

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Ensayo en laboratorio de degradación de fibras naturales viables de ser usadas como dispositivos de escape en trampas para disminuir la pesca fantasma

Proyecto para optar al título de Ingeniero Pesquero
por
Tomás Enrique Araya Schmidt

Valparaíso
2013

Comisión del Proyecto de Título:

Profesor Guía : Dr. Dante Queirolo Palma

Profesor : Dr. Felipe Hurtado Ferreira

Profesor : Mg. Erick Gaete Alfaro

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

Tomás Araya Schmidt

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer especialmente a mi profesor guía Dr. Dante Queirolo Palma por su buena disposición y por el apoyo brindado en la realización de este proyecto para optar al título de Ingeniero Pesquero. Además agradecer a mi familia y a Constanza Safatle por el apoyo a lo largo de esta importante etapa.

CONTENIDO

	Pág.
Portilla	
Contenido	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Introducción	1
Objetivos	2
Antecedentes	3
Materiales y métodos	7
Resultados	11
Discusión	48
Conclusiones	53
Referencias	54
Anexo	57

RESUMEN

La pesca fantasma es un serio problema a nivel mundial que afecta a diversas pesquerías, entre ellas especialmente a las pesquerías que utilizan trampas. Una solución parcial a este problema se basa en reemplazar una sección de la trampa por fibras naturales, estas fibras luego de un tiempo expuestas al agua de mar pierden sus propiedades deteriorándose y separándose, dejando la trampa abierta. Para ello se realizó un trabajo tendiente a seleccionar una o más fibras naturales adecuadas para ser eventualmente implementadas en trampas para reducir la pesca fantasma. Se seleccionaron nueve fibras de algodón y yute de diferentes diámetros (2, 3, 5 y 6 mm) y construcción en el mercado local. Las fibras se dejaron sumergidas por 56 días en un estanque con agua de mar. Cada 14 días se realizó una medición de las propiedades físicas (resistencia y elongación a la ruptura). Luego de 56 días se observó una pérdida porcentual de la resistencia media la ruptura para todas las fibras. Esta fluctuó entre 0,5 y 29,6% para las fibras de yute, entre 12,8 y 71,7% para las fibras de algodón torcido y entre 20,8 y 42,4% para las fibras de algodón trenzado. Mediante un ajuste lineal de los datos se obtuvo el tiempo que demoran las fibras en perder por completo sus propiedades y por lo tanto el tiempo en que la trampa queda abierta por el deterioro de la fibra. Las fibras de yute torcido demoran entre 113 y 230 días en perder sus propiedades, las fibras de algodón torcido demoran entre 68 y 234 días, y las fibras de algodón trenzado pierden por completo sus propiedades entre los 108 y 205 días. Según los resultados obtenidos en el estudio de degradación se observó que en general mientras mayor sea el diámetro de la fibra mayor será el tiempo que tardará en perder sus propiedades. Se determinó que las fibras de algodón son las más idóneas para ser implementadas como dispositivos para reducir la pesca fantasma en trampas, sobre todo las fibras de algodón trenzado ya que mostraron bajos coeficientes de variación y además poseen considerables tasas de pérdida de la resistencia a la ruptura, lo que las convierte en una opción viable para ser implementadas en pesquerías con trampas en Chile. Respecto a las fibras de yute no se recomienda su uso como dispositivos para reducir la pesca fantasma, principalmente por los prolongados tiempos que demoran en perder sus propiedades y por la alta variabilidad de la resistencia a la ruptura. Se deberá determinar cual de las fibras de algodón estudiadas es más idónea según las características operacionales y ambientales de la pesquería en la que se desea implementar.

ABSTRACT

Ghost fishing is a serious global problem that affects several fisheries including fisheries that use traps. A partial solution to this problem is based on replacing a section of the trap with natural fiber yarns. This work was aimed to select one or more natural fibers suitable to eventually be implemented as a device to reduce ghost fishing in traps. Nine cotton and jute fibers of different diameters (2, 3, 5 and 6 mm) and construction were selected from the local market. The fibers were submerged for 56 days in a pond with seawater. Every 14 days a measurement of the physical properties was done (strength and elongation at break). After 56 days there was loss of the mean breaking strength percentage for all fibers. This parameter ranged from 0.5 to 29.6 % for the jute fibers, between 12.8 and 71.7 % for the twisted cotton fibers and between 20.8 and 42.4 % for the braided cotton fibers. Using a linear fit of the data the total degradation time was obtained. The twisted jute fibers delayed between 113 and 230 days to break down, twisted cotton fibers delayed between 68 and 234 days, and braided cotton fibers between 108 and 205 days. According to the results obtained in the study of degradation it was observed that in general the larger the diameter of the fiber the more time it will take to degrade. It was observed that cotton fibers are most suitable to be implemented as a device to reduce ghost fishing in traps, especially braided cotton that shows low coefficients of variation, and has suitable degradation rates making this fiber a feasible option for implementation in trap fisheries in Chile. Regarding jute fibers are not recommended for use as device to reduce ghost fishing, mainly by the long degradation times and the high variability of the breaking strength. It makes no sense to select a studied cotton fiber as correct, this should be determined by analyzing which one is the most suitable for the operational and environmental characteristics of the fishery in study.

INTRODUCCIÓN

Las pesquerías con trampas en el mundo en términos de captura alcanzan los 2,5 millones de toneladas (Watson *et al.*, 2004). Es un bajo valor al compararlo con los 27,5 millones de toneladas de captura que posee la pesca de cerco y los 30 millones de toneladas de captura que alcanza la pesca con redes de arrastre. Sin embargo, las trampas son muy utilizadas ya que permiten explotar recursos de alto interés comercial con materiales muy básicos y sin la necesidad de mecanización. Además el sector posee grandes fortalezas en términos de eficiencia energética y selección del tamaño (MacMullen *et al.*, 2001). En Chile existen diversas pesquerías que utilizan trampas. La pesquería de jaibas es la más extensa en número de especies (Olguin *et al.*, 2006). En el Archipiélago de Juan Fernández las actividades pesqueras se concentran fundamentalmente en la explotación de Langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) y Cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) (Arana, 2012) y en el extremo austral de Chile se encuentra la pesquería mixta de Centolla (*Lithodes santolla*) y Centollón (*Paralomis granulosa*) (Lovrich, 1997).

La pesca fantasma se refiere a la captura continua que lleva a cabo un aparejo de pesca perdido, abandonado o descartado. Esto ocurre comúnmente en las pesquerías con trampas, cuando la trampa se pierde, los animales en la trampa mueren y cumplen la función de cebo atrayendo más organismos hacia el aparejo (Brown *et al.*, 2005). A pesar de que no se conoce la mortalidad exacta provocada por la pesca fantasma, muchos concuerdan que es un daño innecesario para los recursos involucrados que se debe intentar reducir al máximo.

La utilización de fibras biodegradables para reducir la pesca fantasma permite que parte de la trampa quede abierta por la pérdida de las propiedades de la fibra natural y los recursos que se encuentren en el interior o que ingresen puedan abandonar el aparejo sin problemas. El estudio de las fibras naturales disponibles en el mercado local mediante el ensayo de degradación en laboratorio es fundamental para identificar qué fibras reúnen las características y propiedades necesarias, y por lo tanto son viables para ser implementadas como dispositivos para reducir la pesca fantasma en trampas, disminuyendo el efecto sobre la biomasa y la sustentabilidad de los recursos sin afectar la funcionalidad de la trampa.

OBJETIVOS

Objetivo general

Seleccionar una o más fibras naturales adecuadas para ser eventualmente implementadas como dispositivos de escape en trampas, a partir de lo cual sea posible reducir la pesca fantasma.

Objetivos específicos

- Seleccionar y caracterizar una muestra de fibras naturales, de fácil accesibilidad en el mercado local, que potencialmente puedan ser usadas para construir mecanismos de escape en trampas.
- Medir el cambio en las propiedades físicas de las fibras seleccionadas luego de ser sumergidas en un estanque con agua de mar (ambiente controlado).
- Realizar un análisis comparativo de la pérdida de las propiedades físicas en las fibras naturales seleccionadas en función al tiempo de exposición al agua de mar.

ANTECEDENTES

Pesca fantasma

La pesca fantasma se refiere a la captura continua que lleva a cabo un aparejo de pesca perdido, abandonado o descartado. Esto ocurre comúnmente en las pesquerías con trampas, cuando la trampa se pierde, los animales en la trampa mueren cumpliendo la función de cebo atrayendo más organismos hacia el aparejo. Se limita en gran medida a artes fijos, tales como las redes de enmalle, trasmallos, trampas y nasas. Se trata de un fenómeno que ha logrado mayor notoriedad en las últimas dos décadas, dadas las imágenes gráficas de peces y otras especies marinas enredadas en las redes perdidas, ilustrando el potencial derroche e impactos destructivos de los artes de pesca perdidos (Brown *et al.*, 2005).

Los artes fijos alrededor del mundo representan un sector muy amplio de la actividad pesquera. El acceso a materiales muy básicos permite explotar los stocks de peces a una pequeña escala y sin necesidad de mecanización. El sector tiene grandes fortalezas en términos de selección del tamaño y la eficiencia energética. Los avances técnicos en las últimas décadas han transformado el sector en muchos países, siendo principalmente estos avances la disponibilidad de capital, mecanización, fibras artificiales y sistemas de navegación (MacMullen *et al.*, 2001). Debido a este desarrollo técnico la pesca con trampas y nasas se ha llevado a una mayor escala, existiendo una gran cantidad de pesquerías en las que se utilizan este tipo aparejos, y con ello está también la posibilidad de que estos se extravíen, descarten o abandonen; además la implementación de materiales más duraderos y fibras artificiales aumenta drásticamente la vida útil de las trampas y nasas, provocando una pesca fantasma continua por un largo periodo de tiempo. La pesca fantasma es reconocida por tramperos y gerentes por igual como un problema significativo en las pesquerías, con una tasa de pérdida de trampas estimada en un 25% por año (Wilson, 1983).

Según Macfadyen (2011) los aparejos de pesca se han perdido, abandonado o descartado en todos los mares y océanos desde que se empezó a pescar. Sin embargo, la magnitud y las repercusiones de este problema han aumentado significativamente en los últimos 50 años debido a que el esfuerzo y capacidad de pesca en los océanos del mundo son cada vez mayores, así como a la durabilidad de los aparejos de pesca.

Las trampas y nasas se pierden por diversas causas, entre ellas: las tormentas, las fuertes corrientes de marea, los cambiantes témpanos de hielo, el abandono de equipo de pesca, las boyas cortadas a veces por el tráfico de embarcaciones, enredo con otros equipos, y disputas ocasionales por el área de pesca entre los pescadores (Kruse & Kimker, 1993).

Los aparejos de pesca abandonados, perdidos o descartados (Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear, ALDFG) son un problema que preocupa cada vez más. Varias resoluciones de la Asamblea General de las Naciones Unidas proporcionan ahora un mandato para reducir los ALDFG y los desechos marinos en general, y exigen una acción al respecto. La capacidad de los ALDFG para continuar pescando tiene impactos perjudiciales en las poblaciones de peces, y potenciales repercusiones sobre las especies en peligro de extinción y los ambientes bentónicos (Macfadyen *et al.*, 2011).

Las trampas y nasas tienden a pasar por un proceso progresivo de pesca fantasma. Como generalmente se ceban una vez caladas, si la nasa se pierde, con el tiempo el cebo o la captura perdida atrae necrófagos, algunos de los cuales son especies comercialmente importantes. Estos necrófagos pueden quedar atrapados y posteriormente morir, convirtiéndose en un nuevo cebo para otros necrófagos (Macfadyen *et al.*, 2011). Los animales capturados en trampas ALDFG mueren de hambre, canibalismo, infecciones, enfermedades o por la larga exposición a la pobre calidad del agua (por ejemplo, el poco oxígeno disuelto) (Van Engel, 1982).

Fibras biodegradables y su utilización como dispositivos de escape para reducir la pesca fantasma

Según su origen, las fibras naturales pueden clasificarse en celulósicas, proteínicas (de origen animal), o minerales. Las fibras celulósicas son de origen vegetal y pueden ser pelos de semilla, como el algodón; fibras de tallo, como el lino; fibras de hoja, como el sisal o yute, o fibras de pericarpio, como el coir (fibra de coco) (FAO, Common Fund for Commodities, 2009). Las fibras naturales celulósicas son todas las fibras derivadas de fuentes vegetales y constituidas principalmente por celulosa, materia estructural de las plantas (Pérez, 2001). Debe tenerse en cuenta las varias condiciones para la selección de material aceptable como “auto-desintegrable”; el material debe tener bajo costo, localmente asequible, fácil de remplazar y tener una determinada durabilidad (Kumpf, 1980). Existen diferentes factores que determinan la idoneidad de los hilos o cabos sintéticos para las actividades pesqueras comerciales. Lo mismo ocurre con las fibras naturales, que para ser utilizadas como dispositivos de escape contra la pesca fantasma deben cumplir ciertos requisitos. Las propiedades de las cuerdas varían mucho, factores tales como la resistencia a la pudrición, a la intemperie, a los rayos UV y a la abrasión deben ser considerados en la determinación de la idoneidad de una fibra natural para una tarea particular (Legge *et al.*, 2009).

En varias pesquerías de crustáceos es un requisito legal el uso de paneles de escape degradables en las nasas. Siendo un ejemplo de ello desde 1982 la pesca de langosta en Florida (Matthews & Donahue, 1996). En el plan de gestión de pesca para el cangrejo ruso y el cangrejo de nieve en el mar de Bering se establece que se requiere un mecanismo de escape en todas las nasas; este mecanismo limitaría la capacidad de captura y retención si la nasa se pierde. A pesar de estos requisitos, los programas de recuperación de nasas han

identificado que una proporción considerable de las nasas recuperadas no cumple con la cuerda de pudrición, indispensable para reducir la capacidad de captura si se extravía la trampa (Macfadyen *et al.*, 2011). Se determinó que el 40% de las nasas comerciales que se recuperaron en Port Susan, en el estado de Washington, no poseían el cordón de pudrición (Natural Resources Consultants, 2007). Esto subraya la importancia del seguimiento y la aplicación de cualquier medida de mitigación que se implemente. En Canadá, las nasas de pesca recreativa requieren de características que aseguren que si la nasa se pierde, se abra la sección fijada por la cuerda de pudrición, permitiendo que los cangrejos capturados escapen y evitando que la nasa continúe pescando indefinidamente (DFO, 2007). También en Canadá, el Plan de gestión de pesca integrada de la región del Pacífico para cangrejo con nasas incluye varios requisitos relacionados con los mecanismos biodegradables de escape (FOC, 2008). En Newfoundland y Labrador actualmente se encuentra vigente una regulación que exige el remplazo de una sección de la trampa por un algodón número 96 para la pesquería del Cangrejo de las Nieves (*Chionoecetes opilio*).

El uso de un panel de escape en cada trampa para minimizar la pesca fantasma es una medida de sentido común y conceptualmente sencilla (Selliah *et al.*, 2001). Los mecanismos de escape biodegradables se han incorporado en todas las pesquerías de cangrejo con trampas para impedir que las trampas perdidas en la pesquería continúen pescando. Estos mecanismos, comúnmente conocidos como cables de podredumbre o paneles de putrefacción, se degradan en pocos meses permitiendo al cangrejo escapar de la trampa (FOC, 2008).

Estudios de degradación de fibras naturales realizados

Los datos del reporte del cordón de escape (escape cord report) para la Junta de Pesquerías de Alaska (Alaska Board of Fisheries) indican que el cáñamo posee la mayor tasa de pérdida de las propiedades (4-8 semanas), a continuación el sisal (7-8 semanas), luego el yute (8-10 semanas) y finalmente el algodón (9-16 semanas dependiendo del grosor) (Redekopp *et al.*, 2006).

En el experimento desarrollado por Kumpf (1980) se utilizaron fibras naturales de calibre 16 y 22 de yute y sisal, se dispusieron en paneles de prueba bajo condiciones estáticas (pruebas en tanque) como en condiciones de flotabilidad (muelles). En la condición de libre flotabilidad, el yute y sisal duraron 42 días antes de deteriorarse y separarse. En la condición estática la fibra de sisal duro 89 días y la de yute se separó después de 65 días.

Las regulaciones de 1998 para la pesquería de Barbados dispuso que todas las nasas debían poseer un panel de escape, se realizó un estudio con diversos sujetadores biodegradables para paneles de escape, definiendo que el material más adecuado para su uso como elemento de fijación para la puerta de escape es la fibra de cáñamo, que se

degrada lo suficiente como para permitir que la puerta se abra en 22 hasta un máximo de 26 días. Otros materiales naturales que mostraron potencial son las tiras de caña y la cinta de papel. Se consideraron inadecuados como sujetadores las fibras de caña de lirio, corteza de coco y algodón número 6, ya que todos estos permanecieron intactos durante cinco semanas o más (Selliah *et al.*, 2001).

Un informe sumario a la Junta de Pesquerías de Alaska (Alaska Board of Fisheries) respecto a los mecanismos degradables de escape determinó que la fibra de algodón número 30 dura entre 50-106 días, el algodón número 42 dura entre 57-119 días y el número 60 dura entre 57-139 días en la ensenada de Cook (Kruse & Kimker, 1993). En un experimento llevado a cabo en Canadá se observó que las fibras de algodón número 60, 72 y 96 perdieron un 24, 13 y 63% de resistencia a la ruptura respectivamente luego de 124 días sumergidas, mientras que la fibra de cáñamo disminuyó un 71% y la fibra de sisal perdió un 80% de resistencia a la ruptura total luego de 124 días de inmersión (Legge *et al.*, 2009).

Factores que influyen en la degradación de las fibras naturales

Los administradores pesqueros de Alaska señalan que una mayor temperatura del agua disminuye el tiempo de degradación de la fibra (Departamento de Caza y Pesca de Alaska, 2006). Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto promueven un mayor tiempo de degradación (Redekopp *et al.*, 2006) debido a que las bacterias anaeróbicas generalmente son menos capaces de descomponer moléculas orgánicas complejas. Según Redekopp (2006) las fibras bajo tensión demoran un mayor tiempo en degradarse. La fibra está más compacta y por lo tanto posee menor espacio entre los elementos que la componen, por lo tanto existe un menor espacio para que la biodegradación se lleve a cabo en el interior de la fibra.

Pesquerías con trampas en Chile

En Chile existen varias pesquerías que utilizan trampas. La más extensa en número de especies es la pesquería de jaibas que esta constituida por una gran variedad de estas. Las más importantes en términos de volumen desembarcado son; jaiba marmola (*Cancer edwardsii*) con un 86% del desembarque nacional de jaibas (2004), le sigue la jaiba peluda (*Cancer setosus*) con un 3% y luego la jaiba mora (*Homalaspis plana*) con un 2% (Olguin *et al.*, 2006). En el Archipiélago de Juan Fernández las actividades pesqueras se concentran fundamentalmente en la explotación de la Langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) y Cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) (Arana *et al.*, 2010). En el extremo austral de Chile al sur del paralelo 40°S, se encuentra la pesquería mixta de Centolla (*Lithodes santolla*) y Centollón (*Paralomis granulosa*), ambas especies frecuentemente capturadas juntas en las costas de Tierra del Fuego (Lovrich *et al.*, 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del experimento

El experimento consistió en evaluar el cambio en las propiedades físicas de diversos materiales biodegradables en función del tiempo en que estos son sumergidos en agua de mar. Para ello, se aplicó un diseño experimental basado en la selección y disposición de una muestra de fibras naturales en un estanque con agua de mar.

Selección de las fibras disponibles en el mercado local

Se realizó una revisión de las fibras disponibles en los diversos puntos de venta de la V Región, se lograron identificar 3 tipos de fibras de fácil acceso y disponibles en diferentes diámetros, se escogieron las fibras de yute torcido de 6 mm, 3 mm y 2 mm, las fibras de algodón torcido de 5 mm, 3 mm y 2 mm, y las fibras de algodón trenzado de 5 mm, 3 mm y 2 mm. Dentro de los diámetros disponibles en el mercado para cada una de estas fibras, se escogió un valor alto (6 mm para el yute y 5 mm para ambas fibras de algodón) para lograr un buen punto de comparación frente a los menores diámetros de 3 mm y de 2 mm, siendo el diámetro de 2 mm el menor observado para estas fibras en el mercado. Las fibras seleccionadas en el mercado local varían en el tipo de construcción (torcido o trenzado), en el número de cordones (desde 1 a 16), en el número de hilazas por cordón, en el número de hilazas presentes en el alma (para los materiales de algodón trenzado) y difieren también en el número de hilazas totales que posee la fibra, con un rango entre las 5 y 88 hilazas (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las fibras seleccionadas disponibles en el mercado local.

Nº	Descripción	Denominación	Diámetro (mm)	Construcción	Nº cordones	Nº hilazas por cordón	Nº hilazas alma	Nº hilazas totales
1	Yute torcido 6 mm	Yutetorc6	6.0 ± 0.4	Torcido "Z"	3	7	/	21
2	Yute torcido 3 mm	Yutetorc3	3.0 ± 0.2	Torcido "S"	1	7	/	7
3	Yute torcido 2 mm	Yutetorc2	2.0 ± 0.1	Torcido "S"	1	5	/	5
4	Algodón torcido 5 mm	Algtorc5	5.0 ± 0.5	Torcido "Z"	3	15	/	45
5	Algodón torcido 3 mm	Algtorc3	3.3 ± 0.2	Torcido "Z"	3	20	/	60
6	Algodón torcido 2 mm	Algtorc2	2.5 ± 0.1	Torcido "Z"	3	10	/	30
7	Algodón trenzado 5 mm	Algotren5	5.2 ± 0.3	Trenzado	16	4	24	88
8	Algodón trenzado 3 mm	Algtren3	3.0 ± 0.2	Trenzado	16	2	8	40
9	Algodón trenzado 2 mm	Algtren2	2.0 ± 0.1	Trenzado	16	1	4	20

Modelo experimental

De acuerdo a los antecedentes respecto a la pesca fantasma y estudios de degradación de fibras naturales, se estableció como tiempo máximo de exposición al agua de mar 56 días, comprendidos entre el 22 de octubre y el 17 de diciembre del 2012. Con el fin de lograr cuantificar la pérdida de las propiedades de las fibras respecto al tiempo de exposición en el agua de mar, se estableció una medición de la resistencia a la ruptura y la elongación a la ruptura de 10 muestras de cada tipo de fibra para 5 periodos de tiempo. Para el tiempo inicial (tiempo 0 o control) se realizó la medición de 10 muestras de cada uno de los 9 tipos de fibras sin la exposición al agua de mar, para los 4 periodos restantes se dispusieron 10 muestras de cada fibra seleccionada en 4 bastidores respectivamente, con una longitud de las muestras de 50 cm, y un tamaño de bastidor de madera de 50 cm x 64 cm, todas las muestras fueron montadas una al lado de otra de forma paralela con una separación tal entre estas que se logre un flujo de agua permanente alrededor de la fibra (Fig. 1 a y b).

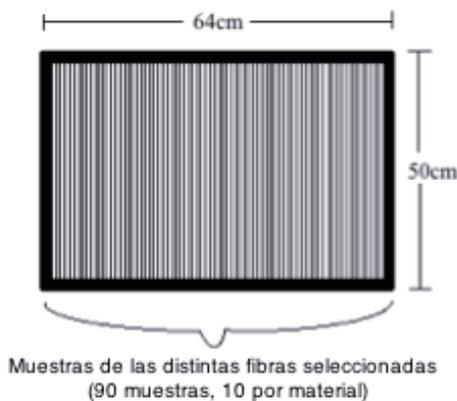


Figura 1a. Esquema del bastidor.



Figura 1b. Bastidor construido.

Se preparó un estanque de 0,5 m³ (Fig. 2) con agua de mar y se dispusieron los 4 bastidores apilados uno sobre otro en posición horizontal, estos fueron totalmente sumergidos mediante pesos para lograr el contacto de todas las fibras con el agua de mar (Fig. 3). Debido a los antecedentes respecto a los factores que influyen en la degradación de las fibras se decidió realizar un recambio de agua completo del estanque cada 3 días para mantener las características del experimento (temperatura agua de mar 15°C aproximadamente).



Figura 2. Estanque de 0,5 m³.



Figura 3. Bastidores sumergidos.

Medición de las propiedades físicas

Para la medición de la resistencia y elongación a la ruptura de las fibras se utilizó un dinamómetro Buraschi modelo Dyna 400DP (Fig. 5). Además estas mediciones fueron realizadas bajo los estándares de la norma ISO1805, 2006. Luego de haber transcurrido 14 días se retiró el primer bastidor, se dejó secar a la sombra por 5 días, y se realizó la medición de la resistencia a la ruptura y la elongación a la ruptura de las 10 muestras de cada fibra (90 muestras). A los 28 días se retiró el segundo bastidor y se realizó el mismo procedimiento, lo mismo para el tercer bastidor al día 42, finalmente se retiró el quinto y último bastidor al día 56 realizando el mismo estudio de las fibras.



Figura 4. Dinamómetro Buraschi 400DP.

Métodos de análisis

Una vez obtenidos los datos de resistencia a la ruptura y elongación a la ruptura para las diferentes fibras en cada periodo de experimentación, se procedió a elaborar una base de datos y a la construcción de tablas en planillas de cálculo de Microsoft Excel. En segundo lugar se realizó la construcción de diagramas de cajón con bigotes o box plot mediante Grapher 3 de Golden Software.

En lo que respecta al análisis estadístico, en primer lugar se aplicó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianza de las medias de resistencia y elongación a la ruptura con SSPS Statistics de IBM. Luego, si fuese necesario, se realizó la transformación de los datos para cumplir con los requisitos de normalidad y homocedasticidad de manera previa a la prueba de comparación de medias (ANOVA de un factor) mediante el mismo software estadístico.

Finalmente, se realizó un análisis por material para los diferentes tiempos de inmersión y un análisis para las diferentes fibras en un mismo tiempo de inmersión. Para una misma fibra en los diferentes periodos de tiempo se obtuvo una tasa de pérdida de la resistencia a la ruptura en el tiempo ($Y=a+bX$), estimándose esto mediante regresión lineal usando Excel de Microsoft. Para las diferentes fibras en un mismo periodo de tiempo se aplicó la prueba Tukey HSD (honestly significant difference) mediante el software SPSS Statistics. Se realizó una comparación de medias y se identificó cuales son significativamente diferentes e iguales entre si separándolas por grupos.

RESULTADOS

Desempeño de las fibras en el tiempo

a) Yute torcido 6 mm

La fibra de yute torcido de 6 mm (Yutetorc6) mostró una resistencia media a la ruptura (RMR) inicial de 66,3 kg (0 días). Luego de 56 días de reposo de las fibras en un estanque con agua de mar con renovación del agua cada 3 días se observó una RMR final de 66 kg. A lo largo del experimento se observaron valores máximos de RMR de 81,6 y 82,2 kg a los 14 y 42 días de inmersión respectivamente.

A través de la prueba de Levene se comprobó la homogeneidad de varianzas con un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,111$). Mediante un ANOVA se determinó que existen diferencias significativas ($F=6,749$; valor $p<0,01$) entre las medias de resistencia a la ruptura del Yutetorc6. Al realizar la comparación de todos los posibles pares de medias a través del test de Tukey HSD se determinó que existen dos grupos (Tabla 2). En el grupo 1 se encuentran los valores de resistencia media a la ruptura a los 0, 28 y 56 días, mientras que el grupo 2 esta compuesto los valores de RMR obtenidos a los 14, 28 y 42 días de inmersión.

A partir del día 42 se observó una disminución de la resistencia a la ruptura, calculándose una tasa de pérdida de 1,16 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 6). Esta decisión de realizar el ajuste con los datos de los días 42 y 56 responde a una tendencia general de los resultados de resistencia a la ruptura observados también en las otras fibras que se presentan más adelante.

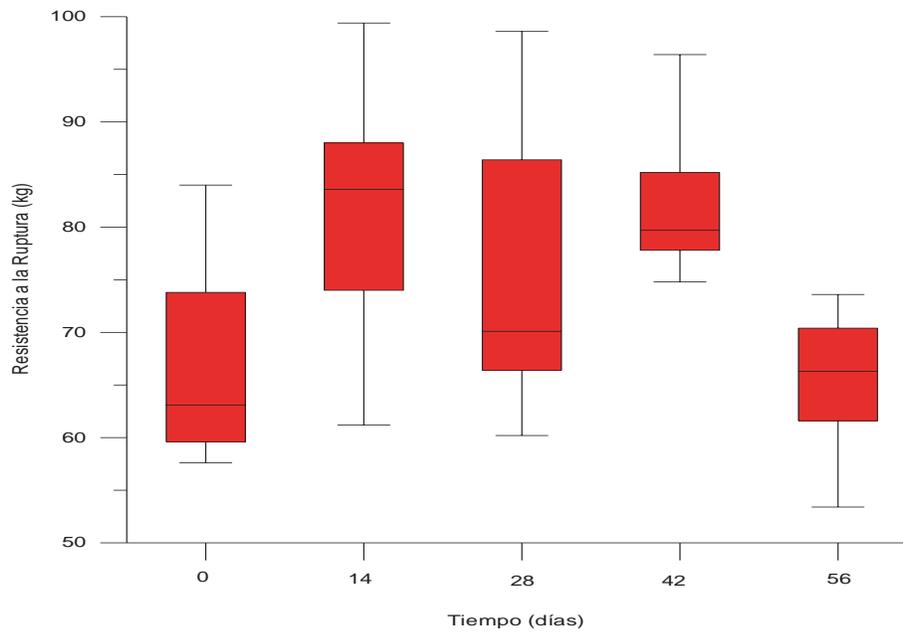


Figura 5. Resistencia a la ruptura Yute torcido 6 mm.

Tabla 2. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Yute torcido 6 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$	
		1	2
0	10	66,3	
14	10		81,6
28	10	75,4	75,4
42	10		82,2
56	10	66,0	
Sig.		0,203	0,520

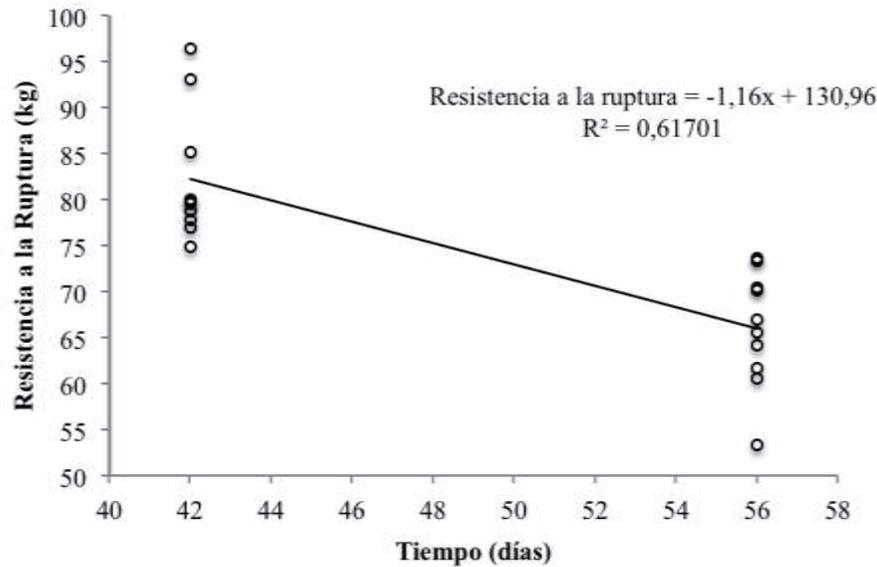


Figura 6. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Yute torcido 6 mm.

Esta fibra mostró una elongación media a la ruptura (EMR) mínima de 15% en las mediciones control (día 0). Se observó una EMR máxima de 24,9% a los 42 días de inmersión de las muestras en el estanque. Luego de 56 días de estudio se observó una EMR final de 16,2% (Fig. 7).

Se comprobó que existe homogeneidad de las varianzas al observar los resultados obtenidos en la prueba de Levene con un alfa 0,05 (valor $p=0,389$). Mediante el análisis de la varianza con un factor se determinó que existen diferencias significativas en las medias de elongación a la ruptura de la fibra de Yute torc6 ($F=27,709$; valor $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se logró determinar que existen tres grupos de medias (Tabla 3). El grupo uno esta compuesto por los valores de EMR observados el día 0 y día 56. Se observó que el grupo 2 esta conformado por los valores observados a los 14 y 28 días de experimentación. En el grupo 3 se encuentra la EMR observada a los 42 días.

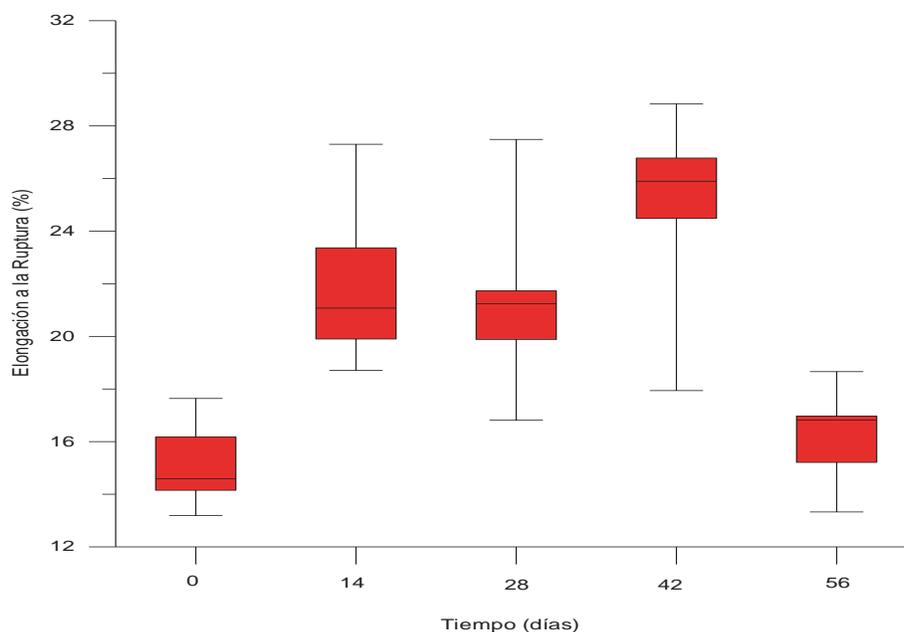


Figura 7. Elongación a la ruptura Yute torcido 6 mm.

Tabla 3. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Yute torcido 6 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10	15,0		
14	10		21,7	
28	10		21,2	
42	10			24,9
56	10	16,2		
Sig.		0,820	0,995	1,000

b) Yute torcido 3 mm

En las mediciones realizadas a las muestras de yute torcido de 3 mm (Yutetorc3) se observó una RMR inicial de 33,5 kg. Luego a los 14 días la RMR disminuyó a 30,9 kg. A partir de los 28 días de inmersión de las muestras en agua de mar se observó una disminución de la RMR, con un valor máximo observado de 35 kg a los 28 días y llegando finalmente a una RMR de 29,9 kg a los 56 días (Fig. 8).

Mediante la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 se comprobó la homogeneidad de las varianzas (valor $p=0,921$). A través de un análisis de la varianza con un factor se comprobó que no existen diferencias significativas entre las medias de resistencia a la ruptura para la fibra de Yutetorc3 ($F=2,240$; valor $p>0,01$). Se realizó el test

de Tukey HSD y se observó que solo existe un grupo de medias (Tabla 4), por lo tanto todos los valores de RMR son iguales y no existen diferencias significativas entre ellos.

Se obtuvo una tasa de pérdida de 0,18 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos de resistencia a la ruptura dada la disminución de la resistencia a la ruptura a partir del día 28 (Fig. 9).

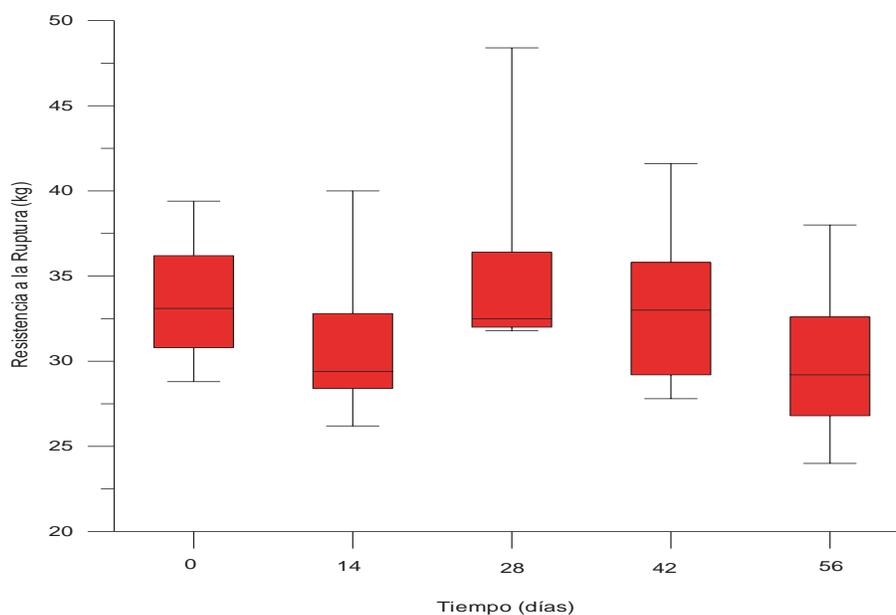


Figura 8. Resistencia a la ruptura Yute torcido 3 mm.

Tabla 4. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Yute torcido 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Timeo(días)	N	$\alpha = 0,05$
		1
0	10	33,5
14	10	30,9
28	10	35,0
42	10	33,2
56	10	29,9
Sig.		0,085

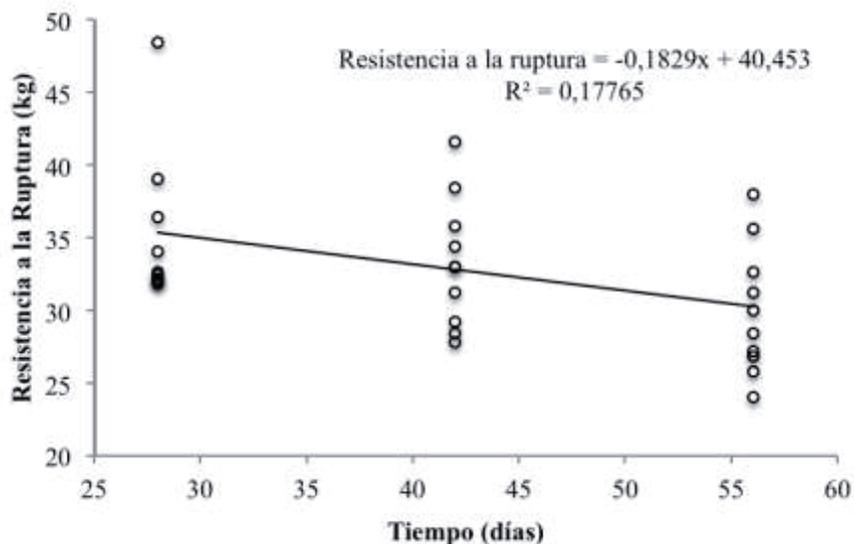


Figura 9. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Yute torcido 3 mm.

Esta fibra mostró una fluctuación de la EMR entre un mínimo 8,2% en el día 0 y un máximo de 13,4% a los 28 días. A los 42 días de inmersión la EMR comenzó a disminuir llegando a un valor de 10,2% a los 56 días de experimentación (Fig. 10).

Al realizar la prueba de Levene con un alfa de 0,05 se observó que existe homogeneidad de las varianzas (valor $p=0,284$). Para las medias de elongación a la ruptura de la fibra de Yutetorc3 existen diferencias significativas debido a los resultados obtenidos en el análisis de la varianza con un factor ($F=24,396$; $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se determinó que existen tres grupos. El grupo 1 esta compuesto por la EMR observada en las muestras control (día 0). En el grupo 2 se encuentran los valores de EMR observados a los 42 y 56 días. El grupo 3 esta compuesto por los valores de EMR observados a los 14 y 28 días de inmersión de las muestras (Tabla 5).

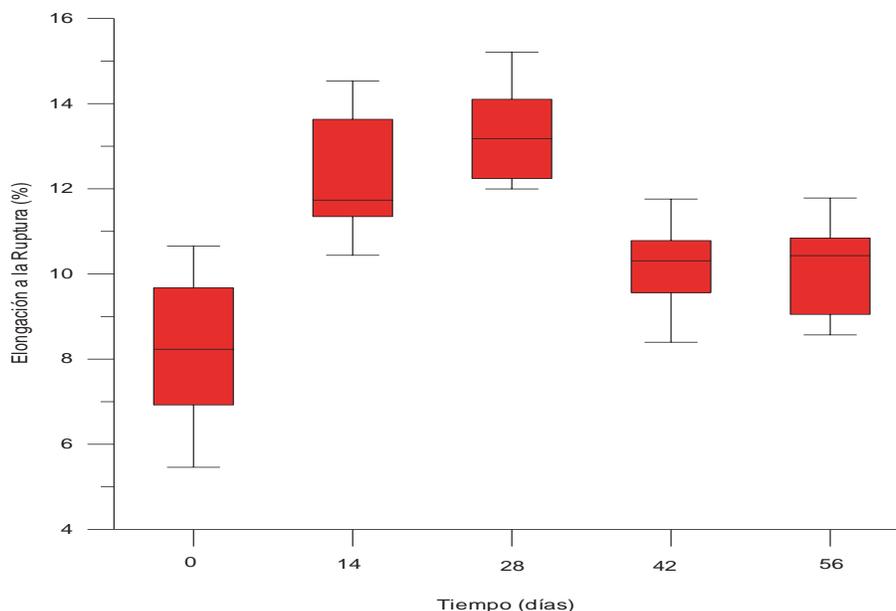


Figura 10. Elongación a la ruptura Yute torcido 3 mm.

Tabla 5. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Yute torcido 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10	8,2		
14	10			12,2
28	10			13,3
42	10		10,1	
56	10		10,2	
Sig.		1,000	1,000	0,293

c) Yute torcido 2 mm

La fibra de yute torcido de 2 mm (Yutetorc2) mostró una disminución de la RMR a través de los 56 días de experimentación. Inicialmente se observó una RMR máxima de 18,8 kg. Luego de 56 días de inmersión de las muestras en el estanque se observó una RMR mínima de 13,2 kg (Fig. 11).

Se realizó la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 y se aceptó la hipótesis de homogeneidad de varianzas (valor $p=0,903$). Se comprobó mediante un ANOVA que las medias de resistencia a la ruptura del Yutetorc2 son significativamente diferentes ($F=5,243$; $p<0,01$). Se realizó una comparación de medias mediante el test de

Tukey HSD y se identificó cuales son significativamente diferentes e iguales entre si separándolas por grupos (Tabla 6). Se observó que el primer grupo esta compuesto solo por la RMR de las muestras sumergidas por 56 días. Mientras que el grupo 2 esta compuesto por los valores de RMR observados a los 14, 28, 42 y 56 días de inmersión de las muestras.

Dada la disminución de la resistencia a la ruptura a partir del día 0, se obtuvo una tasa de pérdida de 0,083 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 12).

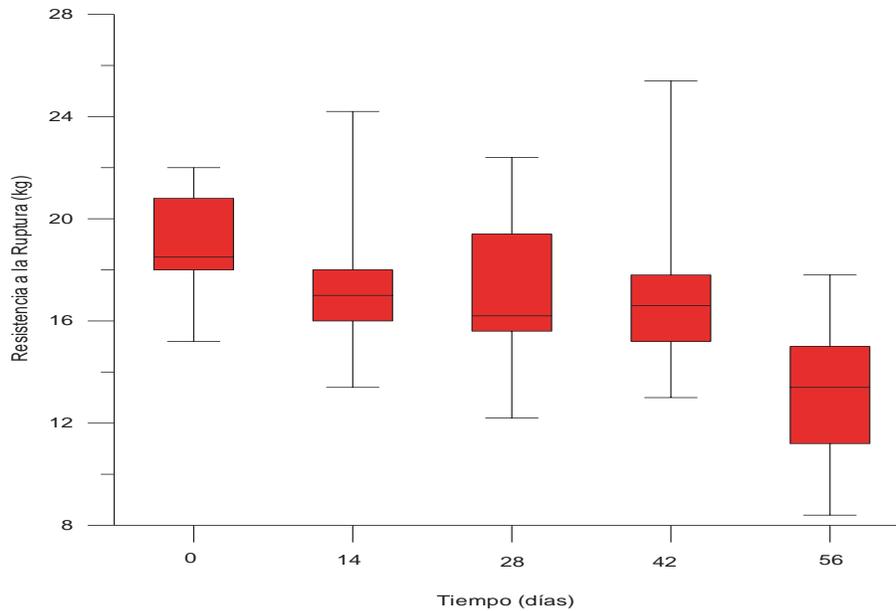


Figura 11. Resistencia a la ruptura Yute torcido 2 mm.

Tabla 6. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Yute torcido 2 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$	
		1	2
0	10		18,8
14	10		17,4
28	10		17,2
42	10		17,0
56	10	13,2	
Sig.		1,000	0,600

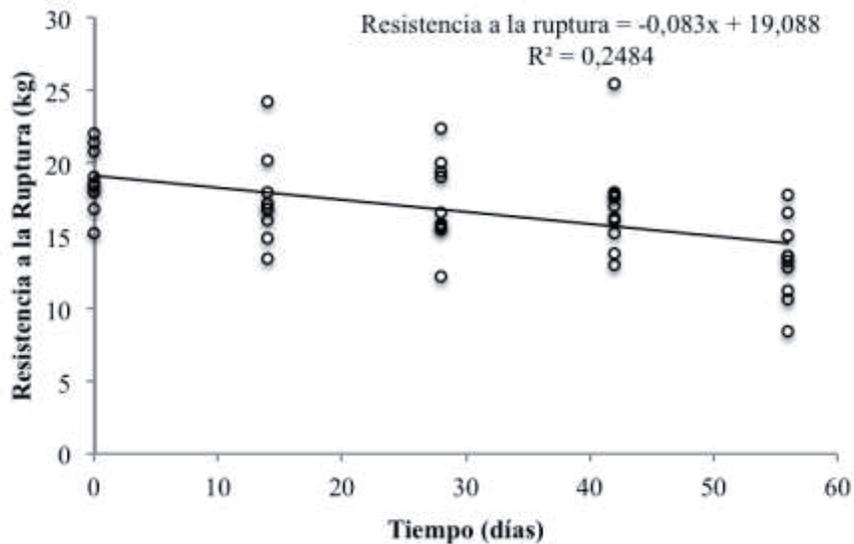


Figura 12. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Yute torcido 2 mm.

Para esta fibra se observó una EMR mínima inicial de 6%. A los 28 días de inmersión de las fibras se observó una EMR máxima de 8,4%. Luego de 56 días de experimentación la fibra de Yutetorc2 mostró una EMR final de 6,3% (Fig. 13).

Se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene con un alfa de 0,05 (valor $p=0,337$). Mediante un ANOVA se logró determinar que existen diferencias significativas en las medias de resistencia a la ruptura del Yutetorc2 ($F=9,301$; $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se identificó que existen dos grupos de medias de elongación a la ruptura. Se observó que el grupo 1 esta formado por los valores de EMR obtenidos a los 0 y 56 días de inmersión de las muestras, valores de EMR significativamente diferentes a los obtenidos en los días 14, 28 y 42, que juntos conforman el grupo 2 (Tabla 7).

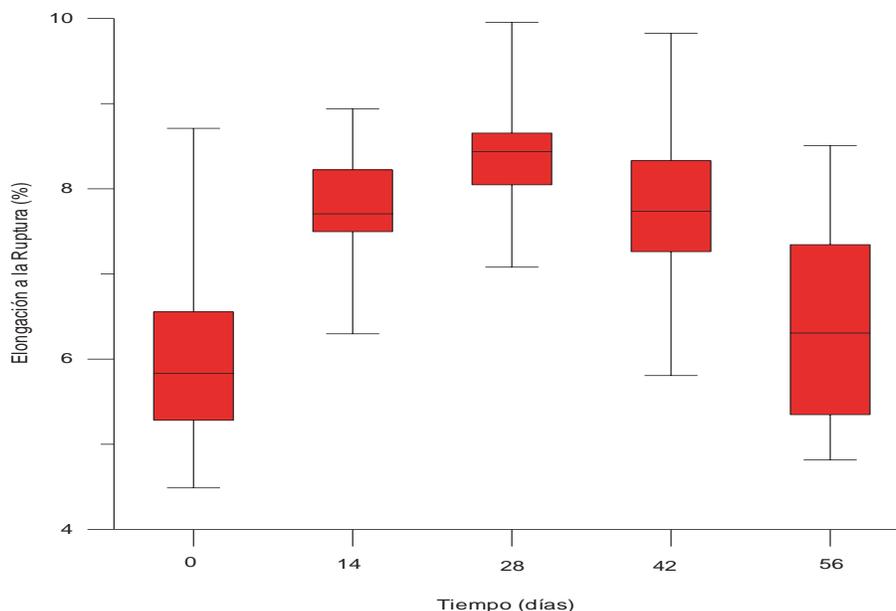


Figura 13. Elongación a la ruptura Yute torcido 2 mm.

Tabla 7. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Yute torcido 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$	
		1	2
0	10	6,0	
14	10		7,7
28	10		8,4
42	10		7,7
56	10	6,3	
Sig.		0,937	0,650

d) Algodón torcido 5 mm

En las mediciones realizadas para la fibra de algodón torcido de 5 mm (Algtor5) se observó un aumento de la RMR en los tres primeros periodos de experimentación, luego a partir de los 28 días se produjo una disminución de la RMR. Para las muestras medidas en el control se observó una RMR de 39,2 kg. A los 28 días se obtuvo una RMR máxima de 42,5 kg. La RMR disminuyó finalmente a 17,5 kg después de 56 días de inmersión de las fibras en agua de mar (Fig. 14).

Mediante la prueba de Levene se comprobó que existe homogeneidad de varianzas (nivel de significación 0,05) (valor $p=0,06$). Además con un análisis de la varianza con un factor (ANOVA) se demostró que existen diferencias significativas en las medias de resistencia a la ruptura para el Algtorc5 ($F=59,594$; $p<0,01$). Se realizó el test de Tukey

HSD para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, se obtuvieron 3 grupos. El primer grupo esta conformado por los valores de RMR obtenidos a los 0, 14 y 28 días de reposo de las muestras en agua de mar. El grupo 2 esta compuesto por la RMR de las mediciones realizadas a los 42 días de experimentación. En el tercer y ultimo grupo se encuentra la RMR que se obtuvo a los 56 días de inmersión (Tabla 8).

A partir de los 28 días de experimentación la resistencia a la ruptura del Algorc5 mostró una disminución a través del tiempo, se obtuvo una tasa de pérdida de 0,89 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 15).

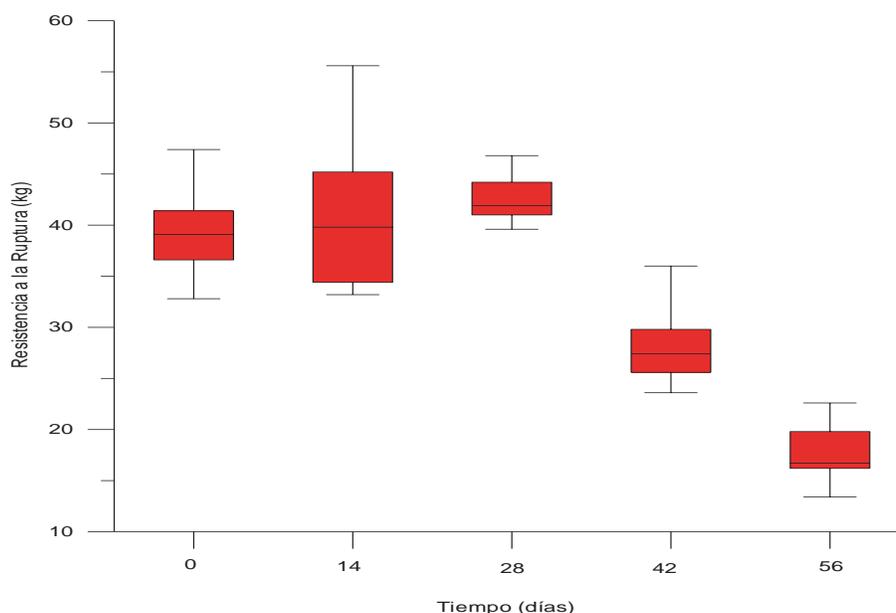


Figura 14. Resistencia a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

Tabla 8. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Algodón torcido 5 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10			39,2
14	10			41,0
28	10			42,5
42	10		28,2	
56	10	17,5		
Sig.		1,000	1,000	0,466

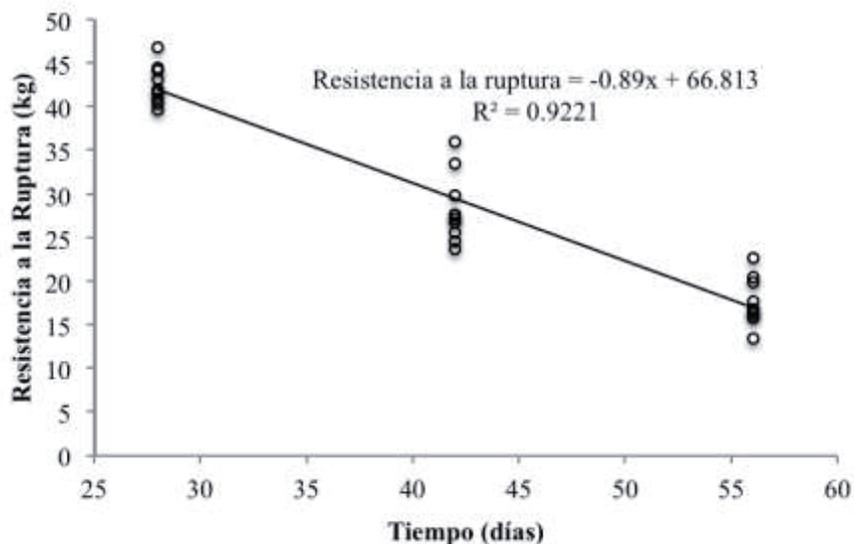


Figura 15. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón torcido 5 mm.

Para esta fibra se observó una EMR inicial de 25,9% en las muestras control. A los 28 días de inmersión de las muestras se obtuvo el valor máximo de EMR (28,2%). A partir de los 28 días se observó una disminución de la EMR llegando finalmente a un valor de 17,1% luego de 56 días de experimentación (Fig. 16).

Se comprobó la homogeneidad de varianzas para el Algorc5 mediante la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,248$). Se comprobó que existen diferencias significativas entre las medias de elongación a la ruptura mediante el análisis de la varianza con un factor ($F=34,753$; $p<0,01$). Al comparar si las medias son significativamente diferentes unas de otras mediante el test de Tukey HSD se observó que existen 4 grupos de medias. El grupo 1 esta compuesto por la EMR obtenida a los 56 días. El grupo 2 lo conforma el valor de EMR que se obtuvo a los 42 días. El grupo 3 se compone por los valores de EMR observados a los 0 y 14 días de inmersión de las muestras. El cuarto y ultimo grupo esta conformado por los valores de EMR que se obtuvieron de las muestras control (día 0) y de las muestras sumergidas por 28 días (Tabla 9).

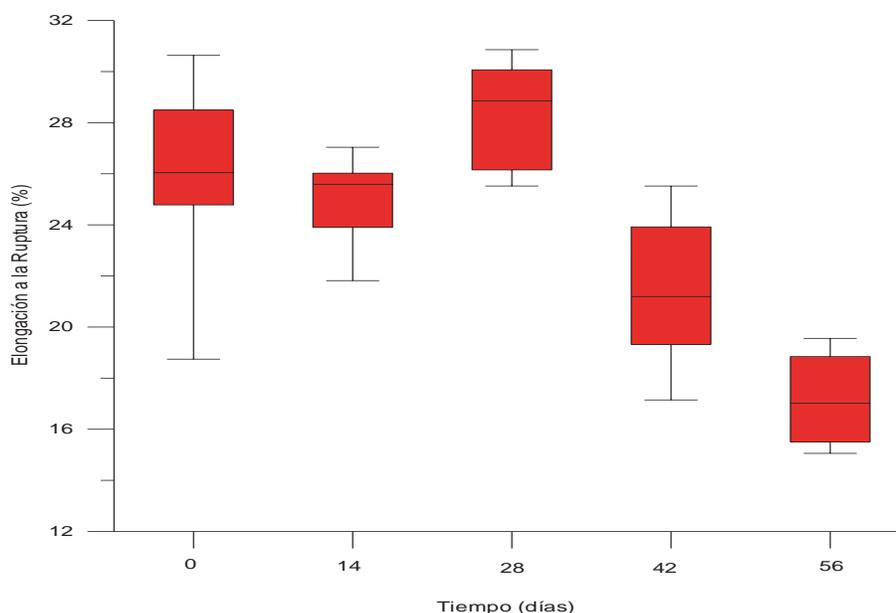


Figura 16. Elongación a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

Tabla 9. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón torcido 5 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
0	10			25,9	
14	10			25,0	
28	10				28,2
42	10		21,5		25,9
56	10	17,1			
Sig.		1,000	1,000	0,914	0,192

e) Algodón torcido 3 mm

En las mediciones realizadas para el algodón torcido de 3 mm (Algtorc3) se observó un aumento inicial de la RMR. En las muestras control se obtuvo una RMR de 26,5 kg. Luego a los 14 días de experimentación se observó una máxima RMR de 28,6 kg. A partir del día 14 la RMR comenzó a disminuir, llegando a los 56 días a un valor de 23 kg (Fig. 17).

Mediante la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 se aceptó la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas (valor $p=0,602$). Se comprobó que hay

diferencias significativas en las medias de resistencia a la ruptura del Algtorc3 para los diferentes periodos de experimentación, esto se logró mediante el análisis de la varianza con un factor (ANOVA) ($F=21,077$; $p<0,01$). Con el test de Tukey HSD se obtuvieron 3 grupos determinando así las medias que son significativamente diferentes unas de otras. Se observó que el primer grupo esta compuesto por las resistencias medias a la ruptura obtenidas a los 28, 42 y 56 días de experimentación. El grupo 2 está conformado por los valores observados a los 0 y 28 días de reposo de las muestras en agua de mar. Finalmente el tercer y ultimo grupo lo compone la RMR que se obtuvo en las mediciones realizadas a los 14 días de experimentación (Tabla 10).

A partir de los 14 días de reposo en agua de mar, la fibra de Algtorc3 mostró una disminución de la resistencia a la ruptura por lo que se determinó una tasa de pérdida de 0,12 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 18).

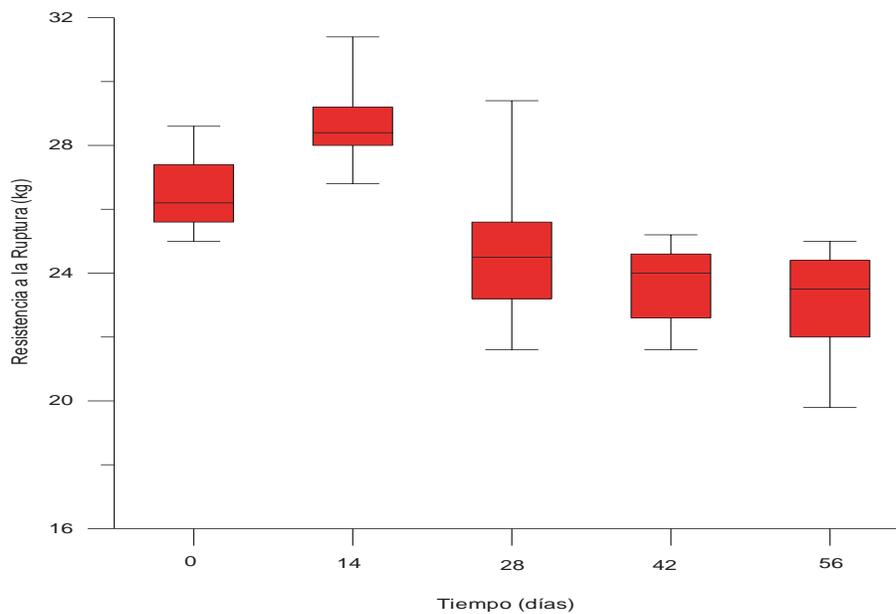


Figura 17. Resistencia a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

Tabla 10. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Algodón torcido 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10		26,5	
14	10			28,6
28	10	24,6	24,6	
42	10	23,6		
56	10	23,0		
Sig.		0,196	0,066	1,000

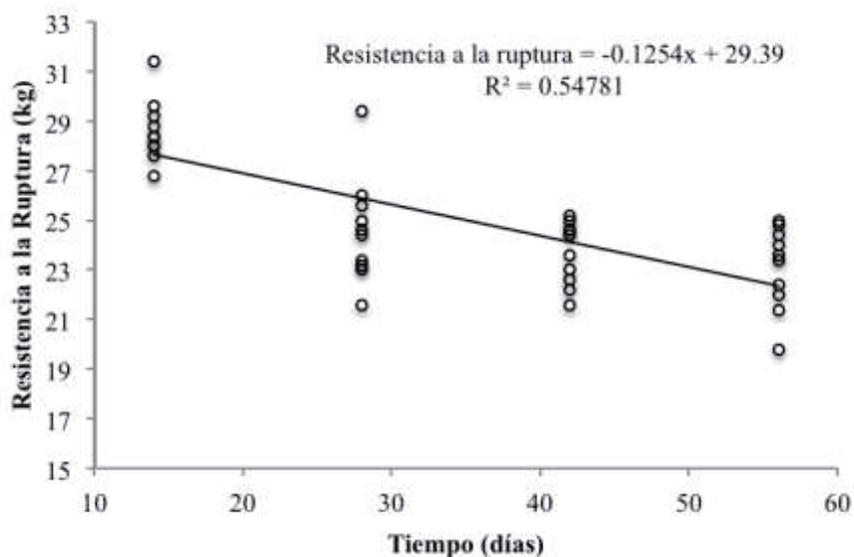


Figura 18. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón torcido 3 mm.

Para esta fibra se observó una EMR inicial de 30,2% (día 0). A los 14 días se obtuvo el valor máximo de EMR (31,9%). Para las mediciones realizadas a los 56 días se observó una EMR de 30,6%; mínimo valor observado a lo largo de los 56 días de inmersión de las muestras (Fig. 19.)

Mediante la prueba de Levene se comprobó que existe una homogeneidad de varianzas, aceptando así la hipótesis a un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,151$). Con un ANOVA se probó que no existen diferencias significativas entre las medias de elongación a la ruptura para el Algtorc3 ($F=1,276$; $p>0,01$). Según lo obtenido en el test de Tukey HSD todas las medias de elongación a la ruptura son iguales y pertenecen a un mismo grupo (Tabla 11).

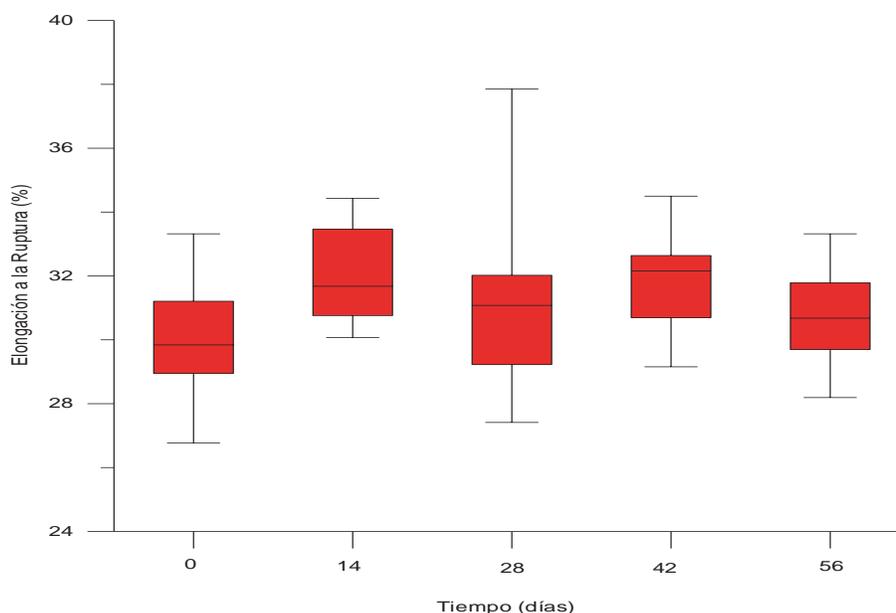


Figura 19. Elongación a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

Tabla 11. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón torcido 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$ 1
0	10	30,2
14	10	31,9
28	10	31,2
42	10	31,8
56	10	30,6
Sig.		0,329

f) Algodón torcido 2 mm

En el estudio realizado para la fibra de algodón torcido de 2 mm (Algtorc2) se observó una resistencia media a la ruptura (RMR) de 16,6 kg en el día 0 (control). A los 14 días de inmersión en agua de mar este valor aumentó a 19,9 kg y a partir del siguiente muestreo se registró una disminución de la RMR, llegando a una RMR mínima de 4,7 kg a los 56 días (Fig. 20).

De acuerdo al resultado de la prueba de Levene, se aceptó la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas al nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,158$). Luego, mediante el análisis de la varianza con un factor (ANOVA), se comprobó que hay diferencias significativas en las medias de la resistencia a la ruptura del Algortc2 para los diferentes periodos de tiempo ($F=275,224$; $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se determinaron las medias que son significativamente diferentes una de otras. De esta manera se obtuvieron 4 grupos (Tabla 12). Los valores de RMR son iguales para las mediciones realizadas el día 0 y el día 28, perteneciendo así a un mismo grupo. Por otro lado los valores de RMR observados en los periodos de tiempo restantes (14, 42 y 56 días) presentaron diferencias significativas entre si, y pertenecen cada uno a un grupo distinto.

Dada la reducción de la resistencia a la ruptura a partir del día 14, se determinó una tasa de pérdida de 0,37 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 21).

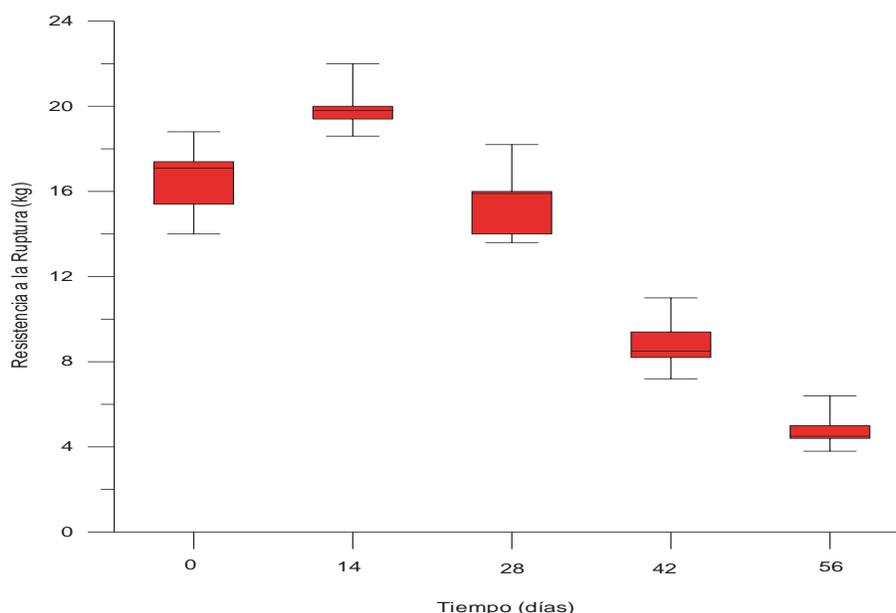


Figura 20. Resistencia a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

Tabla 12. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Algodón torcido 2 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
0	10			16,6	
14	10				19,9
28	10			15,5	
42	10		8,8		
56	10	4,7			
Sig.		1,000	1,000	0,247	1,000

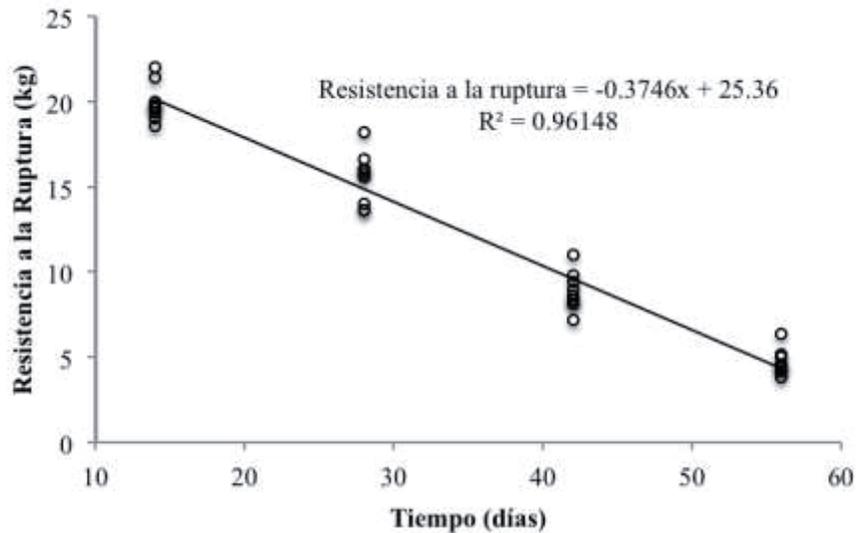


Figura 21. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón torcido 2 mm.

Respecto a la elongación media a la ruptura (EMR) se observó para esta fibra un valor de 23,2% para el día 0 (control). Luego se produjo un aumento de la EMR hasta un máximo de 30,3% a los 14 días de exposición de las muestras al agua de mar. Posteriormente el material mostró una disminución de la EMR a través del tiempo de experimentación, observándose un valor final mínimo de 14,4% para las muestras sumergidas por 56 días (Fig. 22.)

La prueba de Levene dio como resultado una homogeneidad de varianzas, aceptando así la hipótesis a un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,286$). Mediante el ANOVA se probó que existen diferencias significativas entre las medias de elongación a la ruptura para el Algторс2 ($F=94,001$; $p<0,01$). Según lo obtenido en el test de Tukey HSD existen 4 grupos de medias de elongación a la ruptura. El grupo 1 esta conformado por las mediciones realizadas a los 0 y 28 días. Por otro lado los grupos 2, 3 y 4 se componen por los valores de EMR observados a los 14, 42 y 56 días respectivamente (Tabla 13).

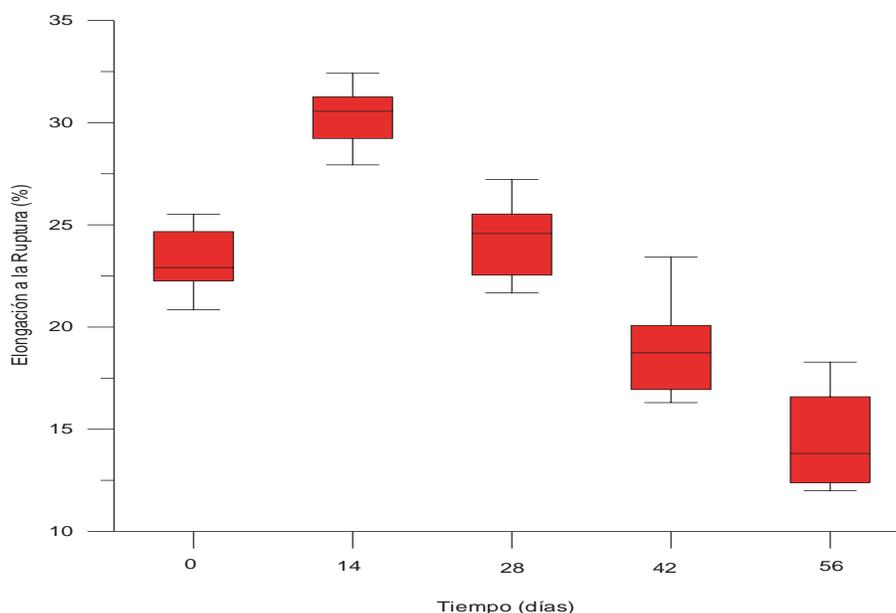


Figura 22. Elongación a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

Tabla 13. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón torcido 2 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
0	10			23,1	
14	10				30,3
28	10			24,3	
42	10		19,0		
56	10	14,4			
Sig.		1,000	1,000	0,650	1,000

g) Algodón trenzado 5 mm

En las mediciones realizadas se observó que el algodón trenzado de 5 mm (Algtren5) posee una RMR inicial de 42,4 kg. Esta fibra experimentó una RMR máxima de 42,9 kg a los 14 días de inmersión. Luego de 56 días de experimentación se obtuvo una RMR mínima de 33,6 kg (Fig. 23).

Dado que con la prueba de Levene se rechazó la homogeneidad de varianzas a un nivel de alfa 0,05, se procedió a la transformación de las variables, se observó que a pesar de la transformación persiste el rechazo de la hipótesis al nivel de alfa 0,05, no obstante a nivel de 0,01 la hipótesis es aceptada con una transformación a logaritmo natural de la resistencia a la ruptura (valor $p=0,016$). Se comprobó que existen diferencia significativas en las medias de resistencia a la ruptura del Algtren5 con un análisis de la varianza con un

factor ($F=32,618$; $p<0,01$). Se realizó el test de Tukey HSD para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras realizando todas las posibles combinaciones de medias. De esta manera se obtuvieron 3 grupos. Se observó que el grupo 3 está formado por los valores de RMR obtenidos a los 0, 14 y 28 días. Las medias de resistencia a la ruptura restantes observadas a los 42 y 56 días pertenecen cada una a un grupo distinto y son significativamente diferentes de las demás (Tabla 14).

Debido a la disminución de la resistencia a la ruptura del Algtrén5 a partir del día 14 se calculó una tasa de pérdida de 0,22 kg/día a través de un ajuste lineal de los datos (Fig. 24).

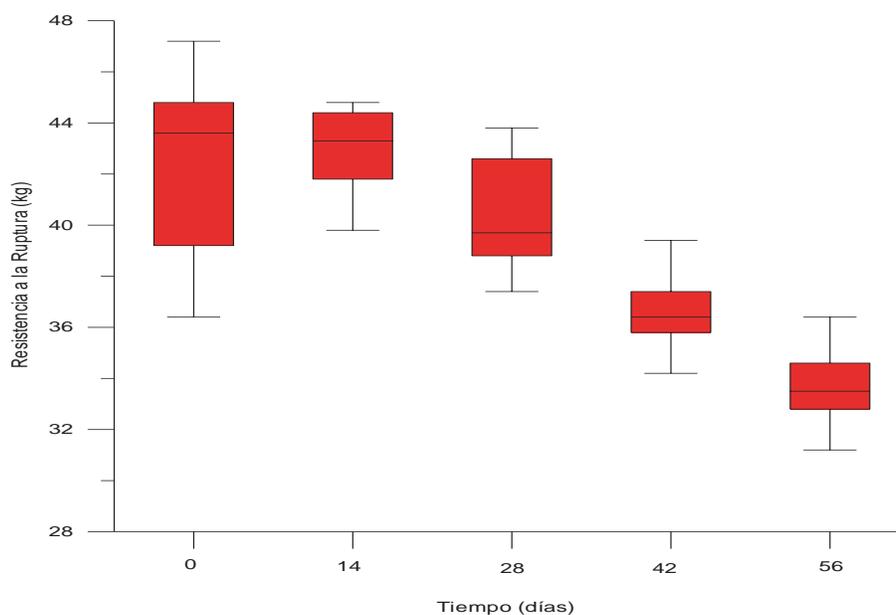


Figura 22. Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

Tabla 14. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura (transformación a Ln) Algodón trenzado 5 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10			3,7
14	10			3,7
28	10			3,6
42	10		3,5	
56	10	3,5		
Sig.		1,000	1,000	0,091

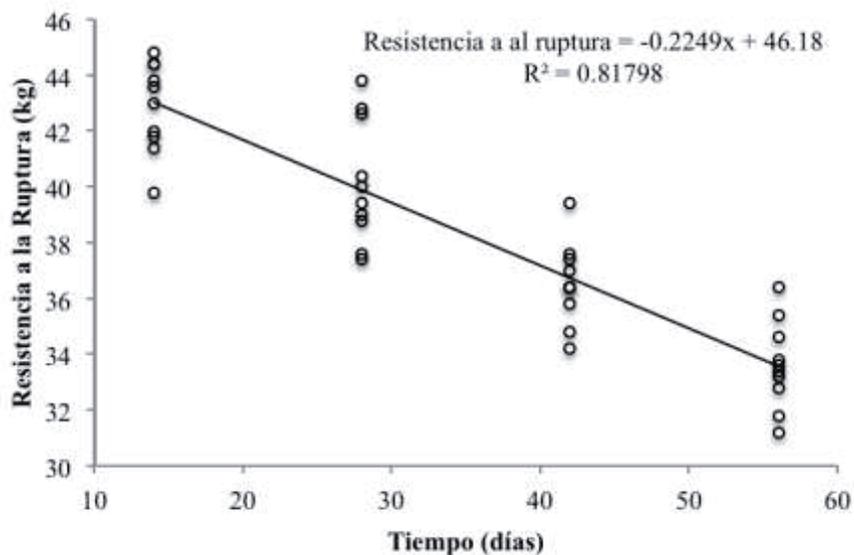


Figura 23. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón trezado 5 mm.

Se observó para esta fibra una EMR mínima de 38,5% para las muestras control (0 días). A continuación se produjo un aumento de la EMR hasta que se llegó a un valor máximo de 52,3% a los 28 días. Luego la EMR disminuyó alcanzando un 50,7% después de 56 días de inmersión en el estanque (Fig. 24).

Se comprobó que existe homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene con un nivel de alfa de 0,05 (valor $p=0,694$). Mediante el análisis de la varianza con un factor se observó que existen diferencias significativas en las medias de elongación a la ruptura para el Algtrén5 ($F=21,272$; $p<0,01$). Con el test de Tukey HSD se obtuvieron dos grupos. Se observó que el grupo 1 se conforma por la EMR observada en el día 0, por lo tanto este valor es significativamente diferente a todas las medias de elongación a la ruptura restantes que pertenecen al grupo 2 (Tabla 15).

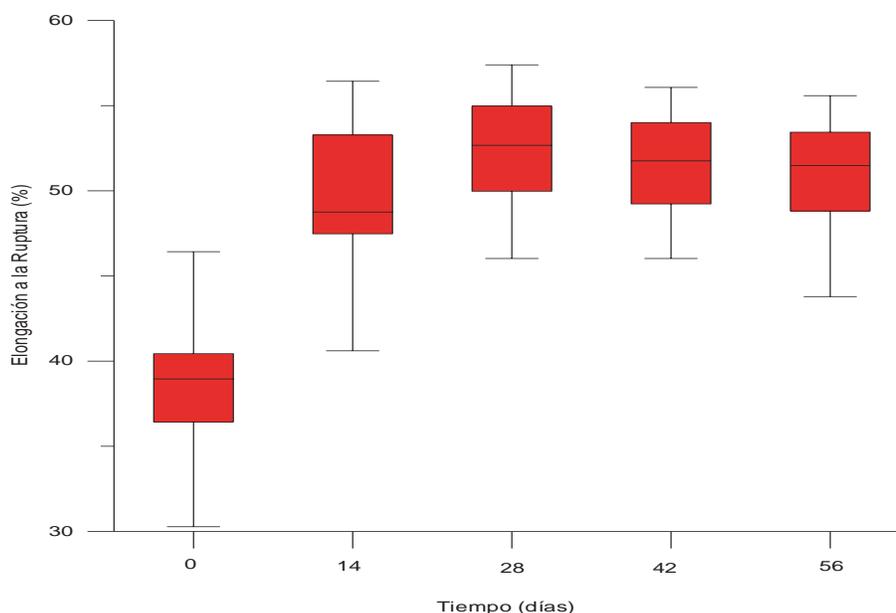


Figura 24. Elongación a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

Tabla 15. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón trenzado 5 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$	
		1	2
0	10	38,5	
14	10		49,8
28	10		52,3
42	10		51,6
56	10		50,7
Sig.		1,000	0,593

h) Algodón trenzado 3 mm

Para las muestras de algodón trenzado de 3 mm (Algtren3) se observó una RMR inicial de 18,6 kg. A los 14 días se obtuvo una RMR de 18,4 kg. A partir de este día se observó una disminución de la resistencia a la ruptura a través del tiempo llegando a una RMR mínima de 11 kg a los 56 días de inmersión de las fibras en agua de mar (Fig. 25).

De acuerdo al resultado de la prueba de Levene, se rechazó la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas al nivel de significación de 0,05, por lo tanto se realizó una transformación de los datos, en este caso al transformar la variable se observó que persiste el rechazo de la homogeneidad al nivel de alfa 0,05, no obstante a nivel de 0,01 la hipótesis es aceptada con una transformación a logaritmo natural de la resistencia la ruptura (valor $p=0,013$). Mediante un ANOVA se comprobó que existen diferencias significativas para las

medias de resistencia a la ruptura para el Algtrén3 ($F=93,975$; $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se obtuvieron 4 grupos compuestos por las diferentes resistencias medias a la ruptura observadas a través del tiempo. Para esto se determinaron las medias que son significativamente diferentes unas de otras comparando todas las posibles combinaciones de medias (Tabla 16). Los valores de RMR son iguales para las mediciones realizadas el día 0 y 14, perteneciendo así a un mismo grupo, mientras que la RMR observada a los 28, 42 y 56 presentaron diferencias significativas, y pertenecen cada una a grupos distintos.

Dada la disminución de la resistencia a la ruptura a través del tiempo se estimó una tasa de pérdida de 0,17 kg/día utilizando un ajuste lineal de los datos (Fig. 26).

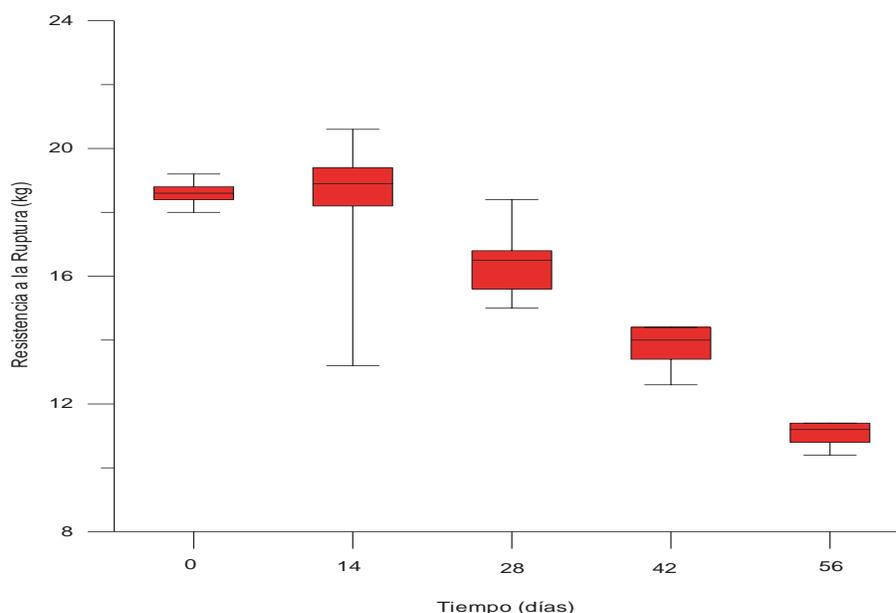


Figura 25. Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

Tabla 16. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura (transformación a Ln) Algodón trenzado 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
0	10				2,9
14	10				2,9
28	10			2,7	
42	10		2,6		
56	10	2,4			
Sig.		1,000	1,000	1,000	0,991

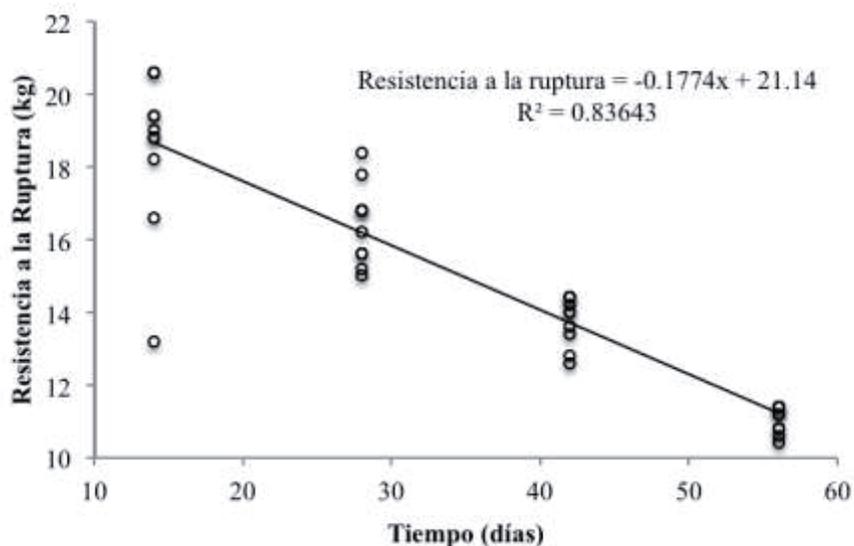


Figura 26. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

Para esta fibra se observó una EMR mínima inicial de 16,4% en las mediciones control. Luego de 56 días de inmersión de las muestras se observó una RMR de 21,4%. A los 28 días la fibra mostró una EMR máxima de 23,6% (Fig. 27).

Se comprobó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,713$). A través de un análisis de la varianza con un factor se determinó que existen diferencias significativas entre las medias de elongación a la ruptura del Algtrén3 para los diferentes periodos de experimentación ($F=32,640$; $p<0,01$). A través de el test de Tukey HSD se identificaron tres grupos con medias iguales. En el grupo 1 se encuentra la EMR observada en las mediciones control (día 0). El grupo 2 esta compuesto por los valores de EMR obtenidos a los 14, 42 y 56 días. El grupo 3 se observó que esta compuesto por la EMR observada a los 14, 28 y 42 días de inmersión (Tabla 17).

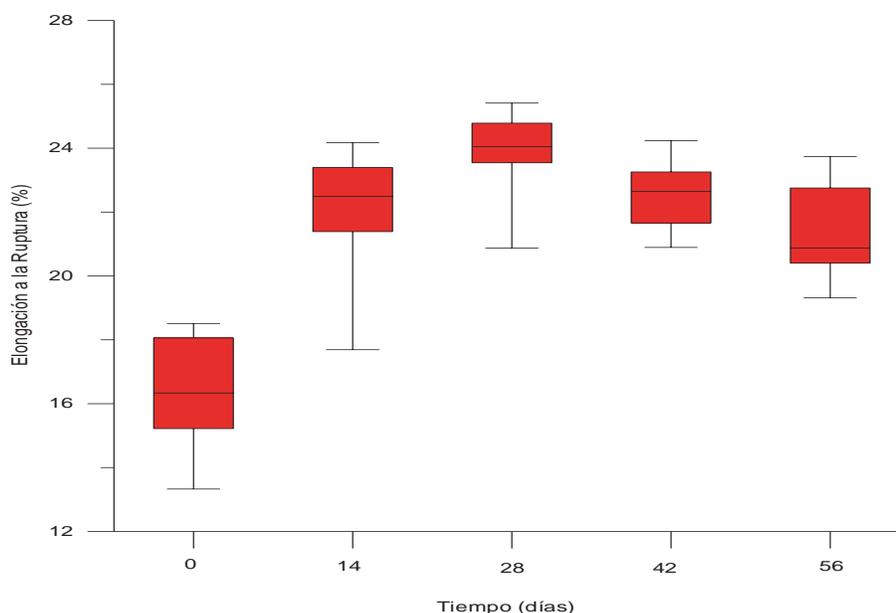


Figura 27. Elongación a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

Tabla 17. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón trenzado 3 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10	16,4		
14	10		22,1	22,1
28	10			23,6
42	10		22,5	22,5
56	10		21,4	
Sig.		1,000	0,548	0,208

i) Algodón trenzado 2 mm

La fibra de algodón trenzado de 2 mm (Algtren2) mostró una RMR inicial de 11,7 kg. A los 14 días de inmersión se observó una RMR de 12,2 kg. A partir de este día la RMR disminuyó llegando a un valor mínimo de 6,7 kg luego de haber estado las muestras sumergidas por 56 días (Fig. 28).

La homogeneidad de varianzas se comprobó mediante la prueba de Levene con un nivel de significación de 0,05 (valor $p=0,851$). Se demostró que existen diferencias significativas en las medias de resistencia a la ruptura del Algtren2 gracias al análisis de la varianza con un factor (ANOVA) ($F=244,688$; $p<0,01$). Mediante en test de Tukey HSD se logró determinar que existen cuatro grupos de medias que son significativamente diferentes unas de otras. El grupo 4 esta compuesto por los valores de RMR observados en el día 0 y

14. Las resistencias medias a la ruptura observadas a los 28, 42 y 56 presentaron diferencias significativas, y pertenecen cada una a grupos distintos (grupo 3, 2 y 1 respectivamente) (Tabla 18).

Dada la disminución de la resistencia a la ruptura a partir del día 14, se obtuvo una tasa de pérdida de 0,13 kg/día mediante un ajuste lineal de los datos obtenidos (Fig. 29).

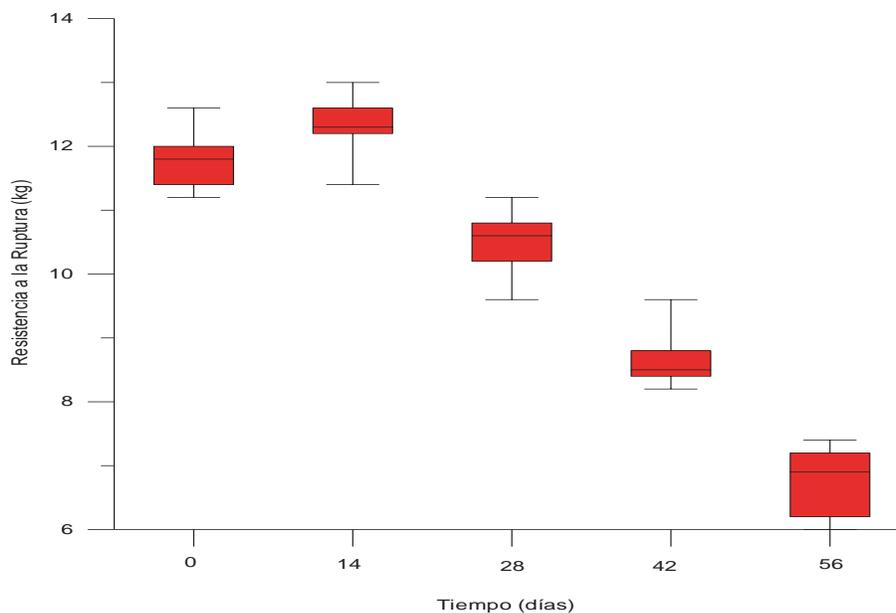


Figura 28. Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

Tabla 18. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura Algodón trenzado 2 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
0	10				11,7
14	10				12,2
28	10			10,5	
42	10		8,6		
56	10	6,7			
Sig.		1,000	1,000	1,000	0,103

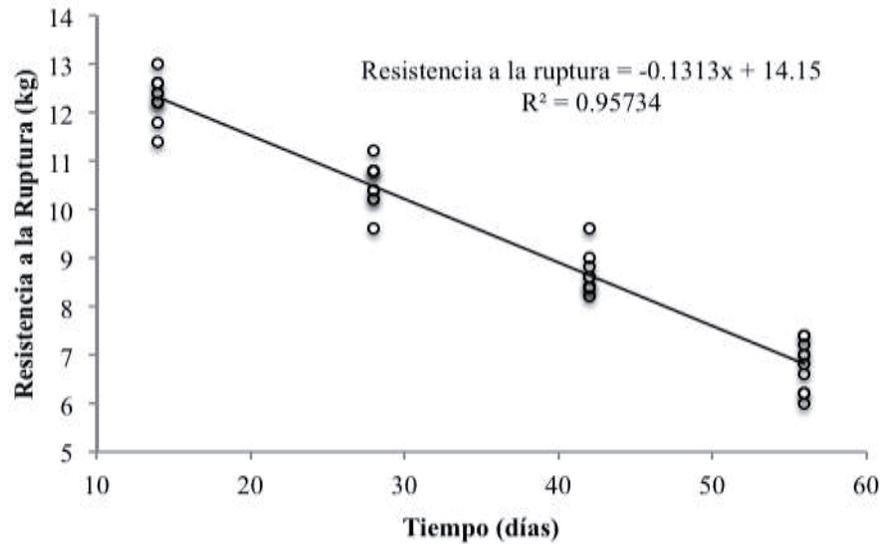


Figura 29. Tasa de pérdida de la resistencia la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

Para esta fibra se observó una EMR inicial de 28,1% (día 0). A los 14 días se observó una EMR máxima de 32%. A partir de los 14 días se produjo una disminución lineal de la EMR alcanzando un valor mínimo de 25,7% luego de 56 días de inmersión de las muestras (Fig. 30).

Se logró determinar que existe homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene (nivel de significación 0,05) (valor $p=0,145$). Con un ANOVA se comprobó que existen diferencias significativas para las medias de elongación a la ruptura del Algren2 ($F=11,116$; $0 < 0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se lograron identificar tres grupos de medias. El grupo 1 esta compuesto por los valores de EMR observados el día 0, 42 y 56. En el grupo 2 se encuentran los valores de EMR de las mediciones realizadas el día 0 y el día 28. El tercer y último grupo esta conformado por los valores medios de elongación a la ruptura obtenidos en las mediciones realizadas a los 14 y 28 días de inmersión de las muestras (Tabla 19).

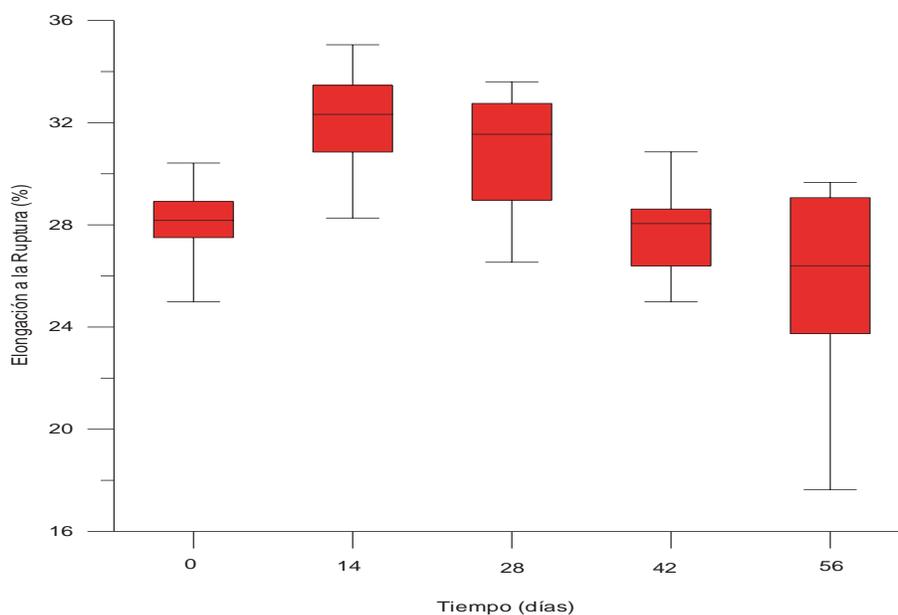


Figura 30. Elongación a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

Tabla 19. Agrupamiento de valores de elongación media a la ruptura Algodón trenzado 2 mm usando la prueba HSD de Tukey según el tiempo de inmersión en el agua.

Tiempo (días)	N	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
0	10	28,1	28,1	
14	10			32,0
28	10		30,8	30,8
42	10	27,8		
56	10	25,7		32,0
Sig.		0,199	0,093	0,801

Comparación de las fibras para un mismo periodo de tiempo

a) 0 días de inmersión (control)

A través de un análisis de la varianza con un factor (ANOVA) se comprobó que existen diferencias significativas en los valores de RMR de las fibras en las mediciones realizadas el día 0 o control ($F=203,684$; $p<0,01$).

Al realizar todas las posibles comparaciones de medias mediante el test de Tukey HSD se determinó que existen seis grupos de medias (Tabla 20). Se observó que en el día 0 la RMR del Algtrén2 y del Algtrc2 pertenecen a un mismo grupo (grupo 1), y por lo tanto son iguales. En el grupo 2 se encuentran las resistencias medias a la ruptura de las fibras de Algtrc2, Algtrén3 y Yutetorc2. Se observó que la RMR del Algtrc5 y del Algtrén5 son iguales y pertenecen al grupo 5, mientras que las fibras de Algtrc3, Yutetorc3 y Yutetorc6 poseen valores de RMR que son significativamente diferentes a los demás valores presentes en el día 0 y cada uno pertenece a un grupo distinto.

Se observó que en las mediciones control (día 0) la fibra de Yutetorc6 posee el valor máximo de RMR (66,3 kg). En segundo lugar se encuentra la RMR de la fibra de Algtrén5, con un valor observado de 42,4 kg. Con una RMR de 39,2 kg se encuentra en tercer lugar la fibra de Algtrén5. Se observó que la menor RMR la posee el Algtrén2 con 11,7 kg (Fig. 31).

Tabla 20. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura de las fibras en el día 0 usando la prueba HSD de Tukey.

Material	N	$\alpha = 0,05$					
		1	2	3	4	5	6
Algtrén2	10	11,7					
Algtrén3	10		18,6				
Algtrén5	10					42,4	
Yutetorc2	10		18,8				
Yutetorc3	10				33,5		
Yutetorc6	10						66,3
Algtrc2	10	16,6					
Algtrc3	10			26,5			
Algtrc5	10					39,2	
Sig.		0,110	0,926	1,000	1,000	0,641	1,000

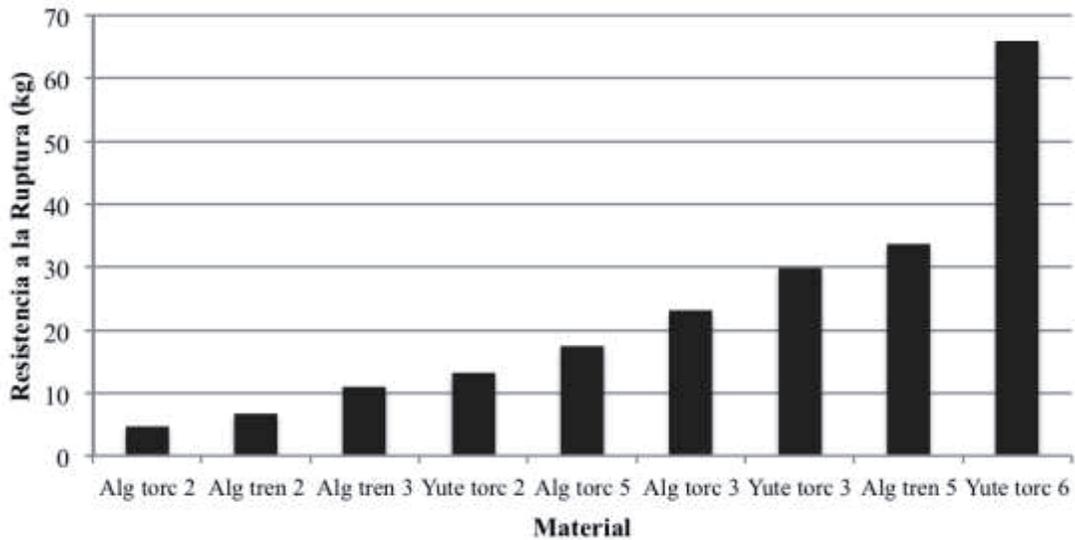


Figura 31. Resistencia a la ruptura de las fibras en el día 0.

b) 14 días de inmersión

Mediante un ANOVA se comprobó que existen diferencias significativas en las medias de resistencia a la ruptura obtenidas a los 14 días de inmersión de las muestras en agua de mar ($F=173,965$; $p<0,01$). Mediante el test de Tukey HSD se determinó que existen cinco grupos de medias para los resultados obtenidos el día 14 (Tabla 21). En el grupo 1 se encuentran las resistencias medias a la ruptura del Algtren2, Yutetorc2 y Algtren3. Se observó que el grupo 2 esta compuesto por los valores de RMR de las fibras de Yutetorc2, Algtren3 y Algtorc2. Según lo obtenido en el test de Tukey HSD la RMR de la fibra de Algtorc3 y Yutetorc3 pertenecen al grupo 3. Las resistencias medias a la ruptura del Algtorc5 y Algtren5 pertenecen al grupo 4 y por lo tanto no hay diferencias significativas entre estas. Al igual que en el día 0 la RMR de la fibra de Yutetorc6 pertenece al grupo 6 y es diferente de todas las demás medias presentes a los 14 días de inmersión de las fibras.

Para las mediciones de resistencia a la ruptura en el tiempo 14 se observó que la RMR de la fibra de Algtren2 es la menor, con un valor de 12,2 kg, mientras que el Yutetorc6 posee el mayor valor de RMR (81,6 kg) para este período de tiempo (Fig. 32). Los valores más altos de RMR después del Yutetorc6 lo poseen las fibras de Algtren5 y Algtorc5 con un valor de 30,9 kg y 41 kg respectivamente.

Tabla 21. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura de las fibras en el día 14 usando la prueba HSD de Tukey.

Material	N	$\alpha = 0,05$				
		1	2	3	4	5
Algtren2	10	12,2				
Algtren3	10	18,4				
Algtren5	10				42,9	
Yutetorc2	10	17,4				
Yutetorc3	10			30,9		
Yutetorc6	10					81,6
Algtorc2	10		19,9			
Algtorc3	10			28,6		
Algtorc5	10				41,0	
Sig.		0,159	0,974	0,983	0,996	1,000

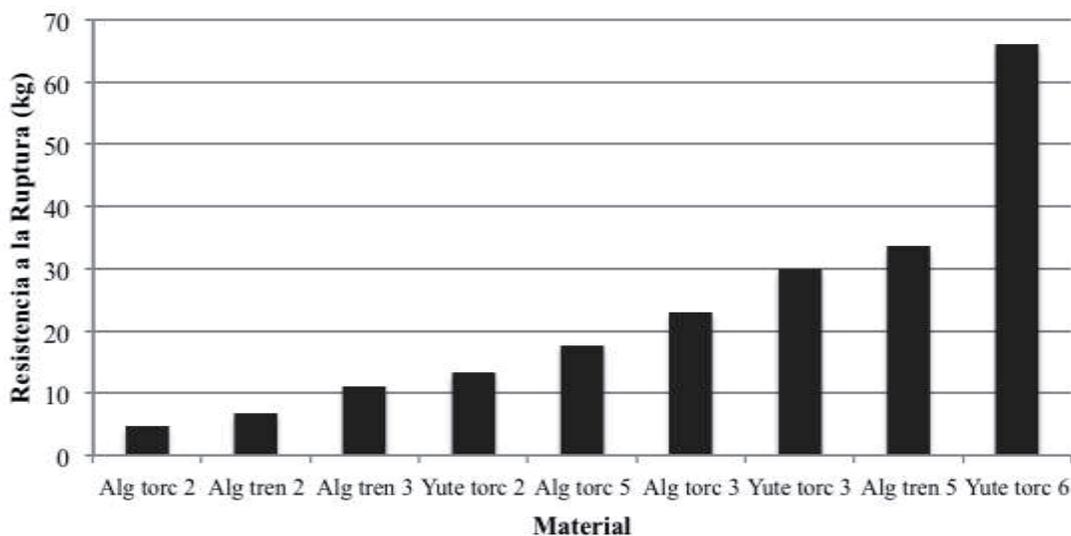


Figura 32. Resistencia a la ruptura de las fibras a los 14 días de inmersión.

c) 28 días de inmersión

Según lo obtenido en el análisis de la varianza con un factor, existen diferencias significativas para las medias de resistencia a la ruptura de las diferentes fibras en el tiempo 28 ($F=182,871$; $p<0,01$). A través del test de Tukey HSD se determinó que las medias de resistencia a la ruptura de las fibras de Algtren2, Algtorc2, Algtren3 y Yutetorc2 son iguales y pertenecen al grupo 1 (Tabla 22). La RMR de las muestras de Algtorc3 pertenece al grupo 2 y su valor difiere significativamente de los valores observados en las demás fibras. El grupo 3 esta compuesto por las medias de resistencia a la ruptura de los materiales de Yutetorc3 y Algtren5. El grupo 4 lo compone la RMR del Algtren5 y la RMR

del Algtorc5. La fibra de Yutetorc6 posee una RMR que es significativamente diferente a todos los demás valores medios de resistencia a la ruptura observados, es por esto que el grupo 5 se compone solo por la RMR de este material.

En el tiempo 28 de experimentación se observó que el máximo valor de RMR lo posee la fibra de Yutetorc6 (75,4 kg), mientras que por otro lado la fibra de Algren2 posee el menor valor con una RMR de 10,5 kg (Fig. 33). Le sigue la fibra de Algtorc2 con una RMR de 15,5 kg, y luego la fibra de Algren3 con un valor de 16,4 kg.

Tabla 22. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura de las fibras en el día 28 usando la prueba HSD de Tukey.

Material	N	$\alpha = 0,05$				
		1	2	3	4	5
Algren2	10	10,5				
Algren3	10	16,4				
Algren5	10			40,1	40,1	
Yutetorc2	10	17,2				
Yutetorc3	10			35,0		
Yutetorc6	10					75,4
Algtorc2	10	15,5				
Algtorc3	10		24,6			
Algtorc5	10				42,5	
Sig.		0,055	1,000	0,299	0,974	1,000

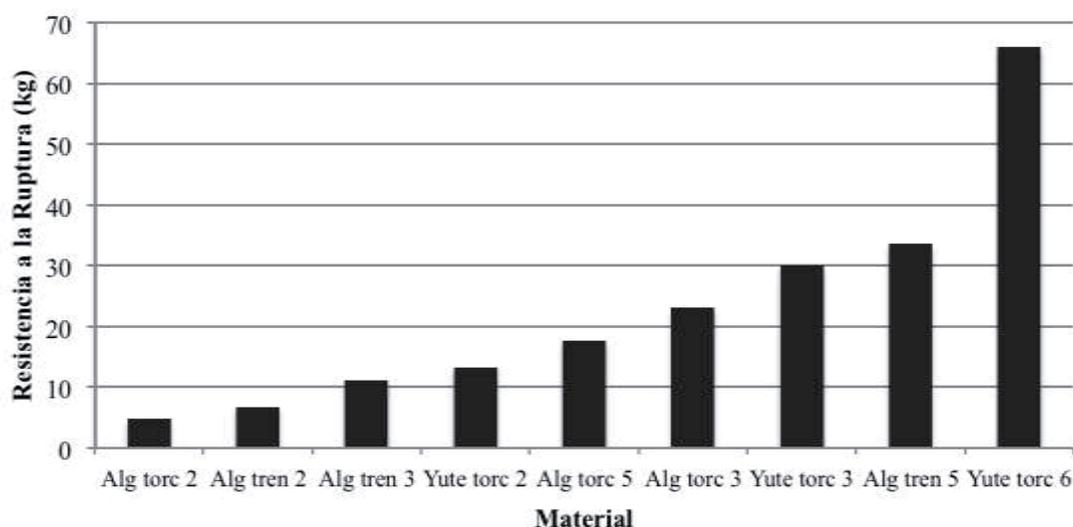


Figura 33. Resistencia a la ruptura de las fibras a los 28 días de inmersión.

d) 42 días de inmersión

Al realizar un ANOVA se observó que existen diferencias significativas para los valores de resistencia a la ruptura a los 42 días de reposo de las muestras en agua de mar ($F=452,686$; $p<0,01$). Con el test de Tukey HSD se determinó que para los valores de RMR obtenidos el día 14 existen cinco grupos (Tabla 23). La fibra de Yutetorc6 posee un alto valor de RMR, por lo tanto es significativamente diferente a todos los demás valores y pertenece al grupo 5. Se observó que en el grupo 1 se encuentran los valores medios de resistencia a la ruptura de las fibras de Algtren2 y Algtorc2. El grupo 2 esta compuesto por la RMR de la fibra de Algtren3 y la RMR del Yutetorc2. Se obtuvo que las medias de resistencia a la ruptura del Algtorc3 y del Algtorc5 no poseen diferencias significativas y forman parte del grupo 3, lo mismo ocurre con las fibras de Yutetorc3 y Algtren5 que juntas conforman el grupo 4.

Después de 42 días de reposo de las muestras en agua de mar se observó que el Yutetorc6 posee el mayor valor de RMR (Fig. 34). En segundo lugar está la fibra de Algtren5 con una RMR de 36,5 kg y luego la fibra de Yutetorc3 con una RMR de 33,2 kg. El menor valor de RMR se obtuvo en la medición de las muestras de Algtren2 (8,6 kg). La fibra de Algtorc2 mostró una RMR de 8,8 kg y finalmente para la fibra de Algtren3 se observó una RMR de 13,7 kg.

Tabla 23. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura de las fibras en el día 42 usando la prueba HSD de Tukey.

Material	N	$\alpha = 0,05$				
		1	2	3	4	5
Algtren2	10	8,6				
Algtren3	10		13,7			
Algtren5	10				36,5	
Yutetorc2	10		17,0			
Yutetorc3	10				33,2	
Yutetorc6	10					82,2
Algtorc2	10	8,8				
Algtorc3	10			23,6		
Algtorc5	10			28,2		
Sig.		1,000	0,459	0,080	0,442	1,000

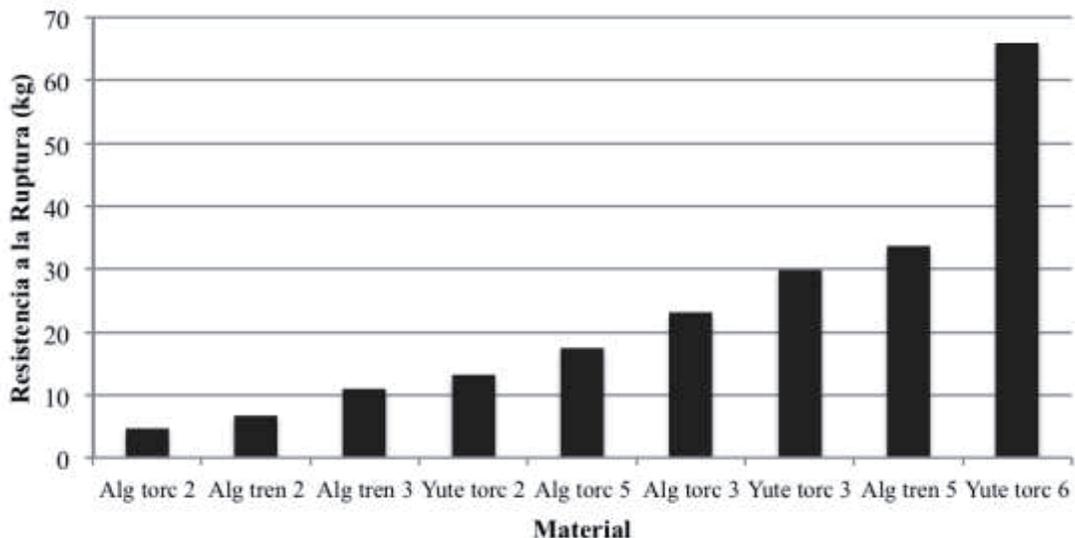


Figura 34. Resistencia a la ruptura de las fibras a los 42 días de inmersión.

e) 56 días de inmersión

Mediante el análisis de la varianza con un factor se comprobó que existen diferencias significativas para las medias de resistencia a la ruptura a los 56 días de inmersión de las muestras en agua de mar ($F=400,147$; $p<0,01$). A través del test de Tukey HSD se determinó que existen seis grupos de medias de resistencia a la ruptura en el tiempo 56 (Tabla 24). La RMR del Yutetorc6 nuevamente es significativamente diferente a todas las demás y por si sola forma el grupo 6. De la misma manera la RMR del Algtorc5 y la RMR del Algtorc3 son diferentes a todos los demás valores medios y cada una por si sola forma un grupo distinto (grupo 3 y 4 respectivamente). La RMR de las fibras de Algtorc2 y Algtren2 conforman el grupo 1. Se observó que el grupo 2 esta compuesto por las medias de resistencia a la ruptura de las fibras de Algtren3 y Yutetorc2. Forman parte del grupo 5 los valores de RMR de las fibras de Yutetorc3 y Algtren5.

Se observo que a los 56 días de inmersión de las muestras la fibra de Yutetorc6 posee el mayor valor de RMR (Fig. 35). Le sigue la fibra de Algtren5 con una RMR de 33,6 kg. Se observó que la fibra de Algtren2 posee una RMR de 6,7 kg. La fibra de Algtorc2 posee una RMR mínima de 4,7 kg.

Tabla 24. Agrupamiento de valores de resistencia media a la ruptura de las fibras en el día 56 usando la prueba HSD de Tukey.

Material	N	$\alpha = 0,05$					
		1	2	3	4	5	6
Algren2	10	6,7					
Algren3	10		11,0				
Algren5	10					33,6	
Yutetorc2	10		13,2				
Yutetorc3	10					29,9	
Yutetorc6	10						66,0
Algtorc2	10	4,7					
Algtorc3	10				23,0		
Algtorc5	10			17,5			
Sig.		0,827	0,770	1,000	1,000	0,154	1,000

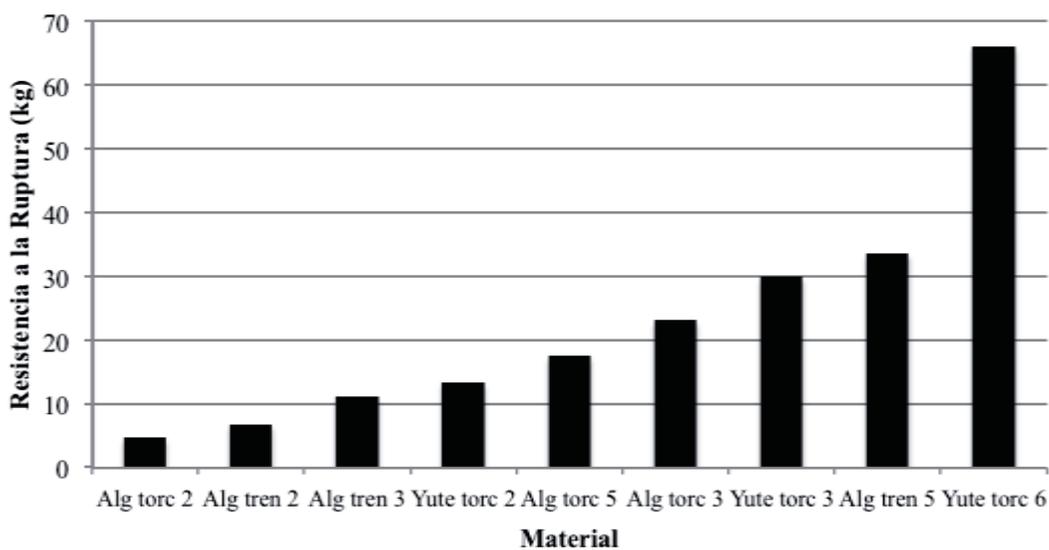


Figura 35. Resistencia a la ruptura de las fibras a los 56 días de inmersión.

Resultados generales finales

Luego de 56 días de inmersión de las muestras en un estanque con agua de mar la pérdida total porcentual de la RMR fluctuó entre un valor mínimo de 0,5% para la fibra de Yutetorc6 y un máximo de 71,7% para la fibra de Algtorc2 (Tabla 25). Respecto a los coeficientes de variación (CV) se observó que en general las fibras de yute poseen mayores CV que las fibras de algodón. Se observaron los menores CV en las mediciones realizadas a las fibras de algodón trenzado.

Tabla 25. Resistencia media a la ruptura, coeficiente de variación y porcentaje de pérdida total de la RMR de las fibras. CV: coeficiente de variación.

Nº	Material	Resistencia media a la ruptura al día:					Pérdida total de la resistencia media a la ruptura (%)
		0	14	28	42	56	
1	Yutetorc6	66,3 (0,131)	81,7 (0,149)	75,4 (0,162)	82,2 (0,086)	66,0 (0,095)	0,5
2	Yutetorc3	33,5 (0,1)	30,9 (0,135)	35,1 (0,149)	33,3 (0,133)	30,0 (0,148)	10,4
3	Yutetorc2	18,9 (0,11)	17,5 (0,17)	17,2 (0,17)	17,0 (0,199)	13,3 (0,21)	29,6
4	Algtorc5	39,3 (0,114)	41,0 (0,168)	42,5 (0,05)	28,2 (0,137)	17,6 (0,15)	55,2
5	Algtorc3	26,5 (0,048)	28,6 (0,044)	24,6 (0,086)	23,7 (0,053)	23,1 (0,071)	12,8
6	Algtorc2	16,6 (0,09)	19,9 (0,051)	15,5 (0,093)	8,8 (0,118)	4,7 (0,151)	71,7
7	Algtren5	42,4 (0,087)	42,9 (0,037)	40,2 (0,055)	36,5 (0,04)	33,6 (0,046)	20,8
8	Algtren3	18,6 (0,018)	18,5 (0,117)	16,4 (0,067)	13,8 (0,048)	11,1 (0,034)	40,3
9	Algtren2	11,8 (0,04)	12,3 (0,036)	10,5 (0,043)	8,6 (0,047)	6,8 (0,075)	42,4

Se observó que para la gran mayoría de las fibras de algodón a partir de los 14 días comienza una disminución de la resistencia a la ruptura, en otras palabras, a los 14 días se observó el mayor valor de RMR (Tabla 26). Por otro lado las fibras de yute mostraron resistencias a la ruptura máximas en diferentes periodos de tiempo. Para las fibras de Yutetorc2, Yutetorc3 y Yutetorc6 se observó una RMR máxima a los 0, 28 y 42 días respectivamente. La fibra de Algtorc5 mostró una RMR máxima el día 28. Según el ajuste lineal de los datos se obtuvo que a los 68 días la fibra de Algtren2 pierde por completo sus propiedades, deteriorándose y separándose ($R^2=0,96$), siendo esta la fibra que permite que la trampa quede abierta en el menor tiempo observado. Le sigue la fibra de Algtorc5 con un tiempo total de pérdida de las propiedades de 75 días ($R^2 = 0,92$). Las fibras de algodón trenzado de 5, 3 y 2 mm pierden sus propiedades separándose luego de 205, 119 y 108 días en agua de mar respectivamente ($R^2 = 0,82 ; 0,84 ; 0,96$). Para las fibras restantes se observó un mal ajuste de los datos ($R^2 \leq 0,62$). La fibra de Algtorc3 demora 234 días en perder sus propiedades y cortarse. El deterioro y separación de las fibras de yute torcido de 6, 3 y 2 mm se produce a los 113, 221 y 230 días respectivamente.

Tabla 26. Día en que comienza la disminución de la resistencia a la ruptura, tasa de pérdida de la resistencia a la ruptura y tiempo que tarda la fibra en deteriorarse y separarse (RMR=0).

Nº	Material	Día en que comienza la disminución lineal de la resistencia a la ruptura	Tasa de pérdida de la resistencia a la ruptura	Tiempo que tarda la fibra en deteriorarse y separarse (días)	R ²
1	Yutetorc6	42	1,16	113	0,62
2	Yutetorc3	28	0,18	221	0,18
3	Yutetorc2	0	0,08	230	0,25
4	Algtorc5	28	0,89	75	0,92
5	Algtorc3	14	0,13	234	0,55
6	Algtorc2	14	0,37	68	0,96
7	Algtren5	14	0,22	205	0,82
8	Algtren3	14	0,18	119	0,84
9	Algtren2	14	0,13	108	0,96

DISCUSIÓN

Desde que comenzó la investigación en torno a la pesca fantasma se han probado técnicas de degradación para los aparejos o artes de pesca perdidos y sus partes (Matsuoka *et al.*, 2005). La utilización de fibras biodegradables como dispositivos de escape para reducir la pesca fantasma es una medida efectiva y de bajo costo utilizada en diversas pesquerías con trampas alrededor del mundo, como es el caso de la pesquería de cangrejo Dungeness (*Cancer magister*) en Alaska donde existe una regulación desde 1991 de incorporar una fibra de algodón número 60 o menor como cordón de escape en las trampas (Redekopp *et al.*, 2006), o como en la pesquería de cangrejo de las nieves (*Chionoecetes opilio*) en Newfoundland y Labrador, donde es una medida obligatoria a partir del año 2013 remplazar una pequeña sección de la trampa (W) por una fibra de algodón torcido número 96 de 69 hilazas. La instalación de la fibra en la trampa es una labor sencilla que requiere de poco tiempo, entre 1 a 2 minutos. Por otro lado las fibras naturales poseen un bajo precio en el mercado y por lo tanto el costo no es elevado para los pescadores, por ejemplo en Newfoundland y Labrador la nueva regulación involucra un costo de 12 a 15 centavos de dólar canadiense por trampa.

En el estudio de degradación se observó que las fibras de yute poseen una alta variabilidad de la resistencia a la ruptura entre muestras para un mismo periodo de tiempo, esto demuestra la inestabilidad de este tipo de fibra así como la diferencia en los tiempos de degradación que pueden experimentar fibras de yute torcido con las mismas características. Por el contrario, las fibras de algodón trenzado poseen una baja variabilidad de la resistencia a la ruptura, mostrando estabilidad y tiempos de degradación muy similares para fibras de algodón trenzado de iguales características. Por otro lado, el algodón torcido muestra una variabilidad aceptable de la resistencia a la ruptura entre muestras para cada tiempo. Legge *et al.* (2009) señalan que las fibras de algodón torcido número 60 y 72 poseen una variabilidad relativamente consistente mientras que la fibra de algodón torcido número 96 posee una variabilidad ligeramente mayor y la fibra de sisal, que es similar al yute, posee una alta variabilidad de la resistencia a la ruptura entre muestras en un mismo periodo de tiempo.

Luego de 56 días de inmersión de las diferentes fibras en agua de mar, las fibras de algodón trenzado y torcido demostraron ser las más adecuadas para ser implementadas como dispositivos de escape para reducir la pesca fantasma debido a la baja variabilidad de la resistencia a la ruptura entre muestras en un mismo periodo de tiempo y a las altas o considerables tasas de pérdida de la resistencia a la ruptura. La fibra de algodón torcido de 2 mm experimentó la mayor pérdida total de la resistencia a la ruptura con un 71,7%. En otras palabras esta fibra retuvo solo un 28,9% de su resistencia inicial luego de 56 días sumergida en agua de mar. Le sigue la fibra de algodón torcido de 5 mm con una pérdida total de la resistencia a la ruptura de 55,2% y luego la fibra de algodón torcido de 3 mm con una disminución de la resistencia a la ruptura de sólo un 12,8%. Esta última es un caso aparte ya que es superior en número de hilazas a la fibra de 5 mm y por lo tanto esto podría explicar la menor tasa de degradación. En el estudio realizado por Legge *et al.* (2009) se

observaron tasas menores de degradación de las fibras de algodón torcido. El algodón torcido número 60 disminuyó sólo en 10% la resistencia a la ruptura luego de 64 días de inmersión, el algodón torcido número 72 solo un 9% y el algodón torcido número 96 un 33% a lo largo de los 64 días de experimentación.

Las fibras de algodón trenzado de 3 y 2 mm mostraron una pérdida considerable de las propiedades a través del tiempo de experimentación, con un total de 40,3% y 42,4% de pérdida de la resistencia a la ruptura inicial respectivamente. Por otro lado se determinó que las fibras de yute torcido son poco adecuadas para ser implementadas como dispositivos de escape debido a la alta variabilidad de la resistencia a la ruptura entre muestras en un mismo periodo de tiempo y a las bajas tasas de degradación obtenidas al compararlas con las fibras de algodón de similar diámetro, como un caso extremo la fibra de yute torcido de 6 mm experimentó la menor tasa de degradación, con una pérdida total de la resistencia a la ruptura de sólo 0,5% luego de 56 días de exposición al agua de mar. En general estudios como el realizado por Redekopp *et al.* (2006) indican que otros materiales naturales como el cáñamo, sisal o yute se degradan con mayor rapidez que las fibras de algodón. Según los resultados obtenidos se puede señalar todo lo contrario, ya que las fibras de yute disponibles en el mercado local demoran mayor tiempo que las fibras de algodón en perder sus propiedades y deteriorarse. Esto se debe posiblemente a la combinación de los diferentes factores como el número de hilazas, diámetro y tipo de construcción, entre otros, que poseen las fibras.

Al realizar el ajuste lineal de los datos, se obtuvo la tasa de pérdida de la resistencia a la ruptura a través del tiempo para cada fibra. Así también asumiendo que la pendiente se mantuvo durante el tiempo, se lograron obtener los tiempos de pérdida total de las propiedades de las fibras que presentaron un buen ajuste lineal ($R^2 > 0,8$). Se observó que el deterioro y separación de la fibra de algodón torcido de 5 mm se produce a los 76 días (10 semanas y 6 días) y la fibra de algodón torcido de 3 mm pierde sus propiedades luego de 67 días (9 semanas y 4 días). Los resultados obtenidos por Redekopp (2006) concuerdan con los obtenidos en este experimento ya que indican que las fibras de algodón torcido demoran entre 9 a 16 semanas en separarse dependiendo del diámetro. Estudios realizados en Cook Inlet en Alaska indican que la fibra de algodón torcido número 30 demora entre 50-106 días en alcanzar un deterioro tal que permite la ruptura de la fibra (7 a 15 semanas), el algodón torcido número 42 demora entre 57-119 días (8 a 17 semanas) y el algodón torcido número 60 demora entre 57-139 días (8 a 20 semanas) (Alaska Department of Fish and Game, 2006). La gran mayoría de los cordones de escape utilizados en la pesquería de cangrejo Dungeness en Puget Sound son fibras de algodón torcido número 120 y demoran al menos 9 semanas en perder sus propiedades por completo y separarse (Redekopp *et al.*, 2006).

Por lo visto no existen otros estudios o experimentos de degradación que utilicen fibras de algodón trenzado, se observó que estas poseen una baja variabilidad de la resistencia a la ruptura por periodo de tiempo, lo que permite deducir que los tiempos que demoran en deteriorarse y permitir la apertura de la trampa son muy similares para dos fibras de algodón trenzado iguales. Además poseen altas tasas de pérdida de la resistencia a

la ruptura y buena resistencia inicial a la ruptura. Las fibras de algodón trenzado 5, 3 y 2 mm perdieron sus propiedades luego de 205, 118 y 108 días respectivamente lo que indica que pueden ser utilizadas perfectamente como dispositivos de escape biodegradable.

Es importante determinar para cada fibra el diámetro, tipo de construcción, número de cordones y número de hilazas, debido a que los diferentes productores de fibras naturales utilizan variadas combinaciones de estos factores. En este experimento se observó que tanto el diámetro como el número de hilazas juegan un papel fundamental en las tasas de pérdida de la resistencia a la ruptura. A modo de ejemplo, el algodón torcido de 3 mm de 60 hilazas mostró una mayor resistencia a la ruptura final que la fibra de algodón torcido de 5 mm de 45 hilazas, donde un menor diámetro de fibra pero un mayor número de hilazas proporciona una pérdida más lenta de las propiedades de la fibra. En este caso el Algtorc3 mostró una RMR inicial de 26,5 kg y un RMR final de 23,1 kg (disminución de 3,4 kg), mientras que para la fibra de Algtorc5 se observó una RMR inicial de 39,3 kg y una RMR final de 17,6 kg (disminución de 21,7 kg). El uso de fibras de algodón numeradas (#60, #72, #96, etc.) en regulaciones pareciera tener poco valor, ya que variaciones en los procesos de manufactura y en las mezclas de algodones tienen un efecto significativo en las tasas de degradación (Legge *et al.*, 2009). Las fibras utilizadas en dispositivos para reducir la pesca fantasma deben ser de una marca o empresa específica y se deberán realizar evaluaciones ocasionales para asegurar que las características del material se mantengan. El tipo de construcción, número de hilazas, números de cordones varían de gran manera entre los diferentes productores por lo que se deben evitar las sustituciones por fibras de diámetro equivalente que no han sido evaluadas, ya que probablemente no sean de gran ayuda en la disminución de la pesca fantasma (Legge *et al.*, 2009).

Existen diversos dispositivos de escape en base a fibras naturales para trampas; como por ejemplo la configuración comercial (gancho con la fibra bajo tensión), panel de fibra, remplazo de una sección de la trampa (W) o anillo de fibra entre otros. Según Redekopp *et al.* (2006) la configuración comercial demora una o dos semanas más en degradarse que el panel o anillo biodegradable. Una hipótesis que explica esta diferencia es que las fibras bajo tensión están más compactas y por lo tanto poseen menor espacio entre los elementos que la componen y un menor espacio para que la biodegradación se lleve a cabo. Una de las formas más sencillas de utilizar las fibras como dispositivos de escape biodegradables es remplazando una parte de la malla de la trampa; se corta un pedazo del material sintético y se reemplaza por la fibra mediante sencillos nudos de pesca. La fibra debe estar instalada con la tensión necesaria para que no se modifique el paño de malla de la trampa. Si tomamos en cuenta que las fibras deben ir mediante un nudo fijadas a una malla de la trampa debemos considerar la maleabilidad del material y a la vez la calidad del nudo, en otras palabras, que tan fácil es hacer un nudo con la fibra y como queda finalmente fijado a la malla de la trampa. Las fibras de algodón torcido poseen una alta maleabilidad, por lo que resulta muy fácil realizar nudos y estos se fijan fuertemente a la malla. Por el contrario las fibras de yute no son tan maleables y resulta difícil hacer los nudos, quedando débiles ante cualquier fuerza aplicada. Por otro lado, las fibras de algodón trenzado suelen ser un poco más rígidas que las fibras de algodón torcido, sin embargo los nudos se pueden realizar y estos son capaces de fijarse de manera segura a las mallas de la

trampa.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en este estudio de degradación se deben considerar dos elementos fundamentales. El primero es la ruptura de la fibra durante la faena de pesca y el posible impacto negativo en las tasas de captura. El segundo es la potencial pérdida de recursos marinos como resultado de la pesca fantasma. Por lo que existe un trueque o equilibrio entre ambos factores (Gaeuman, 2011). Se espera que la fibra resista un tiempo aceptable y que se conozca con certeza cuando debe ser remplazada para evitar la ruptura cuando la trampa esta activa. Por otro lado fibras que pierden sus propiedades muy rápido como el algodón torcido de 2 mm, con una disminución de un 71,7% en la resistencia a la ruptura luego de 56 días de reposo, pueden significar un riesgo para los pescadores debido a la alta probabilidad a la ruptura durante la faena de pesca. Por ejemplo en la pesca del cangrejo en Alaska si una fibra falla desactivando la trampa en plena faena de pesca, el pescador puede perder hasta 40 cangrejos de tamaño legal, lo que significa una pérdida de más de 144 dólares (Redekopp *et al.*, 2006). En Newfoundland y Labrador, Canadá se llevaron a cabo pruebas de la fibra de algodón torcido numero 96 en trampas en embarcaciones durante una temporada de pesca (6 a 8 semanas), no se debió remplazar ninguna fibra durante la temporada de pesca y se observó una disminución de 50,3% en la resistencia a la ruptura (Bishop, 2011). Dadas las condiciones ambientales más favorables presentes en Chile, es probable que la temporada de pesca dure aproximadamente 10 meses, por lo que si se utilizara un material con similar tasa de degradación, será necesario realizar dos o más cambios de las fibras durante este periodo de tiempo.

Es importante tener conocimiento de las temperaturas, profundidad, oxígeno disuelto, etc., donde se desarrolla la pesquería ya que estos pueden afectar la tasa de pérdida de las propiedades de una fibra. Una mayor temperatura del agua provoca una pérdida más rápida de las propiedades de la fibra (Departamento de Caza y Pesca de Alaska, 2006). Mientras que las bajas concentraciones de oxígeno disuelto promueven una pérdida más lenta de las propiedades (Redekopp *et al.*, 2006) debido a que las bacterias anaeróbicas generalmente son menos capaces de descomponer moléculas orgánicas complejas. Sin embargo se tiene conocimiento que la biodegradación de las fibras se lleva a cabo también en aguas muy profundas. Se comprobó que luego de un año de reposo de las fibras a una profundidad de 2000 metros frente a la costa de Tottori y en un estanque con agua bombeada desde 321 metros de profundidad frente a la Bahía de Toyama, la resistencia a la ruptura de todas las fibras en estudio disminuyó considerablemente (Sekiguchi *et al.*, 2009).

Las diversas hipótesis plantean que las variables ambientales juegan un papel importante en los tiempos de deterioro y separación de las fibras por degradación, por lo que según Redekopp (2006) es de gran interés realizar los experimentos de degradación a profundidades y lugares que posean los rangos extremos de estas variables ambientales claves para observar como estas afectan la degradación de las diferentes fibras (Redekopp *et al.*, 2006). Otros resultados señalan que los tiempos de degradación son diferentes en condición de libre flotabilidad (muelles) y condición estática (estanques). En la condición

de libre flotabilidad las fibras de sisal y yute demoraron 42 días en deteriorarse y separarse, mientras que en la condición estática la fibra de sisal duro 89 días y la fibra de yute se separo después de 65 días (Kumpf, 1980). Por lo que es posible que las fibras estudiadas en este experimento demoren menos en deteriorarse y separarse en condiciones de libre flotabilidad.

Debido a las diferencias entre las pesquerías, esto es duración de la temporada, tiempo de reposo, condiciones ambientales del sector, etc., en cada pesquería se deberá implementar una fibra que sea capaz de soportar estos factores para no romperse durante la faena de pesca y, además, deteriorarse y separarse luego de un tiempo si una trampa es extraviada. Es por esto que se deberá determinar cual de las fibras de algodón es la más idónea según las características operacionales y ambientales de la pesquería en la que se desea implementar.

CONCLUSIONES

Se midió la resistencia y elongación a la ruptura de las fibras seleccionadas. Se observó que tanto el diámetro de la fibra, como el número de hilazas incide en el tiempo que demora la fibra en deteriorarse y separarse.

Se observó que para la gran mayoría de las fibras de algodón a partir de los 14 días comienza una disminución de la resistencia a la ruptura. Por otro lado, las fibras de Yutetorc2, Yutetorc3 y Yutetorc6 mostraron una disminución de la resistencia a la ruptura a partir de los 0, 28 y 42 días respectivamente.

Se obtuvo un promedio total de EMR de dos veces más para las fibras de algodón torcido (26%) y cercano a tres veces más para las fibras de algodón trenzado (33%) respecto al 13% de EMR promedio de las fibras de yute.

Las fibras de algodón trenzado mostraron una baja variabilidad de la resistencia a la ruptura (bajos coeficientes de variación) y una considerable pérdida de las propiedades lo que permite su uso como dispositivos para reducir la pesca fantasma en trampas. Las fibras de algodón torcido también poseen potencial, mostrando una estabilidad aceptable con coeficientes de variación medios y altas tasas de pérdida de resistencia a la ruptura, exceptuando el caso del Algtorc3 que posee superior número de hilazas.

No se recomienda la utilización de fibras de yute como dispositivos de escape para reducir la pesca fantasma debido a la alta variabilidad e incertidumbre en el tiempo que demoran en deteriorarse y separarse, y a las bajas tasas de pérdida de resistencia a la ruptura.

REFERENCIAS

- Alaska Department of Fish and Game. 2006. Staff comments on Dungeness crab, shrimp, miscellaneous shellfish, and supplemental issues. Alaska Board of Fisheries Meeting, Anchorage, Alaska. 51 pp.
- Arana, P.M. (ed.). 2012. Recursos pesqueros del mar de Chile. Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso. 308 pp.
- Bishop, G. 2011. Commercial Trials of Biodegradable Twine in the Newfoundland and Labrador Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Fishery. Centre for Sustainable Aquatic Resources Fisheries and Marine Institute of Memorial University. 18 pp.
- Brown, J, G. Macfadyen, T. Huntington, J. Magnus & J. Tumilty. 2005. Ghost Fishing by Lost Fishing Gear. Final Report to DG Fisheries and Maritime Affairs of the European Commission. Institute for European Environmental Policy / Poseidon Aquatic Resource Management Ltd Joint report. 132 pp.
- DFO. 2007. Pacific region recreational fishing – recreacional fishing gear. http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/recfish/Law/gear_e.htm. Revisado 7 Diciembre de 2012.
- FAO, Common Fund for Commodities. 2009. Discover Natural Fibres 2009, proceedings of the symposium on natural fibres, Technical Paper No. 56, Rome, 20 October 2008. <http://www.fao.org/docrep/O11/i0709e/i0709e00.htm>. Revisado 6 de Noviembre de 2012. 144 pp.
- Fisheries and Oceans Canada (FOC). 2008. Pacific Región Integrated Fisheries Management Plan. Crab by trap. <http://www-ops2.pac.dfo-mpo.gc.ca/xnet/content/MPLANS/plans08/crab08pl.pdf>. Revisado 20 Octubre de 2012.
- Fisheries and Oceans Canada (FOC). 2011. Crab Integrated Fisheries Management Plan. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/342457.pdf>. Revisado 5 de Noviembre de 2012.
- Gaeuman, W. 2011. Biodegradable twine report to the Alaska Board of Fisheries. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Data Series NO. 11-03, Anchorage. 27 pp.
- Kumpf, H.E. 1980. Practical considerations and testing of escape panel material in fish traps. Office of Fishery Management. Southeast Fisheries Center. National Marine Fisheries Service. Miami, Florida. 214 pp.
- Kruse, G.H. & A. Kimker. 1993. Degradable escape mechanisms for pot gear: a summary report to the Alaska Board of Fisheries. Regional Information Report 5J93-01, Alaska Department of Fish and Game. 24 pp.

- Legge, G., C. Batten & P. Winger. 2009. Biodegradable Twine: A means of reducing ghost fishing in the Newfoundland and Labrador snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery. Centre for Sustainable Aquatic Resources. Fisheries and Marine Institute of Memorial University. 28 pp.
- Lovrich, G. 1997. La pesquería mixta de las centollas *Lithodes santolla* y *Paralomis granulosa* (Anomura: Lithodidae) en Tierra del Fuego, Argentina. Investigaciones marinas vol. 25, Valparaíso. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Centro Austral de Investigaciones Científicas Av. Malvinas e H. Yrigoyen, CC 92, 9410 Ushuaia Tierra del Fuego, Argentina. pp. 41-57.
- Matsuoka, T., Nakashima, T. & N. Nagasawa. 2005. A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions. Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan, pp. 691-702.
- Matthews, T.R. & S. Donahue. 1996. By-catch in Florida's Spiny Lobster Trap Fishery and the Impact of Wire Traps. Informe presentado al South Atlantic Fishery Management Council. 15 pp.
- Macfadyen, G., T. Huntington & R. Cappell. 2011. Aparejos de pesca abandonados, perdidos o descartados. Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales, PNUMA N.o 185; FAO, Documento Técnico de Pesca y Acuicultura N.o 523. Roma. 1298 pp.
- MacMullen, P., N. Hareide, D. Furevik, P. Larsson, V. Tschernij, G. Dunlin, A. Reville, M. Pawson, E. Puente, A. Uriarte, G. Sancho, M. Santos, M. Gaspar, K. Erzini, P. Lino, J. Ribeiro & J. Sacchi. 2001. FANTARED 2. A study to identify, quantify and ameliorate the impacts of static gear lost at sea. FINAL REPORT. To the Commission of the European Communities. Sea Fish Industry Authority. 490 pp.
- Natural Resources Consultants, Inc. 2007. Cost/Benefit Analysis of Derelict Fishing Gear Removal in PugetSound, Washington, Estados Unidos de América. <http://www.nwstraits.org/uploadBibliography/Derelict%20Gear%20Cost-Benefit%20Analysis%202007.pdf>. Revisado 25 de Octubre de 2012.
- Olguín, A., N. Barahona, C. Bernal, Z. Young, J. Orenzan, C. Montenegro, J. Quiroz, C. Toledo, P. Baez, R. Bahamonde. 2006. Monitoreo de la pesquería artesanal de jaibas en la X y XI Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2004-16. pp. 1-2.
- Perez, O. 2001. Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil. Tesis Esc. de Ingeniería, Universidad de la Américas Puebla, México. pp. 5.
- Redekopp, R., W. Fisher, M. Neal, D. Velásquez & S. Frenzl. 2006. Escape Cord Degradation Rates in Port Townsend, WA. Snohomish County Marine Resources Committee Washington State Department of Fish and Wildlife. 14 pp.

- Selliah, N., H. Oxenford & C. Parker. 2001. Selecting biodegradable fasteners and testing the effects of escape panels on catch rates of fish traps. Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute. pp. 634-653.
- Sekiguchi, T., A. Ebisui, K. Nomura, T. Watanabe, M. Enoki & H. Kanehiro. 2009. Biodegradation of several fibers submerged in deep sea water and isolation of biodegradable plastic degrading bacteria from deep ocean water. Department of Marine science, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 108-8477, Toyama Fisheries Experiment Station, Namerikawa, Toyama 936-8536, Project Planning Department Fisheries Research Agency, Yokojama, Kanagawa 220-6115, Japan. pp. 1011-1018.
- Van Engel, W.A. 1982. Blue crab mortalities associated with pesticides, herbicides, temperature, salinity, and dissolved oxygen, pp. 187-194.
- Watson, R., E. Hoshino, J. Beblow, C. Revenga, Y. Kura & A. Kitchingman. 2004. Fishing gear associated with global marine catches. Fisheries Centre, the University of British Columbia, 2259 Lower Mall, Vancouver, B.C., V6T 1Z4, Canada. World Resources Institute, 10 G Street, NE Washington, DC 20002 USA. pp. 7-10.
- Wilson, S. 1983. A report on the trap fishing industry of Barbados. Division of Fisheries. Ministry of Agriculture, Food and Consumer Affairs, Barbados. 64 pp.

ANEXO

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Yute torcido 6 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	2,000	4	45	,111
	Based on Median	1,014	4	45	,410
	Based on Median and with adjusted df	1,014	4	35,290	,413
	Based on trimmed mean	1,886	4	45	,129

ANOVA Resistencia a la ruptura Yute torcido 6 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2510,781	4	627,695	6,749	,000
Within Groups	4184,948	45	92,999		
Total	6695,729	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Yute torcido 6 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,056	4	45	,389
	Based on Median	,828	4	45	,515
	Based on Median and with adjusted df	,828	4	33,548	,517
	Based on trimmed mean	,980	4	45	,428

Tukey HSD^a Elongación a la ruptura Yute torcido 6 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	680,914	4	170,228	27,709	,000
Within Groups	276,452	45	6,143		
Total	957,365	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Yute torcido 3 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	,229	4	45	,921
	Based on Median	,106	4	45	,980
	Based on Median and with adjusted df	,106	4	29,903	,980
	Based on trimmed mean	,166	4	45	,955

ANOVA Resistencia a la ruptura Yute torcido 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	171,747	4	42,937	2,240	,080
Within Groups	862,596	45	19,169		
Total	1034,343	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Yute torcido 3 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,300	4	45	,284
	Based on Median	,925	4	45	,458
	Based on Median and with adjusted df	,925	4	38,140	,460
	Based on trimmed mean	1,285	4	45	,290

Tukey HSD^a Elongación a la ruptura Yute torcido 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	160,759	4	40,190	24,396	,000
Within Groups	74,132	45	1,647		
Total	234,890	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Yute torcido 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	,259	4	45	,903
	Based on Median	,210	4	45	,932
	Based on Median and with adjusted df	,210	4	39,520	,932
	Based on trimmed mean	,253	4	45	,906

ANOVA Resistencia a la ruptura Yute torcido 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	172,795	4	43,199	5,243	,001
Within Groups	370,780	45	8,240		
Total	543,575	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Yute torcido 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,170	4	45	,337
	Based on Median	1,101	4	45	,368
	Based on Median and with adjusted df	1,101	4	38,574	,370
	Based on trimmed mean	1,120	4	45	,359

ANOVA Elongación a la ruptura Yute torcido 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41,784	4	10,446	9,301	,000
Within Groups	50,540	45	1,123		
Total	92,325	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	2,451	4	45	,060
	Based on Median	1,931	4	45	,122
	Based on Median and with adjusted df	1,931	4	26,468	,135
	Based on trimmed mean	2,264	4	45	,077

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4518,195	4	1129,549	59,594	,000
Within Groups	852,932	45	18,954		
Total	5371,127	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,403	4	45	,248
	Based on Median	1,381	4	45	,256
	Based on Median and with adjusted df	1,381	4	32,317	,262
	Based on trimmed mean	1,426	4	45	,241

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón torcido 5 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	757,953	4	189,488	34,753	,000
Within Groups	245,362	45	5,452		
Total	1003,315	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	,690	4	45	,602
	Based on Median	,598	4	45	,666
	Based on Median and with adjusted df	,598	4	33,373	,667
	Based on trimmed mean	,671	4	45	,615

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	205,259	4	51,315	21,077	,000
Within Groups	109,560	45	2,435		
Total	314,819	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,771	4	45	,151
	Based on Median	1,659	4	45	,176
	Based on Median and with adjusted df	1,659	4	30,678	,185
	Based on trimmed mean	1,768	4	45	,152

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón torcido 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22,019	4	5,505	1,276	,294
Within Groups	194,161	45	4,315		
Total	216,180	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	1,738	4	45	,158
	Based on Median	1,105	4	45	,366
	Based on Median and with adjusted df	1,105	4	39,067	,368
	Based on trimmed mean	1,823	4	45	,141

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1541,453	4	385,363	275,224	,000
Within Groups	63,008	45	1,400		
Total	1604,461	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,295	4	45	,286
	Based on Median	1,071	4	45	,382
	Based on Median and with adjusted df	1,071	4	37,929	,384
	Based on trimmed mean	1,248	4	45	,304

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón torcido 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1413,701	4	353,425	94,001	,000
Within Groups	169,191	45	3,760		
Total	1582,893	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
LNFr Based on Mean	3,435	4	45	,016
Based on Median	1,664	4	45	,175
Based on Median and with adjusted df	1,664	4	23,675	,192
Based on trimmed mean	3,197	4	45	,021

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,429	4	,107	32,618	,000
Within Groups	,148	45	,003		
Total	,577	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong Based on Mean	,558	4	45	,694
Based on Median	,412	4	45	,799
Based on Median and with adjusted df	,412	4	39,208	,799
Based on trimmed mean	,586	4	45	,674

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón trenzado 5 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1299,035	4	324,759	21,272	,000
Within Groups	687,007	45	15,267		
Total	1986,043	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
LNFr Based on Mean	3,582	4	45	,013
Based on Median	2,072	4	45	,100
Based on Median and with adjusted df	2,072	4	14,269	,138
Based on trimmed mean	2,874	4	45	,033

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,922	4	,480	93,975	,000
Within Groups	,230	45	,005		
Total	2,152	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong Based on Mean	,532	4	45	,713
Based on Median	,430	4	45	,786
Based on Median and with adjusted df	,430	4	38,293	,786
Based on trimmed mean	,537	4	45	,709

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón trenzado 3 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	316,945	4	79,236	32,640	,000
Within Groups	109,240	45	2,428		
Total	426,185	49			

Test of Homogeneity of Variance Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Fr	Based on Mean	,338	4	45	,851
	Based on Median	,321	4	45	,863
	Based on Median and with adjusted df	,321	4	44,331	,863
	Based on trimmed mean	,375	4	45	,825

ANOVA Resistencia a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	207,843	4	51,961	244,688	,000
Within Groups	9,556	45	,212		
Total	217,399	49			

Test of Homogeneity of Variance Elongación a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Elong	Based on Mean	1,801	4	45	,145
	Based on Median	1,340	4	45	,270
	Based on Median and with adjusted df	1,340	4	26,592	,281
	Based on trimmed mean	1,616	4	45	,187

ANOVA Elongación a la ruptura Algodón trenzado 2 mm.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	254,200	4	63,550	11,116	,000
Within Groups	257,266	45	5,717		
Total	511,466	49			

ANOVA Resistencia a la ruptura de las fibras en tiempo 0.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23472,040	8	2934,005	203,684	,000
Within Groups	1166,780	81	14,405		
Total	24638,820	89			

ANOVA Resistencia a la ruptura de las fibras en tiempo 14.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36048,016	8	4506,002	173,965	,000
Within Groups	2098,048	81	25,902		
Total	38146,064	89			

ANOVA Resistencia a la ruptura de las fibras en tiempo 28.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33094,502	8	4136,813	182,871	,000
Within Groups	1832,344	81	22,622		
Total	34926,846	89			

ANOVA Resistencia a la ruptura de las fibras en tiempo 42.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41273,844	8	5159,230	452,686	,000
Within Groups	923,152	81	11,397		
Total	42196,996	89			

ANOVA Resistencia a la ruptura de las fibras en tiempo 56.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28745,310	8	3593,164	400,147	,000
Within Groups	727,348	81	8,980		
Total	29472,658	89			