en sustratos textiles, en los cuales mediante la aplicación de productos químicos, se pretende lograr que sean capaces de prevenir el crecimiento de microorganismos o a su vez eliminarlos; este tipo de acabados inclusive son efectivos contra micotoxinas (Rouette, 2014).

(Patel & Tandel, 2005) hacen énfasis en que este tipo de acabados se realizan debido a que, en algunas ocasiones, ciertos agentes microbianos no pueden ser eliminados ni siquiera con el lavado a altas temperaturas. Por su parte (Hauser & Tariq, 2004) indican que, este tipo de acabados, aparte de tener la función antibacterial y en algunos casos biocida, deben cumplir con algunas características, entre las cuales se tiene que:

- Deben ser durables y resistir a cualquier tipo de lavado.
- Su actividad antibacterial debe ser constante y selectiva.
- No deben interferir en la capacidad de las fibras para absorber la humedad.
- Deben ser compatibles con cualquier otra sustancia destinada a procesos de acabados.
- No debe ser tóxica ni para el consumidor ni para los fabricantes.
- Debe ser de fácil aplicación.

Figura 14

Acabado antibacterial



Nota. La figura muestra la actividad antibacterial que se produce en un textil tratado con agentes antibacteriales. **Fuente:** Patel & Tandel (2005).

2.2.5 Técnicas de acabados textiles

Existe una amplia gama de técnicas mediante las cuales se puede realizar un acabado no permanente, semi permanente o completamente permanente en el textil; utilizando un amplio catálogo de químicos. Ante esto, (Bellini et al., 2002) destacan entre las principales técnicas, las siguientes:

- Pulverización
- Agotamiento
- Recubrimiento
- Emulsión
- Aplicación controlada de solución en áreas específicas
- Impregnación o foulardado.

En este punto, es correcto enfatizar que, si bien el foulardado es una de las técnicas más comunes y utilizadas en el medio textil, es coherente analizar cuidadosamente la técnica más adecuada de acuerdo con el tipo de fibra o tejido que se pretende ingresar al proceso, para así lograr obtener resultados óptimos y evitar errores.

2.2.5.1 Método de impregnación. Al igual que en procesos de tintura, en los cuales el textil es sumergido en una cuba donde se halla una solución concentrada con los colorantes destinados al proceso, en los acabados textiles ocurre lo mismo, salvo que en este tipo de procedimientos los colorantes son reemplazados por un coctel de sustancias químicas que pretenden otorgarle al sustrato textil ciertas características que no poseen o a su vez mejorar las que ya tienen. De modo que, este tipo de procedimientos se realizan en textiles pretratados o, dicho de otro modo, previamente tinturados. Además, se puede mencionar que en este

método, se utilizan equipos denominados como foulard, los cuales dependiendo de su diseño podrán contar con uno o con más pares de rodillos, los cuales eliminarán el excedente de la solución que el textil adquirió al ser sumergido en la cuba, para posterior a esto ser secado a aproximadamente 120° C (Benninger et al., 2016).

Así también, se puede indicar que de cierto modo este tipo de procesos puede ser continuos o discontinuos, todo esto con el objetivo de evitar incurrir en más costos. En el caso de que se lo realice como un proceso continuo a este se lo conoce como “wet to wet”, es decir, húmedo a húmedo, e inicia cuando el tejido sale del primer juego de rodillos una vez que ha absorbido la solución con el colorante de la primera cuba. De modo que, el tejido ingresa nuevamente a una solución con los productos químicos del acabado con un pick up del 15% al 20% más del cual tenía inicialmente, debido a que la solución se diluyó por la presencia de agua en el tejido y por ende la concentración de la solución de esta cuba disminuyó y a su vez debe ser mayor para evitar relaves en el efecto final (Schindler & Hauser, 2004).

Lo contrario sucede cuando no se cuenta con los equipos necesarios para llevar a cabo procesos continuos, ya que en esta situación se realiza un proceso discontinuo o también conocido como “dry to wet” o seco a húmedo, que a diferencia del anterior en este ingresa el tejido previamente secado a una cuba con la solución química para que a lo posterior el excedente sea escurrido por uno o más pares de cilindros de presión (Schindler & Hauser, 2004).

Figura 15

Foulard de laboratorio



Nota. La figura muestra al Laboratory Padder LP. **Fuente:** LAB-PRO GmbH (2019).

Adicional a esto, es necesario considerar ciertos factores que pueden afectar considerablemente al proceso y al resultado final. (Schindler & Hauser, 2004) mencionan a las características del tejido, propiedades de los productos químicos a utilizarse y programación de la máquina destinada al proceso, como los parámetros más importantes.

Tabla 2

Factores que influyen en el pick up

Factor	Efecto en el pick up
Tipo de fibra	Mayor pick up en fibras en fibras hidrofílicas
Tipo de hilo	Mayor pick up en hilos con menor torsión y viceversa
Tipo de tejido	Mayor pick up en tejidos con construcción más suelta (tejido de punto > pick up / tejido plano < pick up)
Mojabilidad	Mayor pick up con tejidos fáciles de mojar
Presión de los rodillos	A mayor presión menor pick up
Naturaleza y dureza de los rodillos	Con recubrimientos más duros existe menor pick up
Tiempo de inmersión	A mayor tiempo mayor pick up
Viscosidad de la solución o emulsión	A mayor viscosidad mayor pick up
Tensión superficial de la solución o emulsión	A mayor tensión superficial menor pick up
Temperatura de la solución o emulsión	El fabricante de los productos químicos y auxiliares determinará cual es temperatura idónea para el proceso considerando que la viscosidad y la tensión superficial cambian con la temperatura y por tanto el pick up también
Concentración de la solución	La concentración de los químicos y auxiliares vendrá determinada de manera tentativa por el fabricante considerando que esta afecta a la viscosidad y a la tensión superficial y por tanto también afectará de manera directa al pick up

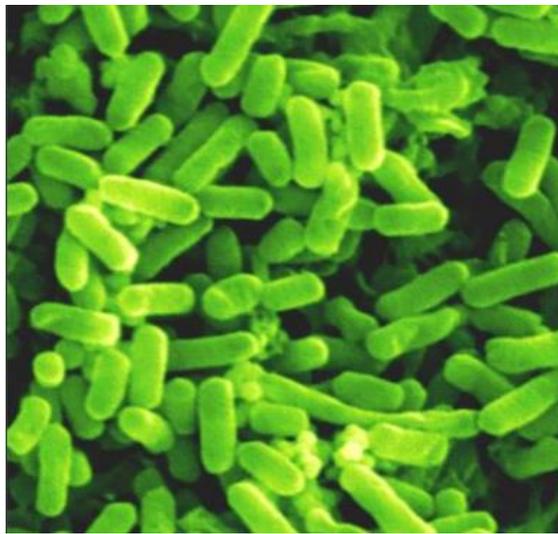
Nota. Información tomada de Schindler & Hauser (2004).

2.2.6 Microorganismos aerobios mesófilos

Como su nombre lo indica, este tipo de gérmenes son capaces de reproducirse en presencia de oxígeno, de modo que dentro de esta clasificación se hallan todos aquellos hongos, levaduras o bacterias capaces de desarrollarse sin problema alguno en temperatura comprendidas entre los 20° C y 45° C (Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos, 2014). Aunque, para (Campuzano et al., 2015) la temperatura ideal para su desarrollo es a los 35° C \pm 2, destacando de este tipo de microorganismos a los: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y a la *Salmonella* spp.

Figura 16

Microorganismos aerobios mesófilos



Nota. La figura muestra una vista microscópica de los microorganismos aerobios mesófilos.

Fuente: Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla de manera puntual los procedimientos, materiales y parámetros que se tomaron en cuenta para el planteamiento de las respectivas hipótesis y realización de la parte experimental.

3.1 Método de investigación

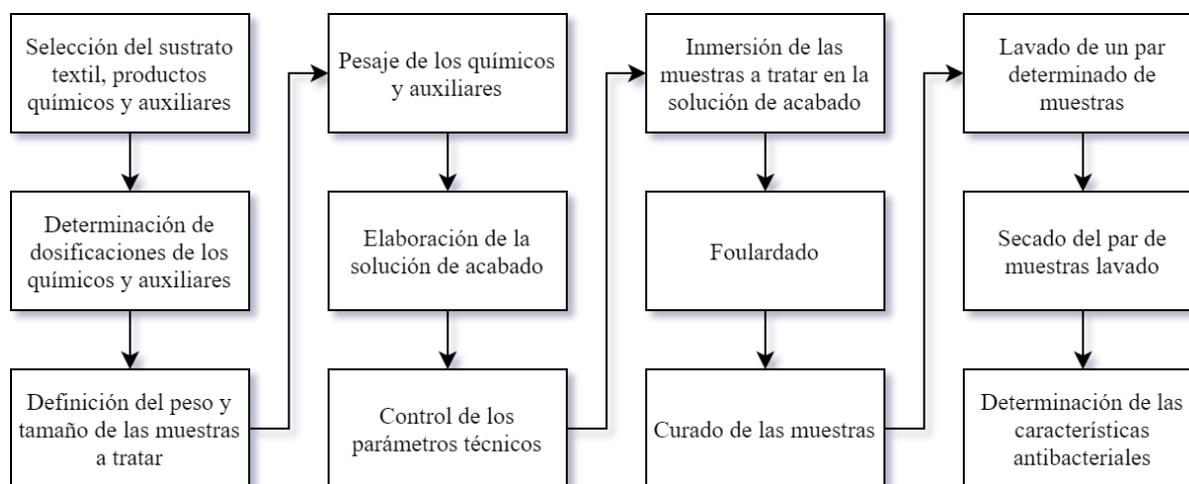
Debido a que en el presente estudio se evaluará las características antibacteriales de un tejido de punto 100% CO al aplicar un acabado químico textil con nácar, el método de investigación a utilizarse es Hipotético-Deductivo dado que, se parte de supuestos los cuales servirán para obtener nuevas deducciones, y las cuales preliminarmente serán verificadas de una forma empírica de acuerdo con las condiciones del medio, y de existir resultados satisfactorios se da paso a la comprobación técnica de la premisa previamente planteada (Rodríguez & Pérez, 2017).

3.2 Flujograma de experimentación

En la Figura 17 se detalla de forma general el proceso de experimentación, en el cual se consideran aspectos superficiales del proceso y más no parámetros técnicos. Dicho esto, el proceso experimental inicia con la selección de los productos químicos y auxiliares necesarios, pasando por la realización de la solución para finalmente obtener un sustrato textil acabado.

Figura 17

Proceso general para aplicar un acabado químico textil con nácar



3.3 Normas por utilizar

3.3.1 AATCC 61-2013 – Solidez al lavado

Esta norma, tiene como objetivo evaluar la permanencia del acabado, al lavado continuo, siendo que, para dar cumplimiento a este análisis se hace uso de detergente, balines de goma o metálicos y en algunas situaciones de cloro, logrando así emular 5 lavados (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015).

3.3.2 NTE INEN 145 – Determinación de la humedad en el algodón

Es una norma técnica ecuatoriana de aplicación voluntaria que tiene por objeto implantar el procedimiento para precisar el contenido de humedad y recuperación del algodón a esta, evaporando la humedad a una temperatura de $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ de una muestra de algodón durante un período de tiempo establecido (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1976).

3.3.3 NTE INEN 1 529-5:2006 (Adaptado) – Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos

Es una norma técnica ecuatoriana, cuyo objetivo es establecer “el método para cuantificar la carga de microorganismos aerobios mesófilos en una muestra” (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2006). La cual para esta investigación en particular se verá adaptada y enfocada a los textiles.

3.4 Diseño muestral

Debido a que la presente investigación está enfocada a la evaluación de las características antibacteriales en un sustrato textil una vez aplicado un acabado químico con nácar, se ha seleccionado a un tejido de 100% CO como la materia prima a tratar, considerando como factor de selección importante que el algodón presenta poca resistencia a los hongos y a las bacterias. Además, dado que el nácar es una sustancia alcalina muy estable se utilizarán productos químicos y auxiliares que tengan un buen desempeño en un medio ligeramente alcalino, es decir, con un pH entre 7.1 a 8.0.

3.4.1 Selección de muestras

Como se indica en el apartado anterior, se ha seleccionado a un sustrato textil 100% CO para el proceso. En este sentido, en la Tabla 3 se hallan detallados los aspectos y características más relevantes sobre este tipo de tejido y que se consideraron para este estudio.

Tabla 3*Parámetros generales de las muestras*

Muestra	Tipo de tejido		Composición
	Jersey simple		100% CO
	Rendimiento (m/kg)	Densidad (g/m²)	Peso muestra (g)
	2.87	196	5.15 ± 0.2

Nota. Los datos técnicos del tejido fueron proporcionados por Single Jersey.

3.4.2 Equipos, instrumentos y parámetros de aplicación

Para lograr otorgarle el acabado al tejido jersey 100% CO, se hizo uso de una amplia gama de equipos e instrumentos de laboratorio, los cuales se vieron inmersos en el proceso, desde la obtención misma de la solución, y que a lo posterior facilitaron la aplicación de esta al sustrato textil. En la Tabla 4 se detallan con mayor profundidad estos equipos e instrumentos.

Tabla 4*Equipos e instrumentos utilizados para tratar al textil*

Equipo o instrumento	Característica o función
Vaso de precipitación	Objeto de vidrio destinado a medir volúmenes de líquido y a mantenerlos.
Probeta	Objeto de vidrio destinado a medir volúmenes de líquido.
Agitador	Varilla de vidrio utilizado para mezclar los químicos y auxiliares.
Pipeta	Objeto de vidrio destinado a medir volúmenes pequeños de líquido.
Cuchara de laboratorio	Objeto metálico utilizado para tomar porciones de sustancias sólidas o líquidas.

Balanza	Instrumento de medición de masa.
Foulard	Equipo de laboratorio con una cuba y un juego de rodillos, utilizado para procesos de impregnación en textiles.
Horno de secado	Equipo de laboratorio destinado al secado y curado de los textiles.

Nota. Los equipos e instrumentos utilizados en el proceso de aplicación del acabado en el sustrato textil fueron determinados en la experimentación.

Además, el proceso debe seguir una estricta lista de parámetros, los cuales se especifican en la Tabla 5 y, que por su parte aseguran que el proceso se lleve a cabo con total normalidad y que de esta manera no se presenten anomalías en el producto final.

Tabla 5

Parámetros generales del proceso de acabado

Parámetro	Valor
Velocidad	2 m/min
Presión	75 psi \pm 5
Temperatura del proceso	20° C \pm 2
Pick up	85 % \pm 5
Temperatura de secado	105° C
Tiempo de secado	15 min

Nota. Información determinada en la experimentación.

3.4.3 Obtención de la solución para el acabado químico textil

Para este punto es necesario indicar que debido a la naturaleza del nácar (carbonato de calcio cristalizado) y sus conocidos efectos negativos en procesos de tinte y acabados, tales como: manchas, quiebres, entre otros; todos estos inherentes a las sales de calcio y magnesio, se realizaron dos procedimientos preliminares para ver la respuesta del nácar al agua y así obtener una solución que pueda ser impregnada al sustrato textil sin problemas.

3.4.2.1 Solución preliminar I. Para esta solución únicamente se utiliza agua y nácar de acuerdo con lo especificado en la Tabla 6 que se halla a continuación.

Tabla 6

Solución preliminar I

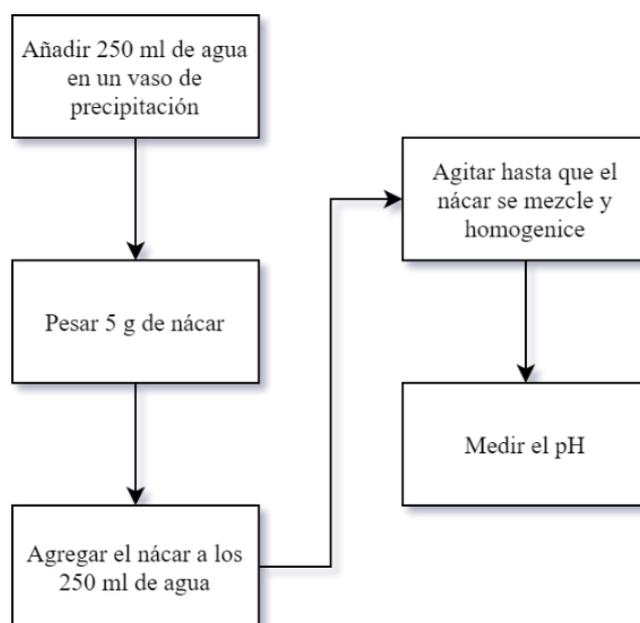
Productos Químicos y Auxiliares	Volumen de agua: 250 ml	
	Dosificación (g/L)	Cantidad (g)
Nácar	20	5

Nota. Información determinada en la experimentación.

A continuación, en la Figura 18 se especifica el procedimiento para la obtención de la solución preliminar I.

Figura 18

Proceso de obtención de la solución preliminar I



Al incorporar el nácar al agua y mezclarlo, se pudo constatar que, una cantidad considerable del nácar se solubiliza en el agua, tornando a la solución de un color blanquecino y un tanto transparente mientras que las partículas más grandes tienden a precipitarse rápidamente, tal como se puede ver en el Anexo 6.

3.4.2.2 Solución preliminar II. En esta formulación se pretendió encontrar otra presentación para el nácar, con la intención de facilitar el manejo de este compuesto. En vista de esto, en la Tabla 7 se presentan las dosificaciones utilizadas, detalladas más claramente.

Tabla 7

Solución preliminar II

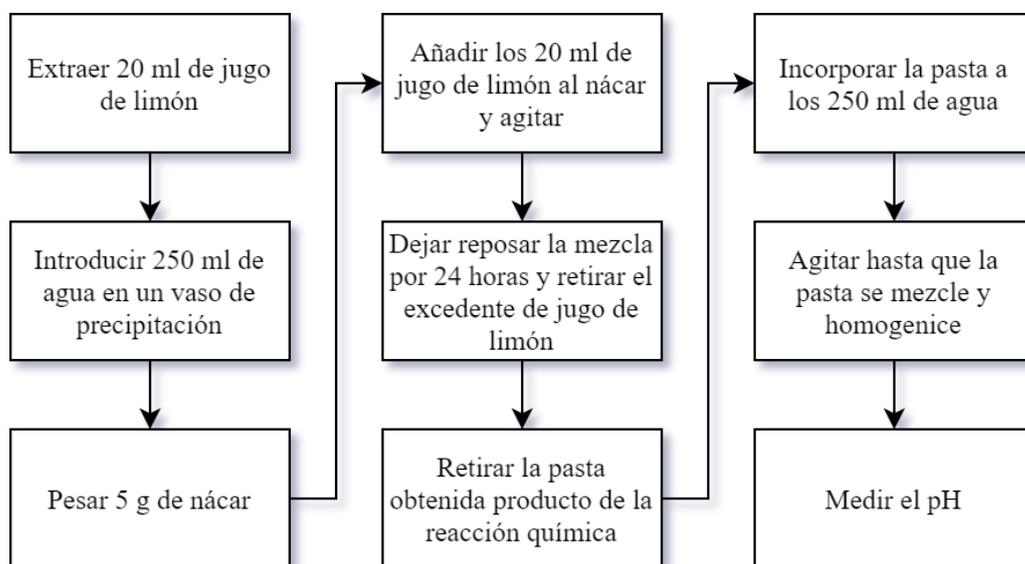
Productos Químicos y Auxiliares	Volumen de agua: 250 ml	
	Dosificación (g/L)	Cantidad (g)
Nácar	20	5
Jugo de limón	80 g/L	20 g

Nota. Información determinada en la experimentación.

En la Figura 19, se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para la obtención de la solución preliminar II.

Figura 19

Proceso de obtención de la solución preliminar II



En respuesta a este procedimiento se obtuvo una pasta verdosa. A continuación, se presenta la reacción química que tuvo lugar en esta formulación.



Donde:

- CaCO_3 : Carbonato de calcio cristalizado (nácar).
- $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: Ácido cítrico (jugo de limón).
- $\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$: Citrato de potasio (pasta verdosa).
- CO_2 : Dióxido de carbono.
- H_2O : Agua.

Adicional a esto, es importante recalcar que, una vez terminado este proceso de experimentación, esta fórmula fue descartada porque el producto final ya no es nácar.

3.4.2.3 Desarrollo de la solución final para el acabado. Posterior a las formulaciones preliminares, en donde se pretende ver la respuesta del nácar al incorporarse con el agua, se procede a formular la solución definitiva, por consecuencia, se integran a la receta un dispersante-igualante; ver Anexo 3, micro emulsión de silicona; ver Anexo 4, y un ligante; ver Anexo 5, el primer producto con el objetivo de evitar que la solución se precipite muy rápido, el segundo con la finalidad de micro encapsular al nácar y el último con la intención de obtener un acabado permanente en el sustrato textil. De manera que, en la Tabla 8 se detalla la dosificación de los productos anteriormente mencionados.

Tabla 8

Solución final para el acabado

Productos Químicos y Auxiliares	Volumen de agua: 250 ml	
	Dosificación (g/L)	Cantidad (g)
Nácar	20	5
Dispersante-Igualante	2	0.5
Micro emulsión de silicona	7	1.75
Ligante	2	0.5

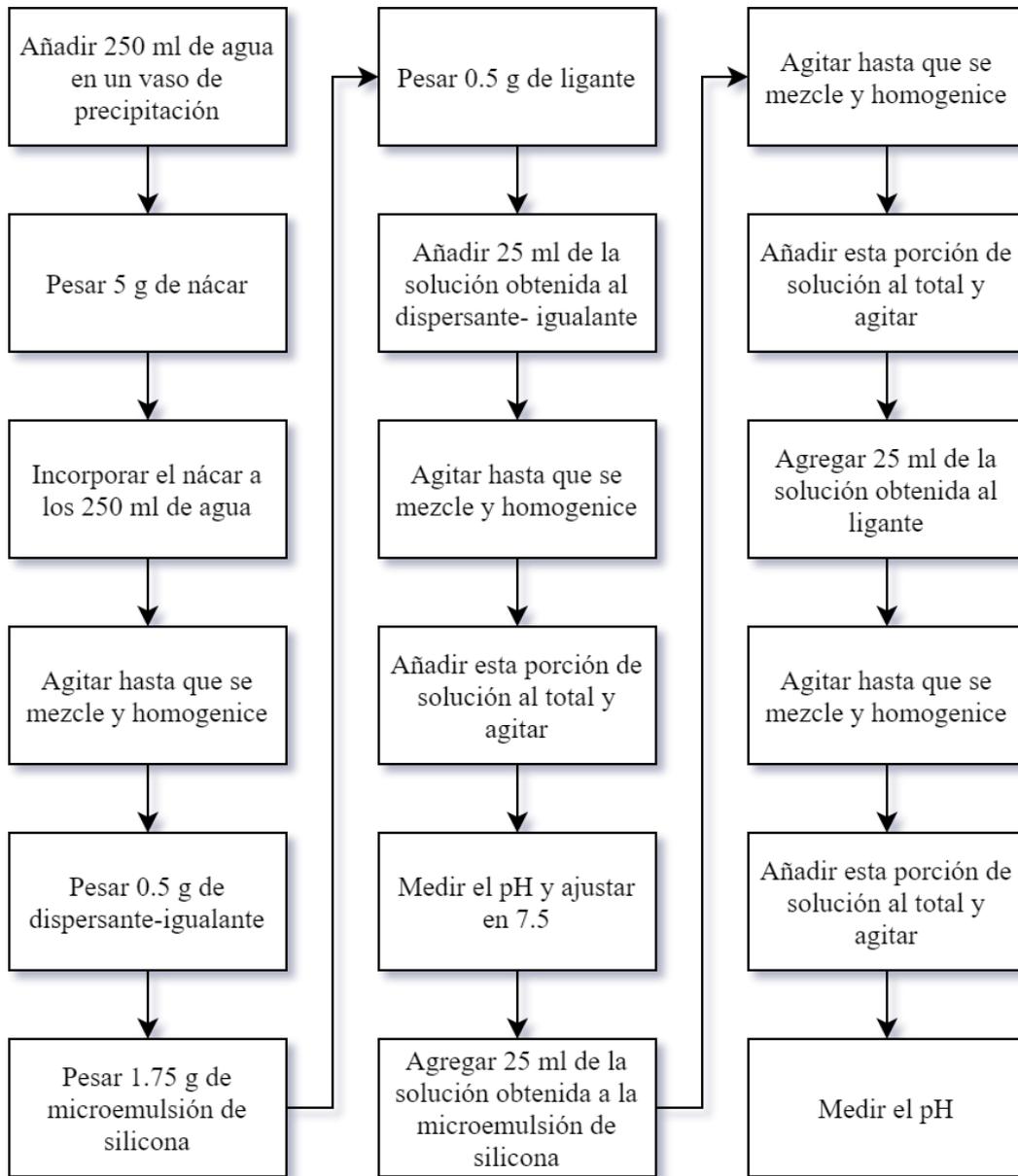
Observaciones: La solución es homogénea, estable y no precipita fácilmente.

Nota. Información determinada en la experimentación.

En cuanto al procedimiento, este se detalla a continuación, en la Figura 20.

Figura 20

Proceso de obtención de la solución final para el acabado



3.4.4 Obtención de muestras para la determinación de microorganismos aerobios

Como se ha indicado en párrafos anteriores, el método por el cual se van a obtener las muestras es mediante impregnación. De modo que, para este particular se utiliza el foulard que se encuentra en la Planta Académica Textil perteneciente a la Carrera de Ingeniería en Textiles de la Universidad Técnica del Norte. Mientras que, en cuanto a los parámetros de aplicación se refiere, estos se encuentran presentes en la Tabla 5.

Por otra parte, dado que las muestras van a ser sometidas a un análisis antibacterial, se ha determinado la necesidad de obtener 5 juegos de muestras con diferentes dosificaciones de nácar. En la Tabla 9, se presentan explícitamente estas particularidades.

Tabla 9

Muestras acabadas con nácar

No. de muestra	Tipo de muestra	Dosificación (g/L)
I	Con acabado	20
II	Con acabado	20
III	Con acabado	30
IV	Con acabado	30
V	Con acabado	40
VI	Con acabado	40
VII	Con acabado	40
VIII	Con acabado	40
IX	Sin acabado	-
X	Sin acabado	-

Nota. El número de muestras necesarias para la determinación de microorganismos aerobios fue definido en la experimentación.

En este caso, se debe hacer énfasis en que se estableció 3 dosificaciones de nácar para tratar los tejidos, debido a que, se tiene como punto de partida a los tejidos elaborados con concha de ostra de Ecomax Textile Co., Ltd., y Creative Tech Textile Co., Ltd., que presentan en su composición un 20% de este compuesto. Por otra parte, en cuanto a los diferentes químicos y auxiliares que están inmersos en el proceso para tratar al textiles, estos se detallan de mejor manera continuación, en cada una de las tablas.

Tabla 10*Receta para la muestra I y II con una dosificación de 20 g/L de nácar*

Material	Volumen de agua	Pick up	Temperatura de secado	Tiempo de secado	Peso de la muestra (g)	
					N1	N2
CO 100%	250 ml	85 %	105° C	15 min	5.021	5.227
Productos químicos y auxiliares			Dosificación (g/L)		Cantidad (g)	
A. Nácar			20		5	
B. Dispersante-Igualante			2		0.5	
C. Micro emulsión de silicona			7		1.75	
D. Ligante			2		0.5	

Nota. La receta para la muestra número I y II fue determinada en la experimentación.

Tabla 11*Receta para la muestra III y IV con una dosificación de 30 g/L de nácar*

Material	Volumen de Agua	Pick up	Temperatura de secado	Tiempo de secado	Peso de la muestra (g)	
					N3	N4
CO 100%	250 ml	85 %	105° C	15 min	5.181	5.136
Productos químicos y auxiliares			Dosificación (g/L)		Cantidad (g)	
A. Nácar			30		7.5	
B. Dispersante-Igualante			2		0.5	
C. Micro emulsión de silicona			7		1.75	
D. Ligante			2		0.5	

Nota. La receta para la muestra número III y IV fue determinada en la experimentación.

Tabla 12

Receta para la muestra V, VI, VII y VIII con una dosificación de 40 g/L de nácar

Material	Volumen de Agua	Pick up	Temperatura de secado	Tiempo de secado	Peso de la muestra (g)			
					N5	N6	N7	N8
CO 100%	250 ml	85 %	105° C	15 min	5.00	5.37	1.317	1.318

Productos químicos y auxiliares	Dosificación (g/L)	Cantidad (g)
A. Nácar	40	10
B. Dispersante-Igualante	2	0.5
C. Micro emulsión de silicona	7	1.75
D. Ligante	2	0.5

Observaciones: La muestra 7 y 8 serán sometidas a un lavado posterior bajo la norma AATCC 61 para determinar la solidez al lavado del acabado y por tanto el grado de eficacia que aún conserva para evitar el crecimiento de colonias bacterianas.

Nota. La receta para la muestra número V, VI, VII y VIII fue determinada en la experimentación.

En cuanto a la muestra IX y X cabe mencionar que no recibieron ningún tipo de tratamiento dado que servirán como referencia para analizar y validar, al igual que la muestra VII y VIII, si el acabado realizado a este tipo de sustratos textiles presenta cierto nivel de eficacia.

3.4.5 Contaminación de las muestras

Cabe mencionar que, la forma en la que se realiza la contaminación de las muestras es mediante la exposición de estas al sudor que produce el cuerpo humano en condiciones normales de trabajo. En este sentido, las muestras fueron adheridas a una prenda de uso diario para ser portadas en un día común y corriente.

3.5 Determinación de microorganismos aerobios mesófilos

3.5.1 Conservación y manejo de muestras

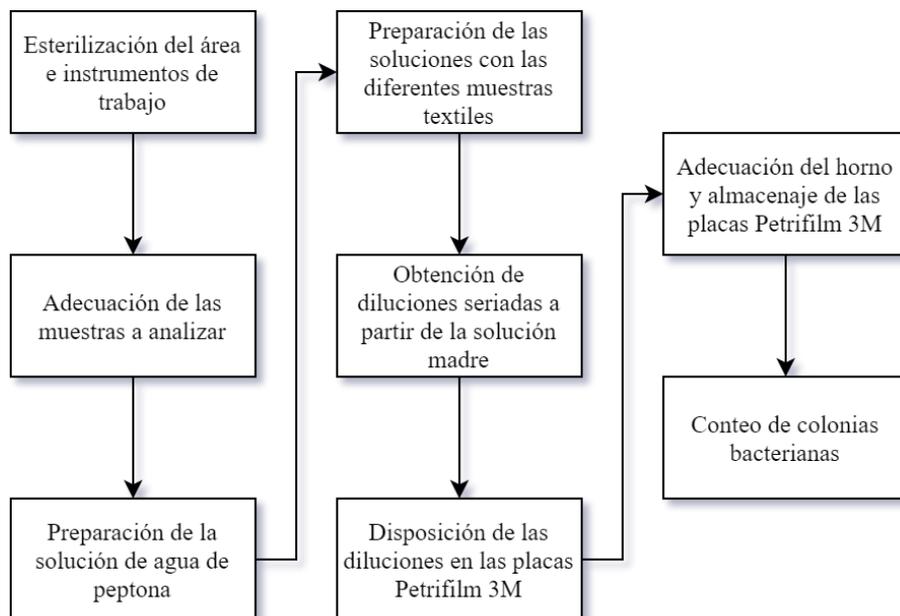
Debido a que las muestras que serán sometidas al análisis se trabajaron en otro laboratorio, diferente al de Análisis Químicos, Físicos y Microbiológicos perteneciente a la Carrera de Agroindustrias de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, estas se conservaron en fundas con cierre hermético, o también conocidas como fundas Ziploc, facilitando además de su conservación, su transporte.

3.5.2 Flujograma para la determinación de microorganismos

En la Figura 21 se presenta de manera minuciosa el procedimiento que se lleva a cabo en este estudio para obtener las soluciones, para realizar el ensayo y la forma en la que se determina el crecimiento de colonias bacterianas en cada una de las muestras.

Figura 21

Proceso para determinación de microorganismos aerobios mesófilos



3.5.3 Equipos, instrumentos, insumos y parámetros para el análisis

Para llevar a cabo la determinación de los microorganismos aerobios mesófilos, se hizo uso de una amplia gama de instrumentos y equipos de laboratorio. En la Tabla 13 se detallan mas claramente.

Tabla 13*Equipos e instrumentos empleados para la determinación de microorganismos*

Equipo, instrumento o insumo	Característica o función
Vaso de precipitación	Objeto de vidrio destinado a medir volúmenes de líquido.
Micropipeta	Instrumento mecánico destinado a medir volúmenes pequeños de líquido con mayor precisión.
Puntas de micropipeta	Elementos plásticos desechables de soporte de la micropipeta destinados a mantener el volumen de líquido medido.
Pipeta	Objeto de vidrio destinado a medir volúmenes pequeños de líquido.
Auxiliar de pipeteo	Elemento plástico de movimiento mecánico utilizado para facilitar la medición de volúmenes de líquido.
Gradilla	Estructura de soporte para los tubos de ensayo.
Tubos de ensayo	Elementos de vidrio destinados a mantener volúmenes de líquido.
Vasos autoclavables	Elementos de vidrio que permiten el tratamiento de sustancias en el autoclave.
Cuchara de laboratorio	Objeto metálico utilizado para tomar porciones pequeñas de compuestos.
Balanza	Instrumento de medición de masa.
Placas Petrifilm 3M	Elementos que permiten el crecimiento de colonias bacterianas.
Agua de peptona	Producto utilizado como medio de enriquecimiento para el cultivo de colonias bacterianas.
Agua destilada	Agua químicamente pura.
Autoclave	Equipo de laboratorio que trabaja a temperatura mayor a los 100° C.
Horno de secado	Equipo de laboratorio destinado para recrear un ambiente adecuado para el crecimiento de las colonias bacterianas.

Nota. Los equipos e instrumentos utilizados en el proceso fueron determinados en la experimentación.

No obstante, al igual que en el proceso de acabado de las muestras, también se deben regular y controlar ciertos parámetros, con el objetivo de que el ensayo se lleve a cabo de la mejor manera y no exista inconsistencias en los resultados finales. Estos parámetros se detallan más claramente, a continuación.

Tabla 14

Parámetros generales para la esterilización de instrumentos y dilución del agua de peptona

Parámetro	Valor
Temperatura	121° C
Tiempo	15 minutos

Nota. Información obtenida de NEOGEN Corporation (2021).

Tabla 15

Parámetros generales para incubación de las colonias bacterianas

Parámetro	Valor
Temperatura	35° C ± 1
Tiempo	48 horas ± 3

Nota. Información determinada por la AOAC método oficial 990.12.

3.5.4 Preparación del área de trabajo para el análisis

Por otra parte, el análisis como tal, se debe realizar en un ambiente totalmente estéril, es por esto que, antes de llevar a cabo cualquier manipulación a los sustratos tratados, se debe realizar una desinfección total del área de trabajo y de los equipos e instrumentos con los cuales se va a realizar el procedimiento con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación, ya sea esta directa o cruzada.

En este sentido, se limpia la mesa de trabajo con un paño húmedo para eliminar el polvo, lo propio se debe hacer con las pipetas, vasos de precipitación, bandejas y demás artículos que servirán de soporte en el análisis, posteriormente se seca el área de trabajo, equipos e instrumentos con un paño seco. Finalmente, se rocía la mesa y los artículos anteriormente mencionados con alcohol, en el caso de los instrumentos de laboratorio deben introducirse al horno a una temperatura de 40° C para apresurar la evaporación del alcohol.

3.5.5 Adecuación de las muestras tratadas para el análisis

Para facilitar la manipulación de las muestras y a su vez la elaboración de las soluciones y diluciones que se depositarán en las placas Petrifilm, los 5 juegos de muestras a estudiar se tienen que estandarizar en peso. En la Tabla 16 se especifica más claramente estos valores.

Tabla 16

Muestras estandarizadas en peso

No. de muestra	Tipo de muestra	Dosificación (g/L)	Estado	Peso estándar (g)
1	Con acabado	20	Contaminada	5
2	Con acabado	20	Sin contaminar	5
3	Con acabado	30	Contaminada	5
4	Con acabado	30	Sin contaminar	5
5	Con acabado	40	Contaminada	5
6	Con acabado	40	Sin contaminar	5
7	Con acabado	40	Lavada contaminada	1.4
8	Con acabado	40	Lavada sin contaminar	1.4
9	Sin acabado	-	Contaminada	5
10	Sin acabado	-	Sin contaminar	5

Observaciones: La muestra 7 y 8 presentan menor masa que las demás debido a que fueron lavadas bajo la norma AATCC 61 método 3A.

Nota. La masa de las muestras se determinó en la experimentación.

3.5.6 Obtención de diluciones para el análisis de microorganismos aerobios mesófilos

Una vez adecuada el área de trabajo y las muestras que se estudiarán se procede a preparar las diluciones seriadas que permitirán llevar a cabo el análisis y a su vez determinar con mayor facilidad el número de colonias bacterianas. Es así como, se debe considerar que, para obtener la primera dilución a la -1 o $1/10$ interfiere el peso de la muestra, es por esto por

lo que, la dilución se verá definida por este factor. En la Tabla 17 se muestra el volumen de dilución obtenido a partir del peso estandarizado de cada una de las muestras.

Tabla 17

Soluciones obtenidas a partir de las muestras analizadas

Concentración de la dilución seriada	Número de muestra									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volumen de dilución a la -1 o 1/10 (ml)	45	45	45	45	45	45	12.6	12.6	45	45
Volumen de dilución a la -2 o 1/100 (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Volumen de dilución a la -3 o 1/1 000 (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Volumen de dilución a la -4 o 1/10 000 (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

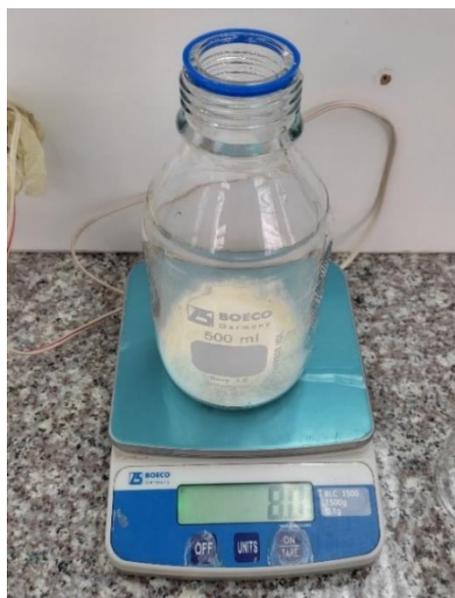
Nota. El volumen y la concentración de las diluciones se estableció en la experimentación.

En base a lo anteriormente expuesto, dado que ya se conoce la cantidad de diluciones que se obtendrán y la concentración de estas, se realiza el procedimiento que se detalla a continuación.

- Pesar 8.1 g de agua de peptona en un vaso autoclavable

Figura 22

Pesaje del agua de peptona



- Repetir este paso para un segundo vaso autoclavable con el mismo contenido
- Añadir 800 ml de agua destilada en cada uno de los vasos autoclavables.

Figura 23

Adición del agua destilada



- Agitar hasta diluir.

Figura 24

Diluido del agua de peptona



- Llevar el agua de peptona diluida, junto con los vasos autoclavables con agua al autoclave por un tiempo de 15 minutos a una temperatura 121° C.

Figura 25

Esterilización de los vasos autoclavables y ebullición del agua de peptona



- Finalizado el proceso en el autoclave, enfriar la solución.

Figura 26

Enfriamiento de las soluciones y de los vasos autoclavables



- Adecuar las muestras al peso indicado en la Tabla 16.

Figura 27

Adecuación del peso de las muestras



- Introducir las muestras textiles en cada uno de los vasos autoclavables estériles y añadir el volumen de agua de peptona fría en cada uno de los vasos autoclavables con las muestras textiles, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 17.

Figura 28

Obtención de la dilución a la -1



- Tapar y agitar cada uno de los vasos autoclavables con la dilución a la -1.

Figura 29

Soluciones a la -1 con las diferentes muestras textiles



- Introducir 9 ml de la solución de agua de peptona fría en 30 tubos de ensayo y distribuirlos en 10 columnas de 3 filas.

Figura 30

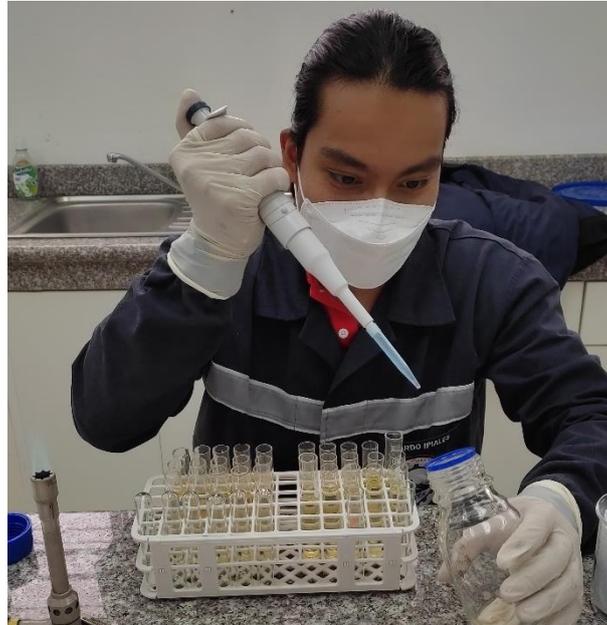
Distribución del agua de peptona en los tubos de ensayo



- Tomar 1 ml de la dilución a la -1 del primer vaso con la primera muestra e incorporarla al primer tubo de ensayo de la primera columna.

Figura 31

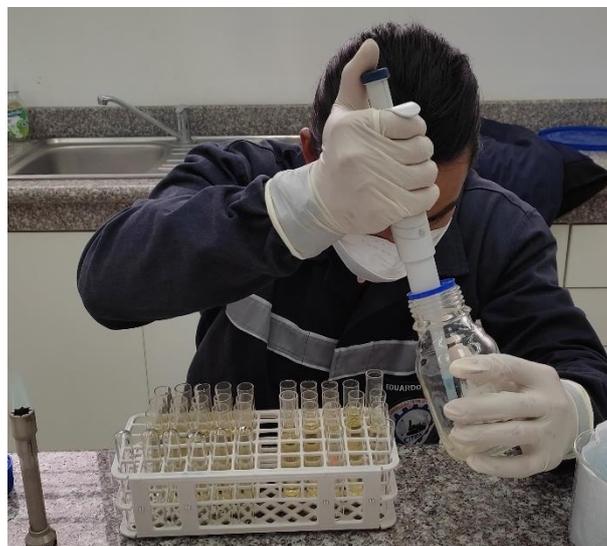
Adición de 1 ml de la dilución -1 a los tubos de ensayo



- Repetir el procedimiento para el vaso autoclavable con la muestra número dos. Pero en este caso, colocar 1 ml de la dilución a la -1 en el primer tubo de ensayo de la columna dos. Hacer lo propio con las soluciones restantes en forma consecutiva para obtener la dilución a la -2.

Figura 32

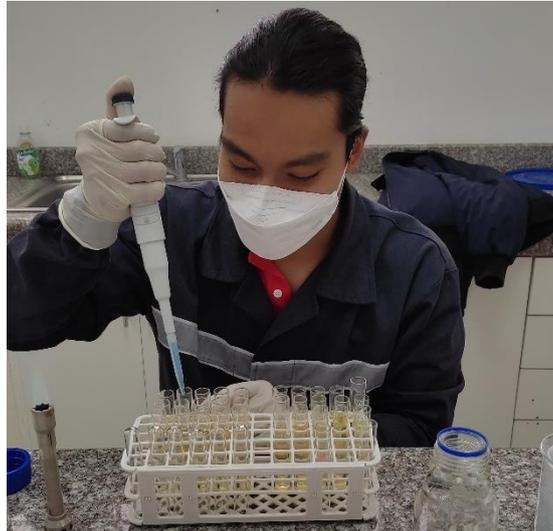
Obtención de la dilución a la -2



- Posteriormente, se toma 1 ml del primer tubo de ensayo de la primera columna y se lo incorpora al inmediato de la misma columna.

Figura 33

Obtención de la dilución a la -3



- Lo propio se realiza con los demás tubos de ensayo de las 9 columnas restantes para obtener la dilución a la -3.
- A continuación, se toma 1 ml del segundo tubo de ensayo de la primera fila y se lo incorpora al inmediato de la misma columna. Finalmente, lo mismo se realiza con los demás tubos de ensayo de las 9 columnas restantes para obtener la dilución a la -4.

Figura 34

Obtención de la dilución a la -4



3.5.7 Obtención de placas para el análisis de microorganismos aerobios mesófilos

Posterior a la obtención de todas las soluciones a partir de las muestras, tratadas, no tratadas, contaminadas y no contaminadas, se determinó viable trabajar únicamente con las soluciones de una concentración a la -3 y a la -4, todo esto con el objetivo de facilitar el conteo de colonias bacterianas. De modo que, se procedió a tomar 20 placas Petrifilm 3M y en cada una se colocó un 1 ml de cada tubo de ensayo respectivamente, tal como se puede apreciar en el Anexo 7, para la inoculación. Finalmente, se procede a presionar las placas Petrifilm 3M con una horma para delimitar el área de crecimiento de las colonias bacterianas.

3.5.8 Conteo de colonias bacterianas

Por último, en este punto se procede al almacenamiento de las placas Petrifilm en el horno o incubación, ver Anexo 8, de acuerdo con los parámetros expuestos en la Tabla 15, para que se produzca la reproducción de las colonias bacterianas. Siendo que, una vez transcurrido el tiempo se procede retirar las placas del horno y se da paso al conteo de cada una de las colonias presentes en las placas. Producto de esto, se obtuvieron los siguientes datos de cada una de las muestras, y los cuales se especifican de mejor manera, a continuación.

Tabla 18

Presencia de colonias bacterianas en las muestras I y II tratadas con 20 g/L de nácar

Parámetro analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Probeta Contaminada (I)		Probeta Sin contaminar (II)		
		Dil. -3	Dil. -4	Dil. -3	Dil. -4	
Aerobios totales	UFC/ml	2.0 x 10 ³	—	—	—	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

Tabla 19*Presencia de colonias bacterianas en las muestras III y IV tratadas con 30 g/L de nácar*

Resultados						
Parámetro analizado	Unidad	Contaminada (III)		Sin contaminar (IV)		Método de ensayo
		Dil. -3	Dil. -4	Dil. -3	Dil. -4	
Aerobios totales	UFC/ml	2.0 x 10 ³	–	–	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

Tabla 20*Presencia de colonias bacterianas en las muestras V y VI tratadas con 40 g/L de nácar*

Resultados						
Parámetro analizado	Unidad	Contaminada (V)		Sin contaminar (VI)		Método de ensayo
		Dil. -3	Dil. -4	Dil. -3	Dil. -4	
Aerobios totales	UFC/ml	–	2.0 x 10 ⁴	–	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

Tabla 21

Presencia de colonias bacterianas en las muestras VII y VIII tratadas con 40 g/L de nácar y lavadas bajo la norma AATCC 61

Parámetro analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Contaminada (VII)		Sin contaminar (VIII)		
		Dil. -3	Dil. -4	Dil. -3	Dil. -4	
Aerobios totales	UFC/ml	15.0 x 10 ³	1.0 x 10 ⁴	–	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

Tabla 22

Presencia de colonias bacterianas en las muestras IX y X no tratadas

Parámetro analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Contaminada (IX)		Sin contaminar (X)		
		Dil. -3	Dil. -4	Dil. -3	Dil. -4	
Aerobios totales	UFC/ml	5.0 x 10 ³	1.0 x 10 ⁴	–	1.0 x 10 ⁴	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

3.6 Evaluación de la solidez al lavado

Como se menciona en la Tabla 12, la muestra VII y VIII fueron sometidas a lavado para determinar la permanencia del acabado químico con nácar sobre el sustrato textil y a lo

posterior determinar si aún conservan cierto grado de resistencia bacteriana en comparación de las muestras no lavadas y no tratadas. En este sentido, las muestras VII y VIII se sometieron a este proceso mediante el método 3A de la norma AATCC 61, tal como se puede apreciar en el Anexo 10 que imita 5 lavados domésticos o industriales (American Association of Textile Chemists and Colorists, 2015). A continuación, en la Tabla 23 se exponen los parámetros generales de procedimiento.

Tabla 23

Condiciones de la prueba de solidez al lavado

No. Test	Temperatura		Total de volumen del baño (ml)	% de Detergente en polvo del volumen total	% de detergente líquido del volumen total	No. de balines de acero	Tiempo (Min)
	° C (± ° 2)	° F (± ° 4)					
3A	71	160	50	0.15	0.23	100	45

Nota. Datos tomados del Manual Técnico de la AATCC (2015).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se exponen los resultados, obtenidos en la experimentación realizada en la presente investigación, de una manera clara los cuales a su vez también permitirán determinar si el estudio cumplió con su objetivo.

4.1 Resultados de la determinación de microorganismos aerobios mesófilos

Una vez terminado el proceso de incubación se procede a la interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las placas Petrifilm 3M, es decir, a su conteo. Por tanto, en la Tabla 24 se expone el número de colonias bacterianas presentes en cada una de las placas Petrifilm 3M.

Adicional a esto, para facilitar la comprensión de los resultados, se debe considerar lo siguiente:

- NTE: Norma Técnica Ecuatoriana
- INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización, anteriormente llamado Instituto Ecuatoriano de Normalización, de ahí sus siglas.
- C.A.C.: Muestra con acabado contaminada
- C.A.S.C: Muestra con acabado sin contaminar
- L.C.A.C.: Muestra lavada con acabado contaminada
- L.C.A.S.C.: Muestra lavada con acabado sin contaminar
- S.A.C.: Muestra sin acabado contaminada
- S.A.S.C.: Muestra sin acabado sin contaminar
- UFC/ml: Unidad formadora de colonias sobre mililitro

Tabla 24*Resultados generales de la presencia de microorganismos aerobios mesófilos*

No. de muestra	Tipo de muestra	Dosificación de nácar (g/L)	Parámetro analizado	Resultados (UFC/ml)	Método de ensayo
I	C.A.C.	20	Aerobios totales	2 000	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
II	C.A.S.C	20	Aerobios totales	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
III	C.A.C.	30	Aerobios totales	2 000	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
IV	C.A.S.C	30	Aerobios totales	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
V	C.A.C.	40	Aerobios totales	20 000	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
VI	C.A.S.C	40	Aerobios totales	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
VII	L.C.A.C.	40	Aerobios totales	12 500	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
VIII	L.C.A.S.C.	40	Aerobios totales	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
IX	S.A.C.	–	Aerobios totales	7 500	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)
X	S.A.S.C.	–	Aerobios totales	–	NTE INEN 1 529-5:2006 (adaptado)

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

4.1.1 Resultados de la eficacia del tratamiento químico con nácar al textil

En este caso, para determinar la eficacia del tratamiento químico textil es necesario separar a las muestras en dos grupos, muestras contaminadas y no contaminadas, de modo que, se pueda apreciar el crecimiento porcentual de colonias bacterianas que pueda existir en cada uno de estos grupos. En la Tabla 25 se muestra la eficacia del acabado en las muestras, ya sean, tratadas, no tratadas, contaminadas, no contaminadas, lavadas o no lavadas.

Tabla 25

Eficacia del acabado químico textil en muestras tratadas, no tratadas, contaminadas, no contaminadas, lavadas y no lavadas

CONTAMINADAS						NO CONTAMINADAS					
No. de muestra	Dosificación de nácar (g/L)	Estado de la muestra	UFC/ml	% de colonias bacterianas	% de reducción de colonias bacterianas	No. de muestra	Dosificación de nácar (g/L)	Estado de la muestra	UFC/ml	% de colonias bacterianas	% de reducción de colonias bacterianas
I	20	C.A.C.	2 000	10	90	II	20	C.A.S.C.	–	0	100
III	30	C.A.C.	2 000	10	90	IV	30	C.A.S.C.	–	0	100
V	40	C.A.C.	20 000	100	0	VI	40	C.A.S.C.	–	0	100
VII	40	L.C.A.C.	12 500	62.5	37.5	VIII	40	L.C.A.S.C.	–	0	100
IX	-	S.A.C.	7 500	37.5	62.5	X	-	S.A.S.C.	–	0	100

Nota. El conteo de las colonias bacterianas se llevó a cabo una vez transcurridas las 48 h de incubación establecidas por la AOAC en el método oficial 990.12.

Como se puede observar, las dosificaciones óptimas para realizar este tipo de acabados con nácar son aquellas en donde se ha incorporado al proceso este compuesto en una razón de 20 y 30 gramos por litro de agua. Evidenciándose que en esa concentración el producto inhibe un 90 % el crecimiento de unidades formadores de colonias bacterianas.

Lo opuesto ocurre en las muestras en las que se ha incorporado el nácar en mayor cantidad, en este caso 40 gramos de nácar por litro de agua, ya que, contrario a lo que se esperaría en este caso existe mayor cantidad de unidades formadoras de colonias bacterianas, inclusive la presencia de estos microorganismos en esta muestra es mayor a la que se presenta en la muestra que no ha sido tratada con ningún producto.

Por otra parte, la muestra que fue lavada y tratada con 40 gramos de nácar por litro de agua presenta una buena respuesta a los microorganismos aerobios mesófilos y los inhibe en un 37.5 %, denotando que a partir de la quinta lavada existe un deterioro visible del tratamiento al que fue sometido el textil.

En el caso de las muestras tratadas con nácar y no contaminadas, ya sean lavadas o no, se puede decir que, los resultados son exactamente lo que se esperaba de acuerdo con las hipótesis previamente planteadas, dado que en este tipo de muestras no existe la presencia de unidades formadoras de colonias bacterianas, ya que si bien, en las muestras contaminadas con el sudor existe la presencia de los *Staphylococcus* que son microorganismos anaerobios facultativos, en este tipo de muestras no hubo, presencia ni rastro de este tipo de bacterias ni mucho menos de microorganismos aerobios que son mucho más comunes de encontrar en el ambiente.

4.1.2 Resultados de la prueba de solidez al lavado

Luego de realizar este procedimiento y ante la imposibilidad de comparar las muestra lavadas en una escala de grises, tal como lo indica la norma, debido a que no es una muestra teñida, los sustratos tratados VII y VIII se enviaron directamente al laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 24, determinando de esta manera que si existe una pérdida porcentual de la eficacia del tratamiento químico textil con nácar a partir de las 5 lavadas.

4.2 Discusión de resultados

En este apartado, se hace hincapié en los datos recopilados en los análisis realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos, ya que serán sometidos a una evaluación de confiabilidad y normalidad mediante el programa estadístico PAST 4.

4.2.1 Normalidad de datos

En el caso de la presente investigación, se optó por el uso de los métodos numéricos Shapiro-Wilk (W), Anderson-Darling (A), Lilliefors (L) y Jarque-Bera (JB) para evaluar la normalidad de los datos obtenidos en la experimentación. Es así como, para estos cuatro estadísticos se deben obtener valores mayores a 0.05, lo cual según (Droppelmann, 2018) indica que si existe una distribución normal de los datos.

Figura 35

Análisis de distribución normal de datos

Tests for normal distribution		
	D. Nacar (g/L)	UFC/ml
N	10	10
Shapiro-Wilk W	0,8197	0,719
p(normal)	0,02513	0,001498
Anderson-Darling A	0,7136	1,25
p(normal)	0,04216	0,001497
p(Monte Carlo)	0,0432	0,0017
Lilliefors L	0,2126	0,3363
p(normal)	0,2214	0,0002853
p(Monte Carlo)	0,2235	0,0026
Jarque-Bera JB	1,201	3,414
p(normal)	0,5485	0,1814
p(Monte Carlo)	0,1789	0,0295

Nota. Los datos fueron analizados bajo el software estadístico PAST 4.

En el caso del estadístico Shapiro-Wilk (W), usado en un diseño muestral menor a 50 datos, que ordena los valores en forma ascendente obteniendo un nuevo vector muestra (Flores & Flores, 2021), se consiguió un resultado de 0.719. Para el estadístico Anderson-Darling (A), que como indica (Flores & Flores, 2021), analiza un conjunto de datos con una distribución específica, se obtuvo un valor de 1.25. En el particular del estadístico Lilliefors (L); que es una

modificación del test de Kolmogórov-Smirnov, donde se hace desconocida a la media y a la varianza (Romero Saldaña, 2016), se consiguió un resultado de 0.3363. Finalmente, en el estadístico de Jarque-Bera (JB), que analiza la normalidad de los datos a partir del sesgo y la curtosis (Carmona & Carrión, 2015), se obtuvo un resultado de 3.414.

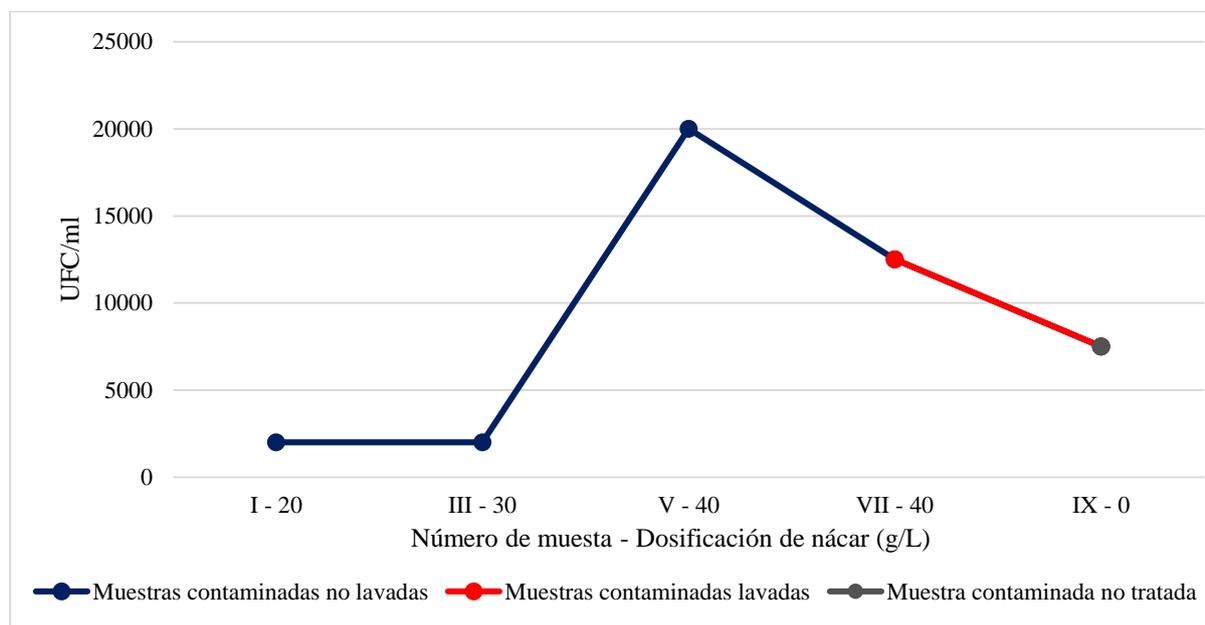
De modo que, como se puede evidenciar en los cuatro estadísticos utilizados para la investigación, se obtuvo resultados superiores a 0.05 permitiendo, afirmar que, los datos obtenidos en la experimentación y analizados en el software estadístico PAST 4 tiene, una confiabilidad superior al 95%.

4.2.2 Análisis gráfico de resultados

En la Figura 37, se puede apreciar el crecimiento de colonias bacterianas en relación con la dosificación de nácar y el estado de la muestra.

Figura 36

Crecimiento de colonias bacterianas en las muestras contaminadas, lavadas, no lavadas, tratadas y no tratadas

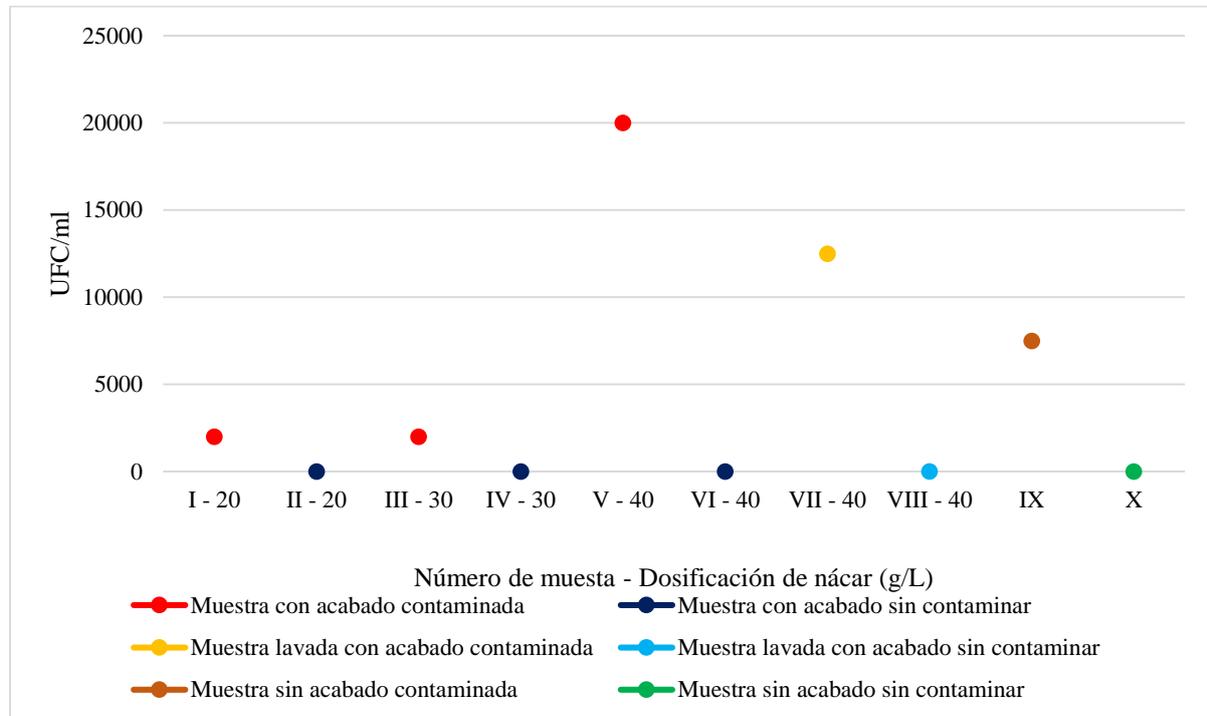


Por otra parte, las muestras no contaminadas; I y III, tanto lavadas; VII, como no tratadas; IX, no presentaron unidades formadoras de colonias bacterianas en las placas Petrifilm 3M. Todo esto debido a la concentración de las diluciones utilizadas en el análisis y a la efectividad del nácar para repeler a este tipo de microorganismos. En el caso de la muestra V,

esta presenta 2000 UFC/ml debido a la sobredosificación de nácar en la dilución o una mala manipulación al momento de ser analizada, ya que el dato es incongruente.

Figura 37

Crecimiento de colonias bacterianas en relación con la dosificación del nácar



De modo que, en la muestra I – con acabado contaminada se puede observar que existe en promedio 2 000 unidades formadoras de colonias bacterianas, en la muestra II – con acabado sin contaminar no existe colonias bacterianas, en la muestra III – con acabado contaminada se puede apreciar un promedio de 2 000 colonias bacterianas, en la muestra IV – con acabado sin contaminar no hay rastro de colonias bacterianas, en la muestra V – con acabado contaminada se tiene mayor presencia de unidades formadoras de colonias bacterianas con un promedio de 20 000; en este caso el resultado no tiene concordancia con los demás resultados obtenidos, por tanto, puede interpretarse como un error de manejo o como una consecuencia de la sobredosificación de nácar, en la muestra VI – con acabado sin contaminar no se tiene presencia de unidades formadoras de colonias bacterianas.

En el caso de la muestra VII – lavada con acabado y contaminada se puede contemplar que existe en promedio 12 500 colonias bacterianas y en el caso de la muestra VIII – lavada con acabado sin contaminar se advierte que no existe crecimiento de colonias bacterianas.

Finalmente, en el particular de la muestra IX – sin acabado contaminada está contiene en promedio 7 500 colonias bacterianas y en la muestra X - sin acabado sin contaminar se observa la nula presencia de unidades formadoras de colonias bacterianas.

Por otra parte, en la Figura 38 y Figura 39, se presenta el porcentaje de eficacia del tratamiento químico con nácar que se aplicó a cada una de las muestras.

Figura 38

Eficacia del acabado químico textil en muestras contaminadas, tratadas, no tratadas, lavadas y no lavadas

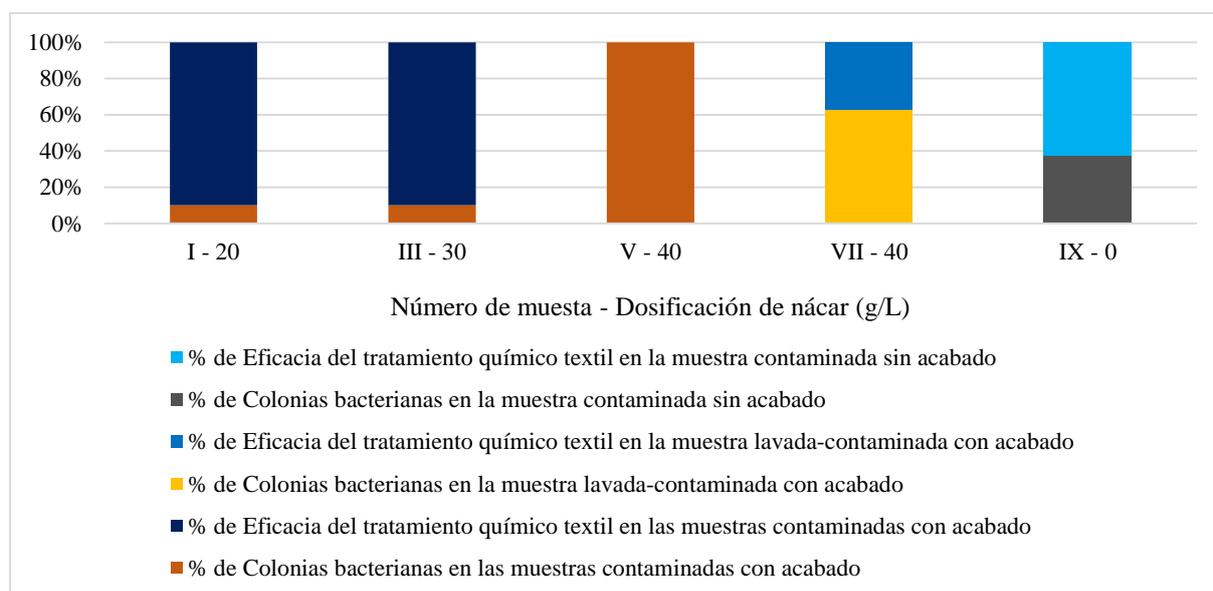


Figura 39

Eficacia del acabado químico textil en muestras no contaminadas, tratadas, no tratadas, lavadas y no lavadas

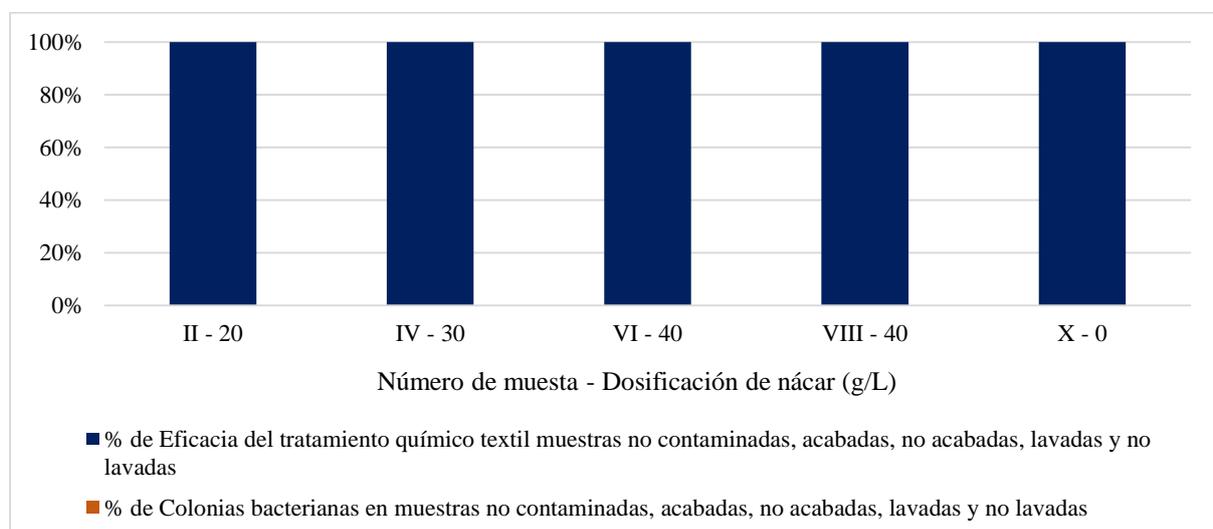
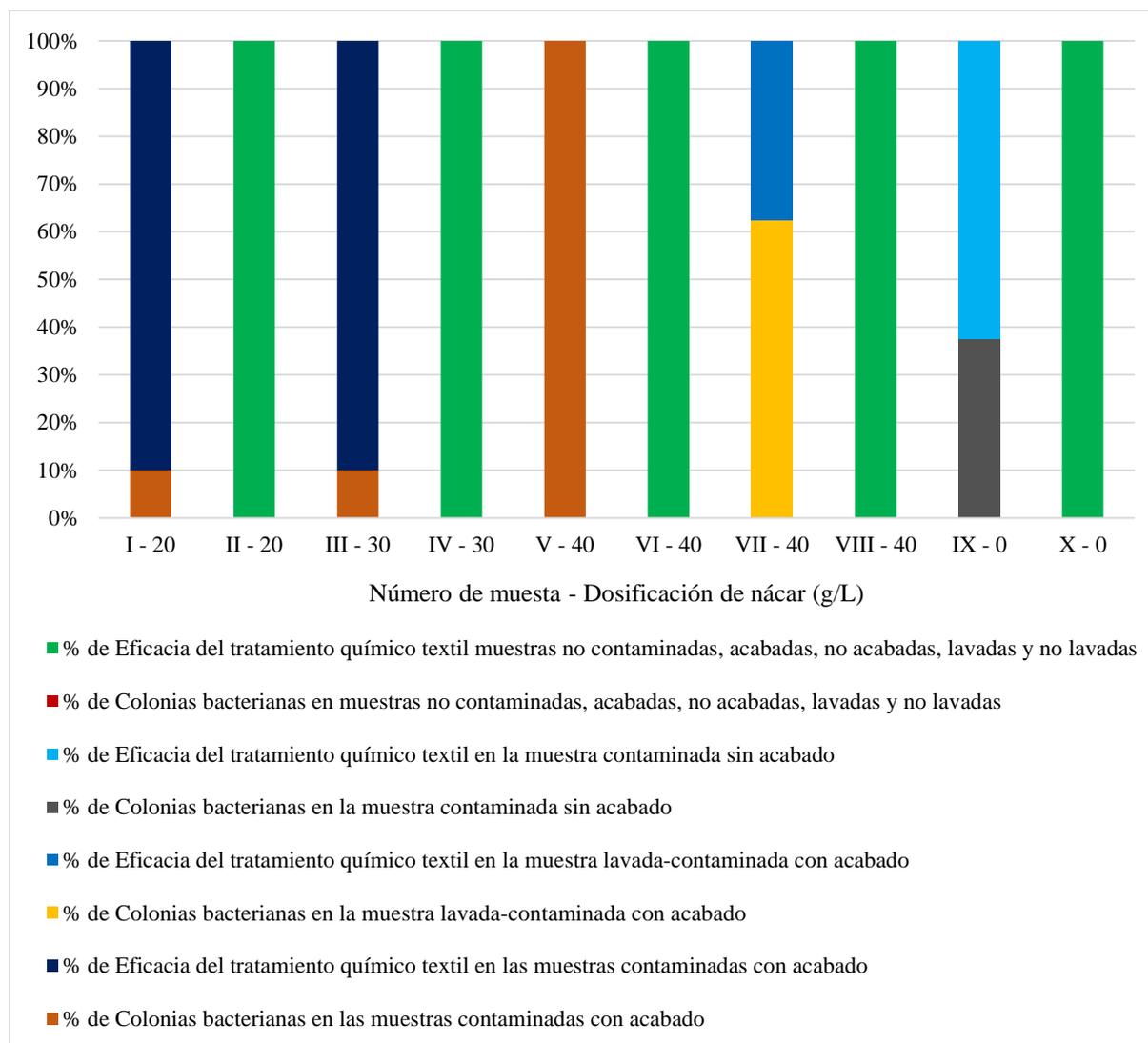


Figura 40

Eficacia del acabado químico textil en muestras tratadas, no tratadas, contaminadas, no contaminadas, lavadas y no lavadas



En este sentido, la muestra I – con acabado contaminada presenta un crecimiento del 10% de bacterias en relación con las demás muestras y un 90% de inhibición al crecimiento de microorganismos, la muestra III – con acabado contaminada presenta los mismo resultados que la muestra I, la muestra V – con acabado contaminada presenta un 100% de crecimiento de microorganismos con relación a las demás muestras, en este punto, contrario a lo que se esperaba esta muestra tratada con 40 g/L de nácar no presenta resistencia al crecimiento de colonias bacterianas, debiéndose esto a muchos factores, siendo que entre los que más se destacan son: punto se saturación de la fibra sobrepasado y el más importante, el error humano, la muestra VII – lavada con acabado contaminada presenta un 62.5% de colonias bacterianas con relación a las demás y un 37.5% de resistencia a los microorganismos, la muestra IX – sin

acabado contaminada presenta un 37.5% de colonias bacterianas y un 62.5% de resistencia al crecimiento de colonias bacterianas.

Finalmente, en cuanto a las muestras II, IV y VI – acabadas sin contaminar, la muestra VIII – lavada con acabado sin contaminar y la muestra X – sin acabado sin contaminar, presentan un crecimiento del 0% de colonias bacterianas con relación al resto y por tanto tienen una inhibición del 100% a los microorganismos aerobios mesófilos y a los anaerobios facultativos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Debido a que el nácar es un compuesto alcalino, al mezclarse con un ácido no tiende a neutralizarse sino que, reacciona provocando un burbujeo característico de una reacción química, en la cual se libera CO_2 y que al culminar se obtiene citrato de potasio, otro compuesto alcalino en forma de pasta, con propiedades diferentes a las del nácar pero que suele confundirse con este por su apariencia.

Con respecto al acabado químico textil con nácar se puede mencionar que, este compuesto es ligeramente soluble en agua y alcalinamente estable, permitiendo realizar la solución de tratamiento sin catalizadores y sin inconvenientes, con productos que puedan desenvolverse en este tipo de pH. De este modo, se realizó soluciones con una dosificación de 20, 30 y 40 g/L de nácar, consiguiendo una solución que no precipita fácilmente y que permite obtener un acabado homogéneo.

En cuanto al proceso por el cual se incorporó el nácar al sustrato textil se determinó que, es mejor aplicarlo mediante foulardado ya que la estabilidad de la micro emulsión de silicona aumenta, evitando manchas, precipitaciones o cualquier otro tipo de inconvenientes en el proceso de acabado.

Mediante el análisis para determinar la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, realizado en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, se logró verificar que las muestras tratadas con una dosificación de 20 y 30 g/L de nácar tienen una mejor respuesta antibacterial, con una eficacia del 90%, en comparación con las muestras tratadas con 40 g/L de nácar, tanto lavadas como no lavadas que tienen una eficacia del 37.5% y 0% respectivamente, así también como con las muestras no tratadas con ningún compuesto, que presentan un 62.5% de eficacia. En cuanto a las muestras no contaminadas, dada la concentración de las diluciones, estas tuvieron un 0% de crecimiento de unidades formadoras de colonias aun cuando fueron manipuladas con cierto grado de normalidad en el ambiente.

Así también, es necesario hacer hincapié que para realizar este tipo de análisis el ambiente donde se deben llevar a cabo debe ser un área estéril y que cualquier tipo de trabajo

de limpieza que se haya realizado, debe haber sido hecha con anterioridad al análisis ya que el efecto residual de las sustancias utilizadas en la limpieza y desinfección de los laboratorios influyen de manera directa en las muestras destinadas al estudio más aun cuando estas no han sido manipuladas, transportadas o almacenadas correctamente.

En este sentido, es correcto afirmar que el nácar es un compuesto antibacterial dada su composición química y la disposición de su estructura física, ya que con respecto al primer punto, esta le brinda un grado de medio de alcalinidad y es específicamente en un medio alcalino donde los microorganismos aerobios mesófilos y anaerobios facultativos tienen dificultad para desarrollarse y por tanto su presencia es casi nula, mientras que en cuanto al segundo punto, es su estructura de ladrillo-mortero la cual también interfiere e inhibe el crecimiento de bacterias.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable que para realizar el proceso de impregnación se usen productos químicos y auxiliares que tengan un buen desempeño para ser trabajados en un medio alcalino ya que el nácar es una sustancia alcalina altamente estable y muy difícil de neutralizar sin que esta reacción en el proceso, por tanto, el uso de sustancias ácidas en el proceso puede desencadenar que se trabaje con una sustancia totalmente diferente al carbonato de calcio cristalizado. En otras palabras, sería conveniente utilizar productos de carácter catiónico o a su vez anfótero, ya que estas dos tipos de cargas iónicas permiten realizar procesos de acabados con una gran estabilidad y además poseen una excelente compatibilidad con cualquier tipo de sustrato textil y a su vez de productos químicos.

Para profundizar en el estudio, se recomienda inquirir los puntos de saturación de la fibra de algodón en tejido de tipo jersey al ser tratados con nácar, tanto con los mismos químicos y auxiliares, así también como con otros diferentes para que de esta manera se pueda determinar con mayor exactitud la cantidad óptima de nácar para realizar este acabado y obtener una respuesta antibacterial eficaz.

Adicional a esto, es aconsejable indagar sobre una nueva forma en la cual se pueda introducir al nácar al proceso, es decir, ya no en polvo micro pulverizado, sino en forma de pasta, gel o emulsión, de forma que su manipulación y posterior adición al textil sea más dinámica y eficiente, presentándose como una alternativa totalmente viable un proceso de recubrimiento.

Referente a las dosificaciones de nácar que se utilizaron en el proceso se aconseja que, estas no sean muy elevadas ya que al desconocer el punto de saturación de la fibra de algodón por esta sustancia la elevada presencia de esta puede interferir de manera negativa en los resultados, entregando falsos positivos o a su vez, interfiriendo en otros aspectos del textil tales como su tacto, resistencia, color, entre otros.

En cuanto al procedimiento, aún a sabiendas del margen de error mínimo que se puede obtener por manejo humano o el uso de algún equipo de laboratorio descalibrado, es recomendable obtener las muestras de análisis en una sola tanda y no por partes, de igual manera en el caso de que deban ser contaminadas, ya que la más mínima variación en las condiciones ambientales puede afectar de manera significativa el análisis así también como los resultados.

Por otra parte, en cuanto al análisis para determinar la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos se refiere, es recomendable realizar la esterilización del sitio o área de trabajo antes que las muestras vayan a ser estudiadas ya que, el efecto residual de los productos con los cuales se desinfecta el área de trabajo puede interferir significativamente en los resultados, entregando falsos positivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of Textile Chemists and Colorists. (2015). AATCC Test Method 61-2013. *AATCC Technical Manual*, 61, 01 de enero de 2015, 108–112.
- Barel, A. O., Paye, M., & Maibach, H. I. (Eds.). (2010). *Handbook of Cosmetic Science and Technology* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/B15273>
- Bellini, P., Bonetti, F., Franzetti, E., Rosace, G., & Vago, S. (2002). *Textile Reference Book for Technologies Finishing* (3rd ed.). ACIMIT. <https://www.acimit.it/Doc/Finishing-index.pdf>
- Benninger, CSD Engineers, & ISSPPRO. (2016). *Technical manual – Textile finishing industry*. UNIDO, Environmental Management Branch, Vienna.
- Campuzano, S., Mejía Flórez, D., Madero Ibarra, C., & Pabón Sánchez, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. In *Nova* (Vol. 13, pp. 81–92). scieloco.
- Carmona, M., & Carrión, H. (2015). *Potencia de la Prueba Estadística de Normalidad Jarque-Bera Frente a las Pruebas de Anderson-Darling, Jarque-Bera Robusta, Chi Cuadrada, Chen y Shapiro-Wilk*. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94337/TESIS_POTENCIA_DE_LA_PRUEBA_ESTADISTICA_DE_NORMALIDAD_JARQUE-BERA_FRENTE_A_LAS_PRUEBAS_ANDERSON-DARLING%2C_JARQUE-BERA_ROBU~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chen, R., Wang, C., Huang, Y., & Le, H. (2008). An efficient biomimetic process for fabrication of artificial nacre with ordered-nanostructure. *Materials Science and Engineering: C*, 28(2), 218–222. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2006.12.008>
- Chen, X., Peng, L.-H., Chee, S.-S., Shan, Y.-H., Liang, W.-Q., & Gao, J.-Q. (2019). Nanoscaled pearl powder accelerates wound repair and regeneration in vitro and in vivo. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 45(6), 1009–1016. <https://doi.org/10.1080/03639045.2019.1593436>
- Coster Copenhagen. (2021). *KNITTED TANK TOP*. Coster Copenhagen. <https://costercopenhagen.com/collections/seawool/products/knitted-tank-top-knitwear->

cream

Creative Tech Textile Co., L. (2021). *About*. <http://hansglobaltextile.net/about/>

Delattre, O., Catonne, Y., Berland, S., Borzeix, S., & Lopez, E. (1997). Use of mother of pearl as a bone substitute - Experimental study in sheep. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 7(2), 143–147. <https://doi.org/10.1007/BF00578793>

Droppelmann, G. (2018). Pruebas de Normalidad. *Revista Actualizaciones Clínica MEDS*, 2(1), 39–43. <https://www.meds.cl/wp-content/uploads/Art-5.-Guillermo-Droppelmann.pdf>

Ecomax Textile Co., Ltd. (2021). *Recycled Oyster Shell Plain Woven Fabric*. Taiwantrade. <https://www.taiwantrade.com/product/recycled-oyster-shell-plain-woven-fabric-2072551.html>

Ecomax Textile Co., L. (2021a). *Ecomax Founder*. <https://www.ecomaxtex.com/textile-godfather/>

Ecomax Textile Co., L. (2021b). *RECYCLED OYSTER SHELLS FIBER*. <https://www.ecomaxtex.com/recycled-oyster-shells-fiber/>

Flores, C. E., & Flores, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 83–116. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>

Forbes Staff. (2019, June 26). *La moda es una de las industrias más contaminantes: ONU*. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/la-moda-es-una-de-las-industrias-mas-contaminantes-onu/>

Global Insight, I. (2007). *A Study of the European Cosmetics Industry*. https://ec.europa.eu/growth/content/study-european-cosmetics-industry-2007-0_en

Hauser, P. J., & Tariq, M. (2004). *AATCC Review* (A. A. of T. C. and Colorists (Ed.)). American Association of Textile Chemists and Colorists. <https://books.google.com.ec/books?id=041WAAAAMAAJ>

Hole, J. (2018). *Mountain Khakis SeaWool™ Yarns and Insulation Recycled Insulation from the Sea*.

https://assets.mountainkhakis.com/MK_in_the_news/press_releases/2018_Oct_MK_Sea_Wool_Yarn_and_Insulation.pdf

- Hsieh, Y. L. (2007). 1 - Chemical structure and properties of cotton. In S. Gordon & Y.-L. Hsieh (Eds.), *Cotton* (pp. 3–34). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9781845692483.1.3>
- Jackson, A. P., Vincent, J. F. V, Turner, R. M., & Alexander, R. M. (1988). The mechanical design of nacre. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 234(1277), 415–440. <https://doi.org/10.1098/rspb.1988.0056>
- Kelvin Lai. (2018, October 23). *SeaWool Fabric - Recycled Oyster Shell*. Siizu. <https://siizu.com/blogs/fabrics/seawool-fabric-recycled-oyster-shell>
- Loh, X. J., Young, D. J., Guo, H., Tang, L., Wu, Y., Zhang, G., Tang, C., & Ruan, H. (2021). Pearl Powder—An Emerging Material for Biomedical Applications: A Review. *Materials*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/ma14112797>
- Luz, G. M., & Mano, J. F. (2009). Biomimetic design of materials and biomaterials inspired by the structure of nacre. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1587–1605. <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0007>
- Marie, B., Le Roy, N., Marie, A., Dubost, L., Milet, C., Bedouet, L., Becchi, M., Zanella-Cléon, I., Jackson, D., Degnan, B., Luquet, G., & Marin, F. (2009). Nacre Evolution : A Proteomic Approach. *MRS Proceedings*, 1187, 1103–1187. <https://doi.org/DOI:10.1557/PROC-1187-KK01-03>
- Martínez Ahuatzi, J. E., & Alba Ávila, R. de. (2012). *Análisis y tecnología de tejidos en máquinas circulares de gran diámetro* (1st ed.). Instituto Politécnico Nacional. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/17479>
- Patel, B., & Tandel, M. G. (2005). Antimicrobial finishing for Textiles; An overview. *Asian Dyer*, 31–36.
- Pina Martínez, C. M., Checa, A., Saínz-Díaz, C., & Cartwright, J. (2013). The Nacre: An Ancient Nanostructured Biomaterial. *Acta Futura*, 6, 37–42. <https://doi.org/10.2420/AF06.2013.37>
- Podsiadlo, P., Paternel, S., Rouillard, J.-M., Zhang, Z., Lee, J., Lee, J.-W., Gulari, E., & Kotov,

- N. A. (2005). Layer-by-Layer Assembly of Nacre-like Nanostructured Composites with Antimicrobial Properties. *Langmuir*, 21(25), 11915–11921. <https://doi.org/10.1021/la051284+>
- Propiedades de las Fibras Textiles.* (2013). https://issuu.com/mayratsanchez/docs/propiedades_de_las_fibras_textiles/2
- Ramírez de Huasanga, M. (2017). *Fibras Textiles.* https://45d6ded9-f664-4e4e-9826-df2f227ca503.filesusr.com/ugd/e69692_2fad5dfb2a44fe39c7ad04801868eed.pdf
- Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos. (2014). *Análisis Microbiológico de los Alimentos* (Vol. 3). Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_ii.pdf
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 1–26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20652069006>
- Romero Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 105–114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043&info=resumen&idioma=SPA>
- Rouette, H.-K. (2014). *Encyclopedia of Textile Finishing.* Springer Berlin Heidelberg. <https://books.google.com.ec/books?id=61K1oQEACAAJ>
- Salman, J., Stifler, C. A., Shahsafi, A., Sun, C.-Y., Weibel, S. C., Frising, M., Rubio-Perez, B. E., Xiao, Y., Draves, C., Wambold, R. A., Yu, Z., Bradley, D. C., Kemeny, G., Gilbert, P. U. P. A., & Kats, M. A. (2021). Hyperspectral interference tomography of nacre. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), e2023623118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023623118>
- Santulli, C. (2015). 2 - Bio-inspired fiber composites. In T. D. Ngo (Ed.), *Biomimetic Technologies* (pp. 33–51). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100249-0.00002-1>
- Schindler, W., & Hauser, P. J. (2004). *Chemical Finishing of Textiles* (1st ed.). Woodhead

Publishing.

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (1976). NTE INEN 145: Textiles. Determinación de la humedad en el algodón. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 434, 30 de septiembre de 1977, 7. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_145.pdf

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2006). NTE INEN 1529-5 (2006): Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesofilos. REP. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 188, 16 de enero de 2006, 9. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-5.pdf>

SupplyCompass. (2020). *Sustainable Material Guide: Cotton*. <https://drift-lp-28609746.drift.click/1de7be31-7d32-4744-bf21-c5cc9694d364>

Tang, Z., Kotov, N. A., Magonov, S., & Ozturk, B. (2003). Nanostructured artificial nacre. *Nature Materials*, 2(6), 413–418. <https://doi.org/10.1038/nmat906>

Textile Materials. (2008). <https://es.scribd.com/doc/236575141/Fibers-Properties-Textile-Materials>

Trullén Salaet, R. (2005). *Apuntes de tejidos de punto por recogida*. Moliner-40.

Wakelyn, P., Bertoniere, N., French, A., Thibodeaux, D., Triplett, B., Rousselle, M.-A., Goynes, W., Edwards, J. V., Hunter, L., McAlister, D., & Gamble, G. (2007). Cotton Fibers. In M. Lewin (Ed.), *Handbook of Fiber Chemistry* (3rd ed., pp. 521–666). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420015270>

Wu, D.-Y., Wang, S.-S., & Wu, C.-S. (2021). Textile Fabrics Containing Recycled Poly(ethylene terephthalate), Oyster Shells, and Silica Aerogels with Superior Heat Insulation, Water Resistance, and Antibacterial Properties. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(6), 3175–3184. <https://doi.org/10.1021/acsapm.1c00365>

Zhang, C., & Zhang, R. (2006). Matrix proteins in the outer shells of molluscs. *Marine Biotechnology (New York, N.Y.)*, 8(6), 572–586. <https://doi.org/10.1007/s10126-005-6029-6>

ANEXOS

Anexo 1

Informe de actividades realizadas en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
Universidad Acreditada Resolución 002-CONEA-2010-129-DC.
Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13

Ibarra, 23 de noviembre de 2021
Ingeniera
Rosario Espín
COORDINADORA DE CARRERA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Informe de actividades realizadas con tesista de Ingeniería Textil

Para su conocimiento y trámite pertinente, remito el informe de actividades realizadas en el laboratorio de Análisis Físico Químico y Microbiológico por el estudiante: Hugo Eduardo Ipiales Mesa perteneciente a la carrera de Ingeniería Textil de la Facultad De Ingeniería En Ciencias Aplicadas.

Revisados los antecedentes existentes referentes a pruebas microbiológicas en textiles con propiedades antimicrobianas se realizaron ensayos previos en los cuales se hicieron pruebas microbiológicas aerobios mesófilos totales, mismas que fueron inoculadas en placas Petrifilm e incubadas según el tiempo y temperatura recomendado por el fabricante.

Una vez concluido el tiempo de incubación se procedió a realizar el recuento microbiológico de unidades formadoras de colonia, obteniendo resultados favorables de crecimiento microbiológico, lo cual permitió definir el uso de ellas para el ensayo definitivo que en este caso fue para Aerobios Mesófilos Totales.

Para el ensayo definitivo las muestras de textiles fueron diluidas en medio de enriquecimiento (peptona) y posteriormente inoculadas en placas petrifilm para Aerobios Mesófilos Totales por duplicado, e incubadas durante 48 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C), según método AOAC método oficial 990.12.

Los resultados del recuento total de Aerobios mesófilos fueron los esperados según la prueba previa, aplicada a diluciones 10^{-3} y 10^{-4} . Obteniendo resultados favorables respecto a los anteriores ensayos.

Atentamente,

Ing. Daniel Ruiz Andrade
TÉCNICO-DOCENTE

Anexo 2

Certificado de asistencia al Laboratorio de Calidad Textil



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Resolución No. 001-073 CEAACES - 2013 - 13

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

LABORATORIO DE CALIDAD TEXTIL

Ibarra, 11 de febrero de 2022

CERTIFICADO DE ASISTENCIA

Por medio de la presente certifico que el señor **Hugo Eduardo Ipiales Mesa**, con C.I.: 100390450-3, ha realizado los ensayos de laboratorio referentes al proyecto de tesis de grado titulado “Evaluación de las Características Antibacteriales en Tejido de Punto Jersey 100% CO Aplicando un Acabado Textil con Nácar”, del 11 al 15 de octubre de 2021; los equipos y normas utilizadas en el laboratorio son:

- **Autoclave.** Norma AATCC 61-13 – Solidez al lavado; evaluación de la permanencia del acabado.
- **Horno de Secado (Vacuum Oven).** Norma NTE INEN 145 – Determinación de la Humedad en el Algodón.
- **Foulard.** Equipo utilizado para el proceso de impregnación.

Además, se le brindó las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



Firma de este documento por:
FAUSTO EDMUNDO
GUALOTO MARÍA

Ing. Fausto Gualoto
Responsable del Laboratorio de Calidad Textil - CTEX

SCIENTIA ET THECNICUS IN SERVITIUM POPULI

Anexo 3

Ficha técnica del dispersante - igualante

SYQ 0030	
DISPERSOL-SYQ	
INFORMACION TECNICA	
Igalante y dispersante universal para colorantes directos y reactivos, con un buen poder de detergente para la tintura de colorantes iónicos.	
PROPIEDADES	
Composición:	Poliglicoléter de alcohol graso.
Carácter:	No iónico
Apariencia:	Líquido amarillento, transparente, de baja viscosidad.
pH:	En solución al 1% 7.0 +/-0.5
Solubilidad:	Dilúidle en agua fría en cualquier proporción.
Almacenamiento:	Mantener los envases bien cerrados.
CARACTERISTICAS	
<ul style="list-style-type: none">• Este producto forma poca espuma, la cual disminuye en baño hirviendo.• Igalante y penetrante para la tintura de fibras celulósicas con colorantes sustantivos.• Igalante retardante para la tintura de algodón con colorantes a la tina.• Dispersante en los baños de desarrollo de los naftoles.• Producto para empastar y disolver bases y sales sólidas.• Dispersante para blanqueadores ópticos en el procedimiento por agotamiento sobre acetato, triacetato, poliéster, poliamida y poliácridonitrilo, como también en baños de blanqueo con peróxido y reductor.• Producto para el descrude de la seda natural y como igualante para la tintura de esta.• Detergente para lavar y desengrasar materiales textiles en baños de tintura ácidos.	
APLICACIONES	
Agotamiento <p style="text-align: center;">1 - 2 g/L de DISPERSOL-SYQ.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se recomienda para evitar problemas de igualación o penetración en telas o hilazas de algodón y sus mezclas. El producto actúa sobre las impurezas del algodón como pectinas, sales y materiales insolubles.	
PRECAUCIONES	
<ul style="list-style-type: none">• Evitar su contaminación con otros productos.• Almacenar en un lugar fresco.	

Anexo 4

Ficha técnica de la micro emulsión de silicona



technical data sheet Version 2017

Aplicación

INSTRUCCIONES PARA DISOLVER

Softycon ASH 550 % es prediluido en tres veces su cantidad en agua fría y es después agregado al baño.

CANTIDADES APLICADAS

<u>1. Proceso a la continua</u>	2.0 - 7.0 g/l	Softycon ASH 550 % ajustar con ácido acético
	4.0 - 6.0 pH	

- secar

<u>2. Agotamiento</u>	0.2 - 0.7 %	Softycon ASH 550 % ajustar con ácido acético
	4.0 - 6.0 pH	

- Tratar por 20 - 30 minutos at 40 °C
- secar

Almacenamiento

La exposición prolongada a temperaturas menores a 0 °C puede causar que el producto se solidifique. Después de calentar y agitar cuidadosamente el producto se vuelve reusable sin ninguna resitricción. Con el almacenamiento adecuado en su envase original el producto puede durar al menos 6 meses.

For more information regarding safe handling please refer to safety data sheet!

The here expressed written and spoken recommendations and statements regarding our products are based on extensive research and correspond with our current experiences from textile finishing practice. These guidelines are without obligation - also regarding protective rights of third parties and foreign laws - and they do not relieve the user from carrying out his/her own tests with the products and processes regarding the suitability for his/her applications. We especially assume no liability for application purposes which have not been explicitly specified in writing. We reserve the right for technical changes in the course of new product developments. In case of damage we refer to our General Conditions of Sale and Delivery, paragraph 7.

Sevelen, 19.06.2017 ULM/ml

Quality and Environmental Management

We are certified

Voluntary participation in regular monitoring
according to ISO 9001:2015 und ISO 14001:2015



Reg.No. 131201Q



Reg.No. 131201U

Anexo 5

Ficha técnica del ligante



LC81

TAMPON

INFORMACION TECNICA

Ligante aniónico multipropósito, obtenido a partir de polímero acrílico. Genera tacto suave, película transparente, brillante, flexible, muy blanda y autoreticulante.

PROPIEDADES

Composición:	Polímero acuoso
Carácter:	aniónico
Apariencia:	Líquido blanco.
pH:	n.d.
Solubilidad:	Dilúible en agua temperada.
Almacenamiento:	Mantener los envases bien cerrados.

CARACTERISTICAS

- Estabiliza la fijación en la tinte pigmentaria.
- Estampación de pieza, en mesa o maquinas, con buen rendimiento colorístico, tacto suave y elástico.
- Estampación sobre mezclas de poliéster algodón, fibras sintéticas, telas delgadas, algodón, etc.

DOSIFICACION

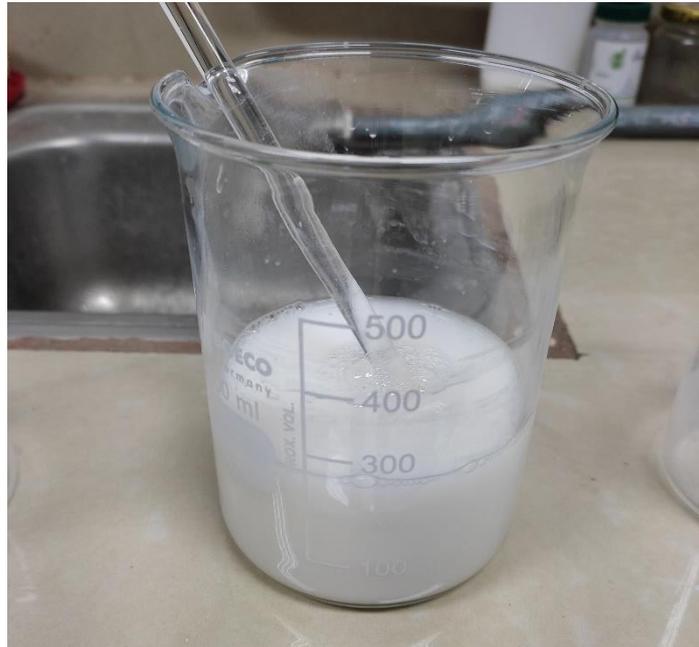
- 2 a 5 g/L (Dependiendo del % de Pigmento)

PRECAUCIONES

- Evitar su contaminación con otros productos.
- Almacenar en un lugar fresco.

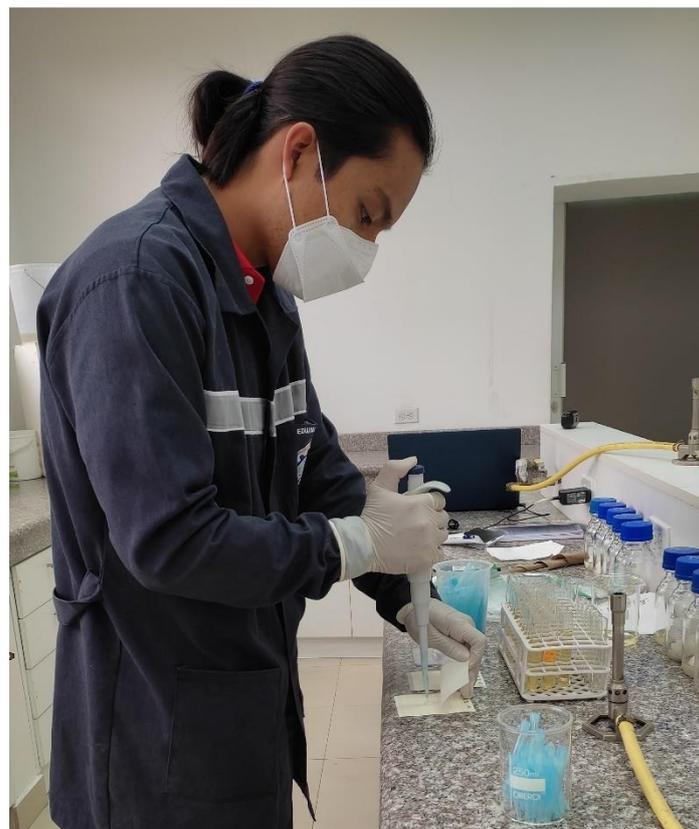
Anexo 6

Obtención de la solución preliminar I



Anexo 7

Inoculación de microorganismos aerobios mesófilos



Anexo 8

Incubación de microorganismos aerobios mesófilos



Anexo 9

Interpretación de placas Petrifilm 3M



Anexo 10

Prueba de solidez al lavado

