

COMISIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO:

Profesor Guía: Sr. Dante Queirolo Palma

Profesor: Sr. Guillermo Martínez González

Profesor: Sr. Felipe Hurtado Ferreira

**ACTA
PROYECTO DE TITULO**

Acta de revisión del Proyecto para optar al Título de Ingeniero Pesquero desarrollado por el estudiante **Sr. Héctor Gabriel Molina Croc** titulado “Efecto de diferentes condiciones de uso sobre las propiedades mecánicas de paños de enmalle: Aproximación bajo condiciones controladas”.

La comisión revisora integrada por los profesores Dante Queirolo P. (Profesor guía), Guillermo Martínez G. y Felipe Hurtado F., ha acordado lo siguiente:

- 1.- Aprobar el documento que contiene el proyecto
- 2.- Autorizar su empaste
- 3.- Calificar el documento con nota 6,5 (seis coma cinco)
- 4.- Proponer el siguiente informe:

“El tema desarrollado por el estudiante corresponde a un trabajo útil para el conocimiento de los materiales usados en la pesquería de merluza común con redes de enmalle. Se reconoce el esfuerzo del estudiante por la revisión de literatura técnica y científica asociada al tema central, usando referencias relevantes que demuestran el interés y dedicación del estudiante. La metodología es adecuada para caracterizar los cambios en las propiedades de los hilos que constituyen las redes de enmalle, específicamente en términos de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura. El estudiante hace un apropiado análisis en base a pruebas estadísticas considerando como factores el lavado de las muestras y su exposición al sol. Se reconoce la dedicación del estudiante por realizar la fase de experimentación de manera autónoma. Los resultados se exponen con suficiente detalle y claridad. La discusión interpreta de buena manera los aspectos centrales del trabajo, mientras que las conclusiones son consistentes con la metodología aplicada y los resultados obtenidos. En resumen, el estudiante abordó este trabajo correctamente, aportando conocimiento útil para mejorar la durabilidad de los materiales usados en la pesca artesanal”

Dante Queirolo P.

Guillermo Martínez G.

Felipe Hurtado F.

Valparaíso, 20 de noviembre de 2015

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.

Héctor Gabriel Molina Croc.

DEDICATORIA

Al Creador,
por su amor e infinita luz,
y a mi madre Elsa,
por su amor y apoyo
incondicional en todos
los momentos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Dante Queirolo Palma, guía de esta investigación, por sus consejos, buena voluntad y apoyo en la realización de este proyecto. A los profesores Guillermo Martínez González y Felipe Hurtado Ferreira, por formar parte de la comisión de revisión de este proyecto. Todos pilares fundamentales en mi formación académica.

A todos los profesores de la Escuela de Ciencias del Mar y a los profesores de ciencias básicas que formaron parte de mi formación académica.

Al Sr. Mauricio Silva Carreño, bibliotecario jefe de la Escuela de Ciencias del Mar, por su apoyo en la obtención de artículos durante la realización de esta investigación.

A mis queridos amigos y compañeros de la universidad, la lista es extensa.

CONTENIDO

COMISIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO:.....	i
ACTA PROYECTO DE TÍTULO	ii
AUTORIZACIÓN DE USO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
ANTECEDENTES	3
Del material en estudio.	3
De la degradación del material.	4
De los principales elementos presentes en las condiciones ambientales de uso.....	4
De la exposición del material a la intemperie.	5
De la exposición del material a la humedad.	6
De la exposición del material a la salinidad y a la temperatura ambiente.	8
De la exposición del material en sombra.	10
METODOLOGÍA.....	11
Diseño experimental.	11
Condiciones de uso simulado.	12
T1: Uso y secado a la intemperie.	13
T2: Uso y secado en sombra.	13
T3: Uso, lavado y secado a la intemperie.....	13
T4: Uso, lavado y secado en sombra.....	13
Muestras analizadas.	16

Pruebas de tracción.	16
Diseño de las bases de datos.	17
Diseño de las bases de datos de Resistencia a la ruptura.	18
Diseño de las bases de datos del Porcentaje de elongación de ruptura.	19
Empleo de las bases de datos.	20
Método estadístico.	21
Método estadístico no paramétrico.	21
Método estadístico de Kruskal - Wallis.	22
Hipótesis de trabajo:	23
RESULTADOS.	24
ESTUDIO DE RESISTENCIA A LA RUPTURA DE AMBOS MATERIALES A TRAVÉS DEL TIEMPO DE EXPERIMENTACIÓN.	24
Resistencia a la ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.	24
a) Material de origen de Brasil.	24
b) Material de origen de China.	26
Test estadísticos de resistencia a la ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.	28
a) Material de origen de Brasil.	28
b) Material de origen de China.	32
ESTUDIO DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE RUPTURA DE AMBOS MATERIALES A TRAVÉS DEL TIEMPO DE EXPERIMENTACIÓN.	37
Porcentaje de elongación de ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.	37
a) Material de origen de Brasil.	37
b) Material de origen de China.	39
Test estadísticos del porcentaje de elongación de ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.	42
a) Material de origen de Brasil.	42
b) Material de origen de China.	46
DISCUSIÓN.	51
Resistencia a la ruptura.	51
Resistencia a la ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos a la intemperie después de su uso.	51
Efectos de lavar o no lavar el material expuesto a la intemperie después de su uso.	52

Resistencia a la ruptura del material de origen de Brasil, expuesto en sombra después de su uso.	53
Resistencia a la ruptura del material de origen de China, expuesto en sombra después de su uso.	53
Efectos de lavar o no lavar el material expuesto en sombra después de su uso.	53
Elongación de ruptura.	55
Elongación de ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos a la intemperie después de su uso.	55
Elongación de ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos en sombra después de su uso.	56
CONCLUSIONES.....	58
REFERENCIAS	60

ANEXO 1. Bases de datos de resistencia a la ruptura.

ANEXO 2. Bases de datos de elongación de ruptura.

ANEXO 3. Tablas del análisis estadístico de Kruskal-Wallis entre grupos Fig. (10-13) (A) y al interior de cada grupo Fig. (10-13) (B), del análisis de resistencia a la ruptura en cada tratamiento a través del tiempo de experimentación, del material de origen de Brasil.

ANEXO 4: Tablas del análisis estadístico de Kruskal-Wallis entre grupos Fig. (14-17) (A) y al interior de cada grupo Fig. (14-17) (B), del análisis de resistencia a la ruptura en cada tratamiento a través del tiempo de experimentación, del material de origen de China.

ANEXO 5: Tablas del análisis estadístico de Kruskal-Wallis entre grupos Fig. (20-23) (A) y al interior de cada grupo Fig. (20-23) (B), del análisis del porcentaje de elongación de ruptura en cada tratamiento a través del tiempo de experimentación, del material de origen de Brasil.

ANEXO 6: Tablas del análisis estadístico de Kruskal-Wallis entre grupos Fig. (24-27) (A) y al interior de cada grupo Fig. (24-27) (B), del análisis del porcentaje de elongación de ruptura en cada tratamiento a través del tiempo de experimentación, del material de origen de China.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Muestras que se controlaron en ambos materiales.....	17
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	A) Energía absorbida en distintas longitudes de onda (Casado, 2001); B) Curvas tensión-deformación para un nylon 6,6 a 23 °C, que muestran el efecto de la humedad relativa en el diseño de plásticos para ingeniería (Schackelford, 2005).....	7
Figura 2.	Bastidor de madera.....	15
Figura 3.	Muestras montadas en el bastidor.....	15
Figura 4.	Bastidores sumergidos en agua de mar.....	15
Figura 5.	Muestras secándose a la intemperie.....	15
Figura 6.	Muestras secándose en sombra.....	15
Figura 7.	Muestra en pruebas de tracción.....	15
Figura 8.	Resistencia a la ruptura del material de origen de Brasil. A) T1B: (Uso y secado a la intemperie); B) T2B: (Uso y secado en sombra); C) T3B: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4B: (Uso, lavado y secado en sombra).....	26
Figura 9.	Resistencia a la ruptura del material de origen de China. A) T1Ch: (Uso y secado a la intemperie); B) T2Ch: (Uso y secado en sombra); C) T3Ch: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4Ch: (Uso, lavado y secado en sombra).....	28
Figura 10.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T1B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T1B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1B.....	29
Figura 11.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T2B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T2B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2B.....	30

Figura 12.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T3B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T3B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3B.....	31
Figura 13.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T4B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T4B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4B.....	32
Figura 14.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T1Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T1Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1Ch.....	33
Figura 15.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T2Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T2Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2Ch.....	34
Figura 16.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T3Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T3Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3Ch.....	35
Figura 17.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T4Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T4Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4Ch.....	36
Figura 18.	Elongación de ruptura del material de origen de Brasil. A) T1B: (Uso y secado a la intemperie); B) T2B: (Uso y secado en sombra); C) T3B: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4B: (Uso, lavado y secado en sombra).....	39
Figura 19.	Elongación de ruptura del material de origen de China. A) T1Ch: (Uso y secado a la intemperie); B) T2Ch: (Uso y secado en sombra); C) T3Ch: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4Ch: (Uso, lavado y secado en sombra).....	41

Figura 20.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T1B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T1B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1B.....	43
Figura 21.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T2B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T2B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2B.....	44
Figura 22.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T3B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T3B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3B.....	45
Figura 23.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T4B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T4B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4B.....	46
Figura 24.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T1Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T1Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1Ch.....	47
Figura 25.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T2Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T2Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2Ch.....	48
Figura 26.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T3Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T3Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3Ch.....	49
Figura 27.	Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T4Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T4Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4Ch.....	50

RESUMEN

El presente estudio entrega información del uso y las limitaciones de los paños de enmalle de monofilamento de poliamida, de dos materiales de distinto origen (uno de Brasil y otro de China) después de una faena de pesca en situación de almacenamiento. El material utilizado en las redes de pesca es muy importante para el éxito productivo, por lo tanto se estudió el efecto de diferentes condiciones de uso sobre las propiedades mecánicas de paños de enmalle, bajo condiciones controladas. La degradación del material se determinó mediante pruebas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura a través del tiempo de experimentación y se analizó bajo el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis. Cuando ambos materiales se lavaron y cuando no se lavaron y quedaron expuestos a la intemperie después de su uso, hubo tendencias al aumento de resistencia a la ruptura a través del tiempo debido al endurecimiento del material, esta situación no dañó el material. Cuando ambos materiales se lavaron y quedaron expuestos a la intemperie después de su uso, el material de origen de Brasil mostró que se retardó el aumento de resistencia a la ruptura, el material de origen de China no se benefició en esta condición. Cuando ambos materiales no se lavaron y quedaron expuestos en sombra después de su uso, el material de origen de Brasil a los 60 y 90 días de experimentación, mostró que no se logró el secado de la estructura interna del material, esta situación no dañó el polímero, el material de origen de China no se alteró en esta condición. Cuando ambos materiales se lavaron y quedaron expuestos en sombra después de su uso mostraron tendencias a mantener la resistencia a la ruptura a través del tiempo, el material de origen de Brasil a los 90 días de experimentación, mostró que el lavado ayudó al secado de la estructura interna del material y el material de origen de China a los 60 días de experimentación, mostró un efecto de plastificación. Cuando ambos materiales se lavaron y cuando no se lavaron y quedaron expuestos a la intemperie después de su uso, mostraron tendencias a disminuir la elongación de ruptura a través del tiempo, lo que indicó que se degradaron estos materiales en esta condición. Cuando el material de origen de Brasil se lavó y cuando no se lavó, y quedó expuesto en sombra después de su uso, mostró tendencias a mantener la elongación de ruptura a través del tiempo. Cuando el material de origen de China se lavó y cuando no se lavó y quedó expuesto en sombra después de su uso, mostró tendencias a disminuir la elongación de ruptura a través del tiempo debido a un efecto de plastificación, este efecto no produjo degradación. Almacenar el material en sombra es determinante en el cuidado del material.

Palabras claves: uso, material, almacenamiento, Kruskal-Wallis.

ABSTRACT

The present study provides information on the use and limitations of polyamide monofilament gillnet cloth, of two materials with different origin (one from Brazil and one other from China) after a fishing operation in storage situation. The material used in fishing nets is very important to the productive success, therefore the effect of different conditions of use on the mechanical properties of gillnets cloth, was studied under controlled conditions. The degradation of the material was determined by breaking strength tests and breaking elongation through time of experimentation and analyzed under non-parametric statistical method of Kruskal-Wallis. When both materials were washed and when were not washed and were exposed out in the open after use, there were tendencies to increase rupture resistance over time due to the hardening of the material, this situation did not damage the material. When both materials were washed and were exposed out in the open after use, the material from Brazil showed that the increase resistance to rupture was delayed, the material of China was not benefited in this condition. When both materials were not washed and were exposed in shade after use, the material from Brazil at 60 and 90 days of experimentation showed that the drying of the internal structure of the material was not achieved, this situation did not damage the polymer, the material from China did not change in this condition. When both materials were washed and were exposed in shade after use showed tendencies to maintain resistance to rupture through time, the material from Brazil at 90 days of experimentation showed that washing helped drying of the internal structure of the material and the material from China at 60 days of experimentation, showed a plasticizing effect. When both materials were washed and when were not washed and were exposed out in the open after use, they showed tendencies to decrease the breaking elongation through time, indicating that these materials were degraded in this condition. When the material from Brazil was washed and when was not washed, and was exposed in shade after use showed tendencies to keep the breaking elongation through time. When the material from China was washed and when was not washed and was exposed in shade after use showed tendencies to decrease the breaking elongation through time due to a plasticizing effect, this effect did not produce degradation. Store the material under shade is crucial in the care of the material.

Keywords: use, material, storage, Kruskal-Wallis.

INTRODUCCIÓN

El aparejo mayormente utilizado en las caletas de pescadores entre la V a VIII región es el enmalle (Queirolo *et al.*, 2009) por lo tanto la vida útil del enmalle que sustenta la pesquería artesanal de merluza común es un tema relevante. El presente estudio es de vital importancia en la pesquería artesanal ya que hoy en día la vida útil de los paños de enmalle es breve. En la actualidad, el uso del enmalle después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, no presenta patrones de mantenimiento, solo existe una conducta adquirida de parte de los pescadores artesanales en el uso de los paños a través del tiempo. El propósito es estudiar el efecto de diferentes condiciones de uso simulado, en dos materiales comúnmente utilizados en las pesquerías cuyo origen es Brasil y china, que componen los paños de enmalle que utilizan los pescadores artesanales de la región, en cuatro condiciones de uso simulado relacionadas con el uso del material después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, las condiciones de uso simulado son; T1: Uso y secado a la intemperie, T2: Uso y secado en sombra, T3: Uso, lavado y secado a la intemperie y T4: Uso, lavado y secado en sombra.

Una de las desventajas de las redes de poliamida con fines de pesca es su sensibilidad relativamente alta a los rayos ultravioleta (Klust, 1982; Thomas & Hridayanathan, 2006). La exposición directa a los rayos ultravioleta es considerada como uno de los factores principales de degradación de los polímeros (Klust, 1982; Thomas & Hridayanathan, 2006). La degradación del material es la pérdida de la estructura molecular a través de reacciones químicas que dan lugar a la ruptura de enlaces primarios en el polímero (González & Prolongo, 1997). La absorción de agua de mar en el material se considera otro factor de cambio en las propiedades iniciales del nylon y la presencia de humedad excesiva puede afectar las propiedades mecánicas del material al disminuir la resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Posada, 1994; Schackelford, 2005).

Se comprobará si las condiciones de uso simulado evidencian cambios en las características físicas y en las propiedades de tracción de ambos materiales en estudio. Algunos de estos procedimientos ya se estudiaron por algunos investigadores. El secado a la intemperie de los paños después de una faena de pesca, puede provocar cambios en las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura del material (Klust, 1982). El secado en sombra de los paños después de una faena de pesca, puede ayudar a mantener en el tiempo las propiedades de tracción y a la vez puede ayudar a extender la vida útil del material (Klust, 1982; Al-Oufi *et al.*, 2004), sin embargo no existe información de algunas condiciones de uso que se presentan en este estudio y de las limitaciones del material después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, por lo tanto existe la necesidad de realizar un estudio de estas características. La necesidad de parte del sector artesanal de contar con bases sólidas en el uso de los paños después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, motivó el desarrollo del presente estudio. Si es posible ayudar a extender la vida útil de los paños irá en beneficio directo de todos los participantes.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de diferentes condiciones de uso sobre las propiedades mecánicas de paños de enmalle, a partir de una aproximación usando condiciones controladas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura del material utilizado.
- Evaluar cambios en el desempeño mecánico del material debido a las condiciones de uso.

ANTECEDENTES

Del material en estudio.

El material que se utiliza en los paños de enmalle es monofilamento de poliamida, el cual es un material sintético (Klust, 1982). El término monofilamento en el sentido propio significa un solo filamento que es lo suficientemente fuerte como para funcionar solo como un hilo sin tener que someterse a un procesamiento adicional (Klust, 1982). La poliamida es un tipo de polímero que contiene enlaces de tipo amida (Arregi *et al.*, 2009). El polímero es una macromolécula que está formada por la unión de moléculas pequeñas llamadas monómeros (Arregi *et al.*, 2009). Se fabrican varios tipos de fibras de poliamida que difieren en sus componentes químicos y también en algunas propiedades como por ejemplo el punto de fusión (Klust, 1982). Cada tipo de poliamida se caracteriza por una figura que se añade al nombre genérico y se refiere al número de átomos de carbono en los componentes, los tipos más importantes son PA 6,6 y PA 6 (Klust, 1982).

La poliamida 6,6 se construye a partir de dos componentes, hexametildiamina y ácido adípico cada uno con seis átomos de carbono, esta fibra fue desarrollada en 1935 por W. H. Carothers (EE.UU.) uno de los científicos más célebres de la química de las macromoléculas y fue llamada "nylon" (Klust, 1982). La poliamida 6 conocida primero bajo el nombre comercial de "Perlon" se construye a partir de un monómero llamado caprolactama que contiene seis átomos de carbono, esta fibra se desarrolló entre 1937 a 1938 por el químico P. Schlack (Alemania) (Klust, 1982).

Desde el punto de vista de la fabricación de paños utilizados en artes de pesca, en las redes de hilos hechos de PA 6,6 o PA 6 cuando se fabrican exactamente de la misma manera no hay diferencias entre estos dos tipos de poliamida que tienen prácticamente las mismas propiedades mecánicas (Klust, 1982). Nylon es el nombre genérico de las fibras de poliamida que se le da al nylon 6,6 o al nylon 6 los cuales son nombres comerciales, estos son intercambiables en multitud de aplicaciones hasta el punto de que es habitual referirse a cualquiera de ellos con la denominación nylon sin más especificaciones (Klust, 1982).

El nylon, es un polímero cristalino ya que se le da un tiempo para que se organice y se enfríe lentamente, siendo por esto muy resistente y adecuado para su empleo como hilo de pesca (Arregi *et al.*, 2009). La utilidad y el valor de cada poliamida dependen en gran medida de la habilidad de cada fabricante para diseñar sus propiedades atendiendo a las especificaciones requeridas para un uso final determinado (Gacén, 1987).

De la degradación del material.

La degradación del material es la pérdida de la estructura molecular a través de reacciones químicas que dan lugar a la ruptura de enlaces primarios en el polímero (González & Prolongo, 1997). La degradación reduce drásticamente el peso molecular del polímero de nylon (Andrady, 2011) y la integridad de las propiedades mecánicas del polímero depende de su alto peso molecular (Andrady, 2011). Normalmente cuando nos referimos a la degradación de polímeros nos referimos a la pérdida de sus propiedades por efectos ambientales que alteran su estructura química o su grado de polimerización, a esta transformación la denominamos envejecimiento del material (González & Prolongo, 1997). La degradación de los polímeros puede afectarlos de distintas formas e implica una cadena de reacciones a nivel estructural (Posada, 1994). Las causas de estas alteraciones que pueden derivar en la degradación del material están relacionadas con los elementos presentes en las condiciones ambientales de uso (Klust, 1982).

De los principales elementos presentes en las condiciones ambientales de uso.

Entre los principales elementos que están presentes en las condiciones ambientales de uso de los paños de enmalle, se encuentran la radiación ultravioleta y la temperatura ambiente al almacenar los paños a la intemperie después de una faena de pesca (Klust, 1982), y la humedad y salinidad del agua de mar en la absorción de agua de mar del material al calar los paños habitualmente en una faena de pesca (Casado, 2001; Schackelford, 2005), estos elementos pueden actuar en conjunto o de forma aislada. El material sintético expuesto al medio ambiente es susceptible al efecto combinado de la luz, lluvia, viento, humos industriales y los gases sobre las propiedades del material (Klust, 1982), es prácticamente imposible distinguir entre los efectos separados de cada uno de estos factores pero se puede asegurar que el efecto más fuerte en el deterioro del material es causado por la parte ultravioleta de la radiación solar (Klust, 1982; Andrady, 2011). Debido a las variaciones estacionales y locales en la intensidad de la luz solar el daño causado al material puede ser distinto (Klust, 1982), sin embargo el daño será superior al causado por la inmersión del material en agua (Klust, 1982; Andrady, 2011).

La mayor ventaja de las fibras sintéticas como el nylon es su resistencia en agua, es decir su resistencia contra la destrucción por el moho al aire libre, como en lugares húmedos con baja luminosidad y por las bacterias en el agua (Klust, 1982). La reacción que se produce entre el polímero y el agua (Casado, 2001; Schackelford, 2005) no es un mecanismo de degradación ambiental (Klust, 1982; Andrady, 2011), sin embargo esto no significa que los materiales sintéticos como el nylon no sean afectados en absoluto en sus propiedades cuando se sumergen en agua durante períodos prolongados (Klust, 1982).

De la exposición del material a la intemperie.

La mayoría de los polímeros experimentan reacciones químicas cuando se irradian con luz ultravioleta porque poseen grupos cromóforos capaces de absorberla. Este hecho es fundamental porque la luz solar que llega a la tierra tiene en su espectro una porción que incluye la región ultra violeta (Posada, 1994). Cuando los polímeros se exponen a la luz experimentan fotorreacciones, que en general tienden a envejecerlos pues los hacen más frágiles y se decoloran (Posada, 1994).

Las reacciones fotoquímicas provocadas por la radiación ultravioleta, incluyen la escisión de las cadenas principales que dan como resultado el deterioro de las propiedades del polímero (Posada, 1994). El espectro de la luz solar que penetra a la superficie de la tierra varía entre 290 y 3000 nm su disposición es 10% ultravioleta, 50% visible y 40% infrarroja aproximadamente (Posada, 1994).

Para que ocurra fotorreacción tiene que haber absorción de luz, los enlaces saturados como C-C, C-H y O-H absorben luz de longitudes de onda inferiores a 200 nm, los grupos carbonilos y los enlaces dobles C=C tienen máximos de absorción en las longitudes de onda entre 200 y 300 nm, esto implica que solo un pequeño número de polímeros son capaces de absorber radiación solar cuyo intervalo espectral está limitado a unos 300 nm, sin embargo es común que los polímeros posean grupos cromóforos que absorben la luz solar, entre estos están los grupos carbonilo y los catalizadores de la polimerización (Posada, 1994). Otro requisito para que ocurra foto-reacción es la energía del fotón, las energías de disociación de los enlaces van de 100 Kcal/mol (C-C) hasta 40 Kcal/mol (N-O) mientras que para un fotón cuya longitud de onda sea de 200 nm la energía es de 143 Kcal/mol, así que la escisión de los enlaces químicos es energéticamente posible, en principio (Posada, 1994).

El proceso físico de absorción del fotón consiste en la transición de una molécula de un estado a otro de mayor energía, la reacción fotoquímica se puede originar con los iones radicales o con los estados excitados, el resultado es la descomposición del polímero (Posada, 1994). La (Fig.1 A) muestra la relación entre la energía absorbida y la longitud de onda de la luz incidente e indica la energía de disociación de varios tipos de enlaces (Casado, 2001). La fotodegradación afecta más a los polímeros por efecto de la radiación ultravioleta que por la luz visible, aunque la luz visible provoca un proceso irreversible de oxidación (Casado, 2001).

La exposición de los paños de monofilamento de poliamida a la intemperie después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, es una práctica común entre los pescadores artesanales. La radiación ultravioleta es la principal responsable de la iniciación de procesos que contribuyen a la degradación de polímeros (González & Prolongo, 1997), por lo tanto la radiación ultravioleta que está presente en las condiciones ambientales de uso después de una

faena de pesca, puede actuar en los procesos de degradación del nylon (González & Prolongo, 1997).

Existen estudios sobre el efecto que produce la radiación ultravioleta en las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura en el nylon, en estos estudios se mantuvo el material expuesto a la intemperie durante todo el tiempo que duraron los ensayos, las pruebas de tracción indicaron que disminuyeron las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura a través del tiempo de exposición (Al-Oufi *et al.*, 2004; Thomas & Hridayanathan, 2006). La resistencia a la ruptura se redujo linealmente con el tiempo de exposición, mientras que no se encontró ninguna relación lineal en el caso de elongación de ruptura (Al-Oufi *et al.*, 2004; Thomas & Hridayanathan, 2006).

De la exposición del material a la humedad.

La humedad en el material no es un mecanismo de degradación ambiental (Klust, 1982; Andrady, 2011) y está favorecida por la alta absorción de agua del material de poliamida que es una característica inherente del material (Casado, 2001; Schackelford, 2005). Puede decirse que el agua actúa como un plastificante en un proceso de solvatación de las macromoléculas del polímero (Kenney *et al.*, 1985; Schackelford, 2005).

Los efectos de la plastificación de las macromoléculas del polímero debido a la absorción de agua de mar, pueden generar un ligero aumento a corto plazo de la resistencia a la ruptura del hilo que al alinear casi paralelas las macromoléculas del polímero hace más eficiente la estructura del material (Kenney *et al.*, 1985; More & Donald, 1993), además la presencia de humedad excesiva puede afectar las propiedades mecánicas del material al disminuir la resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Posada, 1994; Casado, 2001; Schackelford, 2005), no obstante el material recupera sus propiedades mecánicas al secarse (Kenney *et al.*, 1985; Casado, 2001).

A pesar de la sensibilidad del nylon en presencia de humedad (Schackelford, 2005), en un ambiente fresco y húmedo las propiedades iniciales de tracción del polímero no se afectan (Klust, 1982). La sensibilidad relativamente alta del nylon en presencia de humedad se refleja al disminuir las propiedades de tracción del material con contenido de humedad (Fig.1 B), donde la humedad relativa es una consideración a tener en cuenta en el diseño del nylon (Schackelford, 2005).

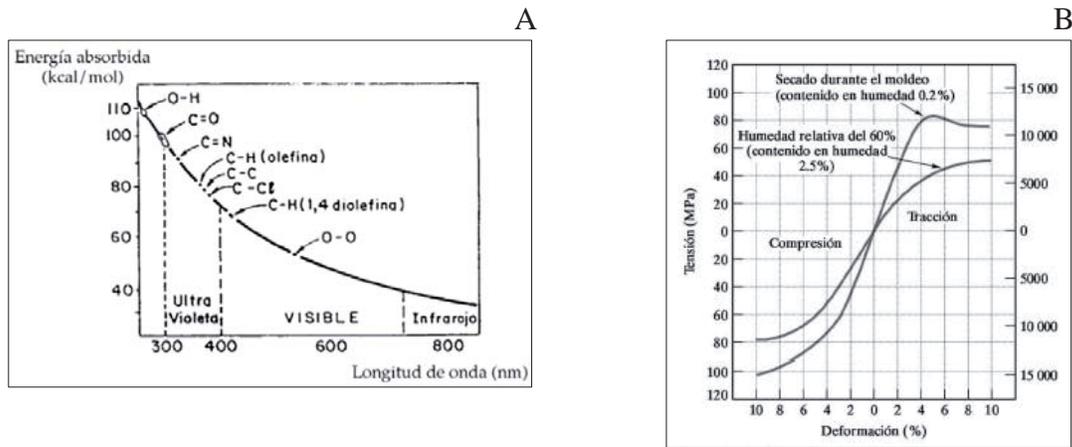


Figura 1. A) Energía absorbida en distintas longitudes de onda (Casado, 2001); B) Curvas tensión-deformación para un nylon 6,6 a 23 °C, que muestran el efecto de la humedad relativa en el diseño de plásticos para ingeniería (Schackelford, 2005).

La alta absorción de humedad del material (Casado, 2001; Schackelford, 2005) es la responsable de que ocurran cambios conformacionales en el polímero (Schackelford, 2005). Los polímeros con abundancia de grupos OH en su estructura como las poliamidas presentan una mayor absorción de agua hasta un 6% en peso, rebajando su T_g (Temperatura de transición vítrea) (Schackelford, 2005). La T_g (Temperatura de transición vítrea) es la temperatura en que el polímero obtiene la energía térmica suficiente para que sus cadenas estructurales experimenten un desplazamiento parcial y con esto ocurran cambios conformacionales en el material (Schackelford, 2005). La T_g (Temperatura de transición vítrea) en el nylon 6,6 y en el nylon 6 está comprendida normalmente entre 35°C y 50°C (Casado, 2001).

Cuando el polímero se encuentra por debajo de la T_g (Temperatura de transición vítrea) sus cadenas están fijas y no tienen capacidad de movimiento por lo tanto sus enlaces no son reactivos, esto significa que la energía cinética de los átomos es insuficiente para provocar movimientos colectivos o cambios conformacionales en el material y el polímero está rígido e inmovilizado (Schackelford, 2005). Al alcanzar la T_g (Temperatura de transición vítrea) el polímero puede moverse entre varias geometrías posibles y pueden ocurrir cambios conformacionales favoreciendo las reacciones químicas, además el material se vuelve más elástico y puede ocupar un mayor volumen (Schackelford, 2005).

Todos los polímeros termoplásticos experimentan a una cierta temperatura T_g (temperatura de transición vítrea) una disminución de su módulo elástico (que puede medirse con DMA, o analizador dinámico mecánico). Este cambio va asociado a una transformación interna en estado sólido que se manifiesta como un cambio en su capacidad calorífica (que

puede medirse con DSC, o calorimetría diferencial de barrido), igualmente esta temperatura marca un cambio en el coeficiente de expansión térmico (medible mediante TMA, o analizador termomecánico). Los cambios están asociados a movimientos colectivos en las zonas amorfas del polímero (Schackelford, 2005).

De la exposición del material a la salinidad y a la temperatura ambiente.

La mayoría de los estudios de degradación que se han realizado en redes de hilos de monofilamento o multifilamento de poliamida se han limitado a la exposición del material a la intemperie durante todo el tiempo de experimentación y no han considerado la salinidad presente en la inmersión del material en agua de mar. La salinidad del agua de mar está presente en las condiciones ambientales de uso al calar habitualmente las redes de enmalle debido a la alta absorción de humedad del material de poliamida (Casado, 2001; Schackelford, 2005) debido a esto, ciertas sales presentes en la salinidad del agua de mar solo en conjunto con la temperatura interactúan con el polímero de nylon (More & Donald, 1993) al exponer los paños a la intemperie, los efectos que puede causar esta interacción en las propiedades mecánicas de tracción del material se pueden verificar en diferentes estudios que tratan sobre los cambios que pueden producir en el nylon diferentes sales presentes en la salinidad del agua de mar solo en conjunto con la temperatura.

More & Donald (1993) estudiaron el efecto residual de la inmersión de películas delgadas de nylon 6 en soluciones salinas de $ZnCl_2$, $CaCl_2$ y $NaCl$ a temperaturas entre $25^{\circ}C$ y $90^{\circ}C$ con el objeto de analizar la influencia de la sal en la deformación de películas delgadas de nylon 6 bajo una tensión de tracción aplicada.

Señalaron que las pruebas de espectroscopia de infrarrojos muestran una modificación significativa del espectro en la unión intermolecular de nylon 6 después del tratamiento con $ZnCl_2$ y $CaCl_2$. El cambio se debe a la formación del complejo de amida con el grupo de los iones metálicos, este complejo conduce al endurecimiento de las cadenas del polímero que muestran un moderado grado de rigidez y reducción en la movilidad, el cambio es de dúctil a frágil. Señalaron que la reducción en la movilidad de la cadena conduce ahora a una mayor acumulación de tensión en las cadenas individuales y por lo tanto la tensión para la escisión de la cadena se puede alcanzar antes.

Añaden que el efecto del tratamiento con $NaCl$ es bastante diferente, los datos de las pruebas de espectroscopia de infrarrojos muestran que no existe la formación del complejo amida-sal con esta solución por lo tanto no hay razón para esperar que se produzca la rigidez de la cadena, menos aún fragilidad en el polímero, se cree que solo hay un efecto de plastificación. Además afirman que el efecto de plastificación conduce a una mayor movilidad de la cadena y esta movilidad podría conducir a la aparición de agrietamiento de

desenmarañado tal como puede ocurrir en algunos polímeros amorfos cuando existe un aumento de la temperatura, pero en este caso al estar en contacto el nylon con la solución de NaCl el posible agrietamiento del nylon será mucho menos susceptible a averías ya que no ha sido degradado su peso molecular por lo tanto la aparición de este agrietamiento no necesariamente va acompañado de mayor fragilidad.

Indicaron que la exploración adicional de las muestras analizadas por microscopia electrónica de transmisión mostró que con todas las sales se producen pequeños cambios de deformación al agrietamiento. Para todas las películas examinadas el agrietamiento se desarrolla en todas las temperaturas empleadas entre 25°C a 90°C y se desarrolla mejor entre 40°C y 60 °C. El agrietamiento que se observa en las películas deformadas se produce en mayor medida en muestras tratadas con ZnCl₂ y CaCl₂, aunque los cambios son pequeños, estos investigadores afirman que el agrietamiento en estas películas es debido al deterioro de las cadenas a través de escisión de la cadena, la escisión de la cadena implica la ruptura directa de los enlaces químicos en la cadena principal. El agrietamiento también se observa en las películas tratadas con NaCl pero en menor medida y con cambios menos marcados, estos cambios son irregulares y mal desarrollados.

Por último estos investigadores afirman que en trabajos anteriores realizados por ellos mismos a temperatura ambiente, el efecto de plastificación que se produce en las películas de nylon tratadas con NaCl podría explicar el aumento de la tensión en los primeros ensayos, ya que las tensiones antes y después de los primeros ensayos fueron similares.

Casado (2001), reportó que el material de poliamida es atacado por los oxidantes y especialmente por las soluciones acuosas de ZnCl₂, FeCl₃ y CaCl₂.

Wyzgoski & Novak (1987) investigaron a temperaturas ligeramente más elevadas sobre 50°C, las interacciones que se producen en películas delgadas de nylon 6 y nylon 6,6 con diferentes sales de CaCl₂, LiCl, MgCl₂ y NaCl. En esta investigación observaron que las medidas de ganancia en peso de las películas de nylon indicaron que a medida que aumentaba la temperatura se produjeron grandes aumentos en la sorción para las películas sumergidas en cualquiera de los cloruros acuosos; Calcio, litio, o magnesio, tanto los iones de sal y agua fueron absorbidos a medida que aumentaba la temperatura. Mientras que el cloruro de sodio no mostró ninguna tendencia a inducir agrietamiento y tampoco fue absorbido en la estructura del nylon, sólo el agua de esta solución fue absorbida a distintas temperaturas por lo que el cloruro de sodio no puede tener algún efecto en la cadena del polímero.

Informaron que el análisis químico confirmó que ambos iones de la sal y el agua del cloruro de calcio son absorbidos en el nylon, ellos encontraron que a medida que aumentaba la temperatura, hubo un efecto significativo en la cantidad de solución salina absorbida y que la absorción varió con el tipo de nylon que se ocupó en los ensayos. Además demostraron que el

proceso de sorción es físicamente reversible ya que la sal absorbida puede ser eliminada por inmersión del nylon en agua pura.

Señalaron que los resultados de espectroscopía infrarroja indicaron que el cloruro de calcio absorbido forma una asociación con los grupos amida en el nylon, esto se observó a pesar de la gran cantidad de agua absorbida en las películas de nylon, señalaron que la asociación de los grupos amida con los iones de sal hidratada endurece las cadenas del polímero de nylon a medida que aumenta la temperatura. Señalaron que tal cambio es un indicador de una movilidad restringida de las cadenas del polímero de nylon en la fase amorfa en presencia de la solución salina. Esto se comprobó además por la muy alta T_g (Temperatura de transición vítrea) para la película de nylon secada al vacío.

Exponen que dado que el agua absorbida disminuye la T_g , mientras que la sal solo la aumenta, se espera un efecto intermedio de la solución de sal en las películas de nylon. El hecho de que la solución de sal indujo agrietamiento y se produjo a temperaturas justo por encima de la T_g del nylon seco, hace que la cuestión de la ubicación de la T_g sea aún de mayor interés. Por ejemplo, si la sal absorbida aumenta la T_g , el proceso de sorción debe a su vez ser retardado. Por otro lado, una disminución de la T_g es más compatible con los modelos de agrietamiento de disolvente desarrollados para polímeros vítreos amorfos. Por desgracia, la evidencia disponible no permite una resolución de la cuestión de la T_g en las películas de nylon en solución salina.

Indicaron que los resultados del presente estudio son compatibles con un mecanismo de plastificación ya que se ha demostrado claramente que la solución de sal penetra en la estructura del nylon sin destruir la estructura cristalina y sin causar extensa recristalización o degradación del peso molecular.

De la exposición del material en sombra.

Entre los elementos que están presentes en las condiciones ambientales de uso después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, está el ambiente en sombra que se observa cuando algunos pescadores cubren los paños de enmalle con grandes lonas y así quedan estibados en las embarcaciones después de una faena de pesca en situación de almacenamiento. Existen estudios que recomiendan que el secado en sombra de los paños después de una faena de pesca podría extender la vida útil del material (Klust, 1982; Al-Oufi *et al.*, 2004), sin embargo esta conducta no está extensamente arraigada en los pescadores que usan el enmalle.

METODOLOGÍA

Diseño experimental.

Los datos utilizados en la consecución del presente estudio provienen de un diseño experimental denominado “Efectos de diferentes condiciones de uso sobre las propiedades mecánicas de paños de enmalle: Aproximación bajo condiciones controladas” efectuado en el marco de desarrollo de la asignatura PES600 de la carrera de Ingeniería Pesquera en la Escuela de Ciencias del Mar. El estudio se llevó a cabo entre los meses de Septiembre a Diciembre de 2012. El diseño experimental fue sistemático, se ajustó a un cronograma de trabajo previamente establecido que consistió en someter las muestras de dos materiales de origen de Brasil y China, de idénticas características físicas de monofilamento de poliamida de 0.3 mm de diámetro y de 2 pulgadas de tamaño de malla a distintas condiciones de uso. El material de origen de Brasil es revestido y es de mayor costo que el material de origen de China el cual es de utilización industrial y es el que usa la flota artesanal en la región.

Para ensayar el uso de las redes de enmalle en una faena de pesca, ambos materiales se sumergieron habitualmente en agua de mar en estanques del Laboratorio de Acuicultura de la Escuela de Ciencias del Mar (LEDA) y para ensayar el uso de las redes de enmalle después de una faena de pesca, ambos materiales se sometieron a cuatro condiciones de uso relacionadas con el uso de los paños de enmalle en situación de almacenamiento. El uso del material después de una faena de pesca en situación de almacenamiento, se realizó en un ambiente no normalizado de temperatura y humedad relativa debido a las limitaciones para obtener un ambiente adecuado y normalizado. Se trató en lo posible de evitar errores en términos de trazabilidad en los ensayos. Para estudiar el efecto de estas condiciones de uso se realizaron en ambos materiales pruebas de tracción de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura a los 0, 30, 60 y 90 días de experimentación. Las pruebas mecánicas de resistencia a la ruptura y de elongación de ruptura de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Escuela de Ciencias del Mar (TECPES). Se consideraron para esta evaluación la norma internacional de pruebas desarrolladas para determinaciones de propiedades físicas ISO (1805. 2006).

Se fabricaron cuatro bastidores de madera de iguales dimensiones de 47 cm de alto y 60 cm de ancho (Fig. 2), cada bastidor de madera fue pintado 4 veces con pintura epóxica para evitar que la madera al contacto con el agua de mar se hinche, se fraccione o estire las muestras del material de monofilamento de poliamida. Se montaron las muestras de ambos materiales en los cuatro bastidores, para esto se ocuparon ambos lados de cada bastidor y en cada lado del bastidor se montó un material distinto, se utilizó un bastidor por cada tratamiento o condición de uso simulado y en cada bastidor se montaron 60 muestras correspondientes a 30 muestras de cada material en estudio.

Las muestras de 15 cm de longitud, se montaron sin tensión en clavos galvanizados recubiertos con una cinta protectora y aislante del calor que pudiera transmitir el clavo a la muestra y quedaron separadas 2 cm una muestra de la otra. Se introdujo de forma uniforme un hilo blando a través de las muestras montadas en cada bastidor y quedaron las mallas abiertas y expuestas a las condiciones de uso simulado (Fig. 3). Se realizó habitualmente la inmersión de los cuatro bastidores que sirvieron de soporte a las muestras en estudio en cuatro estanques con agua de mar en el laboratorio LEDA (Fig. 4) con la finalidad de simular la inmersión de los paños de enmalle en las faenas de pesca artesanal. El agua de mar de los estanques se cambió siempre antes de sumergir habitualmente los cuatro bastidores de lunes a viernes mientras duraron los 45 días de ensayos programados por un lapso de 5 horas diarias de 08:30Hrs a 13:30Hrs, se consideró los días sábados y domingos como tiempo de secado debido a que los pescadores no utilizan sus redes por 2 días a la semana.

El tiempo que sumergen los paños en las faenas de pesca los pescadores de la región es de 2 horas aproximadamente, por lo cual el tiempo que se usó en este estudio al simular el uso del material en una faena de pesca fue de 5 horas diarias, tiempo que equivale a más del doble del tiempo de uso habitual de los paños de enmalle en la región. Posterior al tiempo de inmersión o uso simulado del material en una faena de pesca, se sacaron habitualmente los bastidores de los estanques para someter las muestras a distintas condiciones de uso simulado en situación de almacenamiento por un tiempo de 19 horas diarias, este procedimiento fue constante, se repitió habitualmente de lunes a viernes mientras duraron los 45 días de ensayos y se logró sumergir la totalidad de las muestras.

Se trabajó en cada material con 4 grupos del total de las muestras en estudio que corresponden al grupo de las muestras de control a los 0 días de ensayos, este grupo representa el grupo de muestras que no se sumergió y no se sometió a ninguna condición de uso simulado, además se trabajó con 3 grupos de muestras que se retiraron al azar de los bastidores con los que se realizaron las pruebas de tracción a los 15, 30 y 45 días de ensayos. Los 45 días de ensayos correspondieron a 90 días de uso simulado o experimentación del material en estudio, debido a que el tiempo que se usó al simular el uso del material en una faena de pesca fue el doble de lo que sumergen los paños habitualmente los pescadores, es por esto que el tiempo de experimentación en días en este estudio corresponde a 3 periodos; 30, 60 y 90 días de experimentación. El tiempo que duraron los ensayos se consideró suficiente considerando la duración media del material.

Condiciones de uso simulado.

Se simuló mediante una aproximación controlada el uso de los paños de enmalle después de una faena de pesca en situación de almacenamiento. Para esto se aplicaron en cada material 4 tratamientos o condiciones de uso simulado en 4 grupos distintos del total de las muestras

ensayadas. Los tratamientos o condiciones de uso simulado que se realizaron durante la experimentación fueron:

T1: Uso y secado a la intemperie.

El bastidor que sirvió de soporte a las muestras sometidas a este tratamiento se sumergió habitualmente en el estanque con agua de mar por un periodo de 5 horas, luego se retiró del estanque e inmediatamente se dejó a la intemperie en un ángulo de 45 grados de esta forma quedaron las muestras más expuestas a los rayos ultravioletas del sol y con suficiente aireación para evitar que la temperatura se acumule excesivamente y en estas condiciones se secaron las muestras por un periodo de 19 horas (Fig. 5). Este tratamiento se repitió habitualmente de lunes a viernes. El día sábado y domingo se dejó el bastidor a la intemperie porque se consideró tiempo de secado.

T2: Uso y secado en sombra.

El bastidor que sirvió de soporte a las muestras sometidas a este tratamiento se sumergió habitualmente en el estanque con agua de mar por un periodo de 5 horas, luego se retiró del estanque e inmediatamente se dejó en sombra bajo techo y en un lugar que no obstruyó su secado natural y en estas condiciones se secaron las muestras por un periodo de 19 horas (Fig. 6). Este tratamiento se repitió habitualmente de lunes a viernes. El día sábado y domingo se dejó el bastidor en sombra porque se consideró tiempo de secado.

T3: Uso, lavado y secado a la intemperie.

El bastidor que sirvió de soporte a las muestras sometidas a este tratamiento se sumergió habitualmente en el estanque con agua de mar por un periodo de 5 horas, luego se retiró del estanque e inmediatamente se lavaron con agua dulce las muestras montadas en el bastidor el cual se dejó a la intemperie en un ángulo de 45 grados y de esta forma quedaron las muestras más expuestas a los rayos ultravioletas del sol y con suficiente aireación para evitar que la temperatura se acumule excesivamente y en estas condiciones se secaron las muestras lavadas con agua dulce por un periodo de 19 horas (Fig. 5). Este tratamiento se repitió habitualmente de lunes a viernes. El día sábado y domingo se dejó el bastidor a la intemperie porque se consideró tiempo de secado.

T4: Uso, lavado y secado en sombra.

El bastidor que sirvió de soporte a las muestras de este tratamiento se sumergió habitualmente en el estanque con agua de mar por un periodo de 5 horas, luego se retiró del estanque e inmediatamente se lavaron con agua dulce las muestras montadas en el bastidor el cual se dejó en sombra bajo techo y en un lugar que no obstruyó su secado natural y en estas condiciones se secaron las muestras lavadas con agua dulce por un periodo de 19 horas (Fig. 6). Este tratamiento se repitió habitualmente de lunes a viernes. El día sábado y domingo se dejó el bastidor en sombra porque se consideró tiempo de secado.



Figura 2. Bastidor de madera

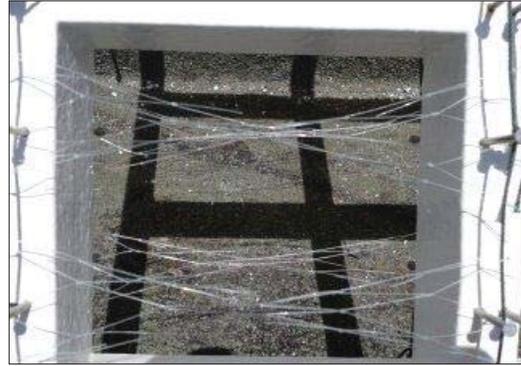


Figura 3. Muestras montadas en el bastidor



Figura 4. Bastidores sumergidos en agua de mar.



Figura 5. Muestras secándose a la intemperie.



Figura 6. Muestras secándose en sombra.



Figura 7. Muestra en pruebas de tracción.

Muestras analizadas.

A los 0 días de experimentación se sometieron a pruebas de tracción de resistencia a la ruptura y de elongación de ruptura a 10 muestras de cada material que correspondieron a las muestras de control (Tabla 1). Luego cada 30 días de experimentación se sometieron a pruebas de tracción de resistencia a la ruptura y de elongación de ruptura a 80 muestras que se retiraron al azar de los bastidores que equivalen a 40 muestras de cada material en estudio, estas muestras corresponden a 10 muestras de cada tratamiento o condición de uso simulado de laboratorio. Se totalizaron 260 muestras sometidas a pruebas de tracción en 90 días de experimentación (Tabla 1).

Pruebas de tracción.

Se realizaron las pruebas de tracción de resistencia a la ruptura y de elongación de ruptura cada 30 días de experimentación. Para las pruebas de tracción las máquinas utilizadas son conocidas como dinamómetros o tensiómetros (Fig. 7). La muestra se sostiene entre 2 mordazas y es tensada por un incremento de carga hasta que se rompe (Fig. 7). Se determinó la elongación de ruptura de las muestras retiradas de los bastidores cuando cada muestra se fijó a las abrazaderas de la máquina y se obtuvo la elongación inicial de la muestra, luego la muestra se estiró en virtud de la fuerza que provee la máquina cada vez mayor hasta que se rompió y se obtuvo una nueva medida que se restó a la inicial y correspondió a la elongación de ruptura de cada muestra testeada. A la vez se determinó la resistencia a la ruptura de cada muestra testeada en el instante en que cada muestra se rompió ya que el tensiómetro está equipado con un medidor de fuerza electrónico que entregó el valor de la fuerza en kg que se necesitó para romper esa muestra (Fig. 7). La resistencia a la ruptura es la carga máxima o fuerza que se necesita para que el material se rompa. Para las pruebas de tracción se utilizó el tensiómetro Buraschi (Fig. 7).

Se realizaron las primeras pruebas de tracción que fueron las pruebas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura de las muestras de control en ambos materiales, esto es un total de 10 mediciones de control por cada material (Tabla 1). Se aplicaron pruebas de resistencia a la ruptura y de elongación de ruptura a la totalidad de las muestras que se analizaron durante la experimentación. El procedimiento de selección de muestras al azar y posterior sometimiento de cada una de ellas a las pruebas de tracción se repitió cada 30 días hasta completar 90 días de experimentación y la totalidad de las muestras (Tabla 1).

Tabla 1. Muestras que se controlaron en ambos materiales.

Tiempo (días)	Muestras del material de Brasil.				Muestras del material de China.				Total muestras
	0	30	60	90	0	30	60	90	
Control	10				10				
T1		10	10	10		10	10	10	
T2		10	10	10		10	10	10	
T3		10	10	10		10	10	10	
T4		10	10	10		10	10	10	
Total muestras	10	40	40	40	10	40	40	40	260

Diseño de las bases de datos.

Se construyó para ambos materiales una base de datos general en formato Excel, con la información de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura que se obtuvo durante el periodo de experimentación. Sus columnas fueron: Número de muestra, tratamiento, material, tiempo en días, longitud inicial en cm, longitud final en cm, elongación de ruptura en cm, resistencia a la ruptura en kg y porcentaje de elongación (Anexo 1) y (Anexo 2).

Se construyó a partir de la base de datos general en formato Excel (Anexo 1), las bases de datos individuales de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” correspondientes a cada tratamiento (Anexo 1), estas bases de datos están compuestas por las muestras de control (n=10), las muestras del tratamiento que se sacaron a los 30 días (n=10), las muestras del tratamiento que se sacaron a los 60 días (n=10) y las muestras del tratamiento que se sacaron a los 90 días (n=10).

Las bases de datos fueron:

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T1B (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T2B (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T3B (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T4B (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T1Ch (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T2Ch (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T3Ch (Anexo 1).

Resistencia a la ruptura a través del tiempo _T4Ch (Anexo 1).

Diseño de las bases de datos de Resistencia a la ruptura.

Cada base de datos de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) tomó su respectivo nombre de extensión en formato Excel y se trabajó con cada una de ellas en el software “IBM SPSS Statistics 21”. Por ejemplo la base de datos “Resistencia a la ruptura a través del tiempo_T1B (Anexo 1)” tomó el nombre de extensión en formato Excel “SPSS_resist_T1B.xlsx -Microsoft Excel” e indicó el nombre de la base de datos con que se trabajó en el software “IBM SPSS Statistics 21” y mostró la base de datos de resistencia a la ruptura de las muestras a los 0, 30, 60 y 90 días de experimentación del tratamiento número 1 (Uso y secado a la intemperie) del material de Brasil.

Cada base de datos de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) sirvió de base para crear 6 bases de datos en formato Excel (Anexo 1). Cada una de estas bases de datos tomó su respectivo nombre de extensión en formato Excel y se trabajó con ellas en el software “IBM SPSS Statistics 21”. Por ejemplo de la base de datos “Resistencia a la ruptura a través del tiempo_T1B (Anexo 1)” se obtuvieron 6 comparaciones al interior de los grupos de este tratamiento y una de ellas a modo de ejemplo fue “SPSS_resist_T1B_30_60.xlsx - Microsoft Excel” que mostró la base de datos de resistencia a la ruptura de las muestras a los 30 y 60 días de experimentación del tratamiento número 1 (Uso y secado a la intemperie) del material de Brasil.

Sus columnas fueron:

Muestra: Indicó el número de la muestra entre el 1 y el 10 correspondiente al grupo de muestras que se analizó en el periodo de experimentación respectivo.

Tratamiento: Indicó un código con 3 decimales. El primer decimal mostró el número de tratamiento y los otros 2 decimales mostraron el periodo donde se analizó la muestra. El 0 en la celda de esta columna correspondió a las muestras de Control.

Material: Indicó la procedencia del material de las muestras analizadas, Brasil o China.

Tiempo_días: Indicó el periodo de experimentación en días donde se analizó la muestra, el 0 correspondió a las muestras de Control que no se sometieron a ninguna condición de uso simulado de laboratorio en el tiempo. Los 2 dígitos en las celdas de la columna indicaron el día donde se realizaron los ensayos de tracción 30, 60 y 90 días de experimentación.

Long_ini: Indicó el valor de la longitud inicial de la muestra en cm que se obtuvo cuando se efectuó las pruebas de tracción de las muestras en el tensiómetro.

Long_fin: Indicó el valor de la longitud final de la muestra en cm que se obtuvo cuando se efectuó las pruebas de tracción de las muestras en el tensiómetro.

Elong_ru: Indicó el valor de la elongación de ruptura de la muestra analizada y correspondió a la diferencia en cm entre Long_fin y Long_ini.

Resistencia_ruptura_kg: Indicó el valor de resistencia a la ruptura de la muestra analizada en kg que entregó el tensiómetro en las pruebas de tracción.

Diseño de las bases de datos del Porcentaje de elongación de ruptura.

A partir de las bases de datos de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1), se construyeron las bases de datos individuales del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2). Las bases de datos fueron:

Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T1B (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T2B (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T3B (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T4B (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T1Ch (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T2Ch (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T3Ch (Anexo 2).
Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo _T4Ch (Anexo 2).

Cada base de datos del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2), tomó su respectivo nombre de extensión en formato Excel y se trabajó con cada una de ellas en el software “IBM SPSS Statistics 21”. Por ejemplo la base de datos del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo_T1B (Anexo 2)” tomó el nombre de extensión en formato Excel “SPSS_%elong_T1B.xlsx - Microsoft Excel” e indicó el nombre de la base de datos con que se trabajó en el software “IBM SPSS Statistics 21” y mostró la base de datos del Porcentaje de elongación de las muestras a los 0, 30, 60 y 90 días de experimentación del tratamiento número 1 (Uso y secado a la intemperie) del material de Brasil.

Cada base de datos del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2), sirvió de base para crear 6 bases de datos en formato Excel (Anexo 2). Cada una de estas bases de datos tomó su respectivo nombre de extensión en formato Excel y se trabajó con ellas en el software “IBM SPSS Statistics 21”. Por ejemplo de la base de datos del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo_T1B (Anexo 2)” se obtuvieron 6 comparaciones al interior de los grupos de este tratamiento y una de ellas a modo de ejemplo fue “SPSS_%elong_T1B_30_60 .xlsx - Microsoft Excel” que mostró la base de datos del Porcentaje de elongación de ruptura de las muestras a los 30 y 60 días de experimentación del tratamiento número 1 (Uso y secado a la intemperie) del material de Brasil.

Sus columnas fueron:

Muestra: Indicó el número de la muestra entre el 1 y el 10 correspondiente al grupo de muestras que se analizó en el periodo de experimentación respectivo.

Tratamiento: Indicó un código con 3 decimales. El primer decimal mostró el número de tratamiento y los otros 2 decimales mostraron el periodo donde se analizó la muestra. El 0 en la celda de esta columna correspondió a las muestras de Control.

Material: Indicó la procedencia del material de las muestras analizadas, Brasil o China.

Tiempo_días: Indicó el periodo de experimentación en días donde se analizó la muestra, el 0 correspondió a las muestras de Control que no se sometieron a ninguna condición de uso simulado de laboratorio en el tiempo. Los 2 dígitos en las celdas de la columna indicaron el día donde se realizaron los ensayos de tracción 30, 60 y 90 días de experimentación.

Long_ini: Indicó el valor de la longitud inicial de la muestra en cm que se obtuvo cuando se efectuó las pruebas de tracción de las muestras en el tensiómetro.

Long_fin: Indicó el valor de la longitud final de la muestra en cm que se obtuvo cuando se efectuó las pruebas de tracción de las muestras en el tensiómetro.

Elong_ru: Indicó el valor de la elongación de ruptura de la muestra analizada y correspondió a la diferencia en cm entre Long_fin y Long_ini.

Porcentaje_elong: Indicó el valor de elongación de ruptura de la muestra en decimales y se obtuvo en la base de datos del Excel al dividir las celdas de Elong_ru entre Long_ini.

Porcentaje_elongación_%: Indicó el valor del porcentaje de elongación de ruptura de la muestra en % y se obtuvo en la base de datos del Excel al multiplicar las celdas de Porcentaje_elong * 100.

Empleo de las bases de datos.

Las bases de datos individuales de ambos materiales de resistencia a la ruptura a través del tiempo (Anexo 1), se utilizaron para efectuar los gráficos de rangos de resistencia a la ruptura a través del tiempo Fig. 8 (A-D) y Fig. 9 (A-D).

Las bases de datos individuales de ambos materiales de resistencia a la ruptura a través del tiempo (Anexo 1), se utilizaron para efectuar el análisis estadístico de Kruskal-Wallis en los grupos y al interior de los grupos respectivamente de cada tratamiento, con la información de

resistencia a la ruptura a través del tiempo 0, 30, 60 y 90 días de experimentación Fig. (10-13) (A) y Fig. (10-13) (B); Fig. (14-17) (A) y Fig. (14-17) (B).

Las bases de datos individuales de ambos materiales del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo (Anexo 2), se utilizaron para efectuar los gráficos de rangos del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo Fig. 18 (A-D) y Fig. 19 (A-D).

Las bases de datos individuales de ambos materiales del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo (Anexo 2), se utilizaron para efectuar el análisis estadístico de Kruskal-Wallis en los grupos y al interior de los grupos respectivamente de cada tratamiento, con la información del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo 0, 30, 60 y 90 días de experimentación Fig. (20-23) (A) y Fig. (20-23) (B); Fig. (24-27) (A) y Fig. (24-27) (B).

Método estadístico

En muchas circunstancias resulta demasiado arriesgado suponer normalidad y homocedasticidad si las muestras son pequeñas o los tamaños muestrales son desiguales. Por esta razón en este estudio se omitió realizar cualquier prueba estadística de comparación de medias como el anova unifactorial o realizar cualquier prueba estadística que tiene por función verificar el cumplimiento de los supuestos del anova unifactorial debido a que en todos los grupos analizados se presentó un tamaño de muestra pequeño menor a 10 muestras y en esta condición es muy difícil verificar una distribución normal de las muestras. Esta situación mostró que no estuvieron las condiciones necesarias para poder realizar el test de comparación de medias con algún método paramétrico. De acuerdo a lo anterior se recurrió a pruebas estadísticas no paramétricas.

Método estadístico no paramétrico.

Las pruebas no paramétricas pueden utilizarse en situaciones en que no se cumplen los supuestos requeridos por las técnicas paramétricas o bien cuando el tamaño de muestra es pequeño y es muy difícil verificar el supuesto de normalidad en la distribución de la probabilidad o si los tamaños muestrales son desiguales.

Entre las pruebas no paramétricas más poderosas que existen para muestras independientes se encuentran la prueba U de Mann-Whitney y la prueba H de Kruskal-Wallis. La prueba U de Mann-Whitney se utiliza cuando se trabaja con dos muestras independientes y es equivalente a la prueba de dos grupos H de Kruskal-Wallis. La prueba H de Kruskal-Wallis

es una extensión de la prueba U de Mann-Whitney y pertenece a las pruebas no paramétricas de comparación de tres o más muestras independientes: Es libre de la curva normal, se utiliza la distribución Chi-cuadrado y la variable dependiente tiene un nivel ordinal.

En el presente estudio se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis en las muestras de ambos materiales para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas al comparar 4 grupos: 0, 30, 60 y 90 días de experimentación en cada tratamiento: T1, T2, T3 y T4 respectivamente a través del tiempo. Además se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis en las muestras de ambos materiales para comparar combinaciones de 2 grupos al interior de cada tratamiento: T1, T2, T3 y T4 a través del tiempo de experimentación. Esta prueba representa en el análisis estadístico una excelente alternativa al anova de un factor completamente aleatorizado y para docimar sobre el centro de la distribución establece la hipótesis en términos de la mediana. Se utilizó el software IBM SPSS Statistics 21 en la aplicación de la prueba estadística de Kruskal-Wallis.

Método estadístico de Kruskal - Wallis.

Se verificó si las diferencias en los valores de los rangos observados de las muestras de resistencia a la ruptura a través del tiempo Fig. 8 (A-D) y Fig. 9 (A-D) y las diferencias en los valores de los rangos observados de las muestras del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo Fig. 18 (A-D) y Fig. 19 (A-D) de las bases de datos individuales de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) y del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2) respectivamente, fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Se aplicó en cada base de datos respectiva la prueba estadística no paramétrica de Kruskal - Wallis.

Hipótesis de trabajo:

Ho: mediana 1 = mediana 2

H1: mediana 1 \neq mediana 2

Donde:

mediana 1: Mediana de la resistencia de ruptura de las muestras de monofilamento de poliamida en los ensayos simulados de laboratorio.

mediana 2: Mediana de la resistencia de ruptura de las muestras de monofilamento de poliamida de control.

H0: No existe diferencia significativa en el promedio de resistencia de ruptura de las muestras de monofilamento de poliamida (mediana 1 = mediana 2).

H1: Existe diferencia significativa en el promedio de resistencia de ruptura de las muestras de monofilamento de poliamida (mediana 1 \neq mediana 2).

Se acepta H0 si: $p > \alpha$.

Donde:

α : Nivel de significancia ($p < 0,05$)

p: Probabilidad.

RESULTADOS

ESTUDIO DE RESISTENCIA A LA RUPTURA DE AMBOS MATERIALES A TRAVÉS DEL TIEMPO DE EXPERIMENTACIÓN.

En el estudio de resistencia a la ruptura de ambos materiales, se realizó un análisis preliminar en cada tratamiento, que consistió en una descripción general de rangos de resistencia a la ruptura a través del tiempo de experimentación, con el objeto de verificar entre que rangos fluctuaron los valores observados de resistencia a la ruptura a través del tiempo de experimentación (Fig.8) (A-D) y (Fig.9) (A-D). En el análisis estadístico de los rangos de resistencia a la ruptura, se compararon mediante Kruskal-Wallis, las medianas de los 4 grupos en cada tratamiento a un nivel de confianza del 95% en las bases de datos individuales de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1), el análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó si existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando en cada tratamiento se comparó la mediana de resistencia a la ruptura de los 4 grupos correspondientes a los valores de la mediana de resistencia a la ruptura en cada periodo de ensayos 30, 60 y 90 días de experimentación respecto a los valores de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control. Fig. (10-13) (A) y Fig. 14-17 (A); (Anexo 3) y (Anexo 4). Además mediante Kruskal-Wallis se compararon las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior de cada tratamiento en las bases de datos individuales de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1). El análisis estadístico de Kruskal-Wallis, indicó si existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando se comparó la mediana de resistencia a la ruptura entre 2 grupos al interior de cada tratamiento en los valores observados de cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación. Fig. (10-13) (B) y Fig. (14-17) (B); (Anexo 3) y (Anexo 4).

Resistencia a la ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.

a) Material de origen de Brasil.

Se obtuvo el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura en cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 8) (A-D) de las bases de datos individuales “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) del material de origen de Brasil. El rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control del material de origen de Brasil osciló entre 5,4 kg y 6,2 kg (Fig. 8) (A-D).

En el tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 8) (A) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,8 kg y 8,2 kg (Fig. 8) (A). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,4 kg y 6,6 kg y mostró valores similares a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (A). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,2 kg y 7,6 kg (Fig. 8) (A). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 30 y 90 días de experimentación, mostraron valores mayores a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (A).

Respecto al tratamiento T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 8) (B) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,8 kg y 6,8 kg y se mostraron sobre los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (B). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 4,4 kg y 5,2 kg (Fig. 8) (B). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 4,6 kg y 6,0 kg (Fig. 8) (B). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 60 y 90 días de experimentación, mostraron valores menores a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (B).

Respecto al tratamiento T3B (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 8) (C) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,0 kg y 6,8 kg (Fig. 8) (C). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,2 kg y 7,4 kg (Fig. 8) (C). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 7,0 kg y 7,6 kg (Fig. 8) (C). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, fueron mayores a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (C).

Respecto al tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 8) (D) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,2 kg y 6,0 kg (Fig. 8) (D). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 4,8 kg y 6,0 kg (Fig. 8) (D). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,6 kg y 6,6 kg (Fig. 8) (D). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, mostraron valores similares a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 8) (D).

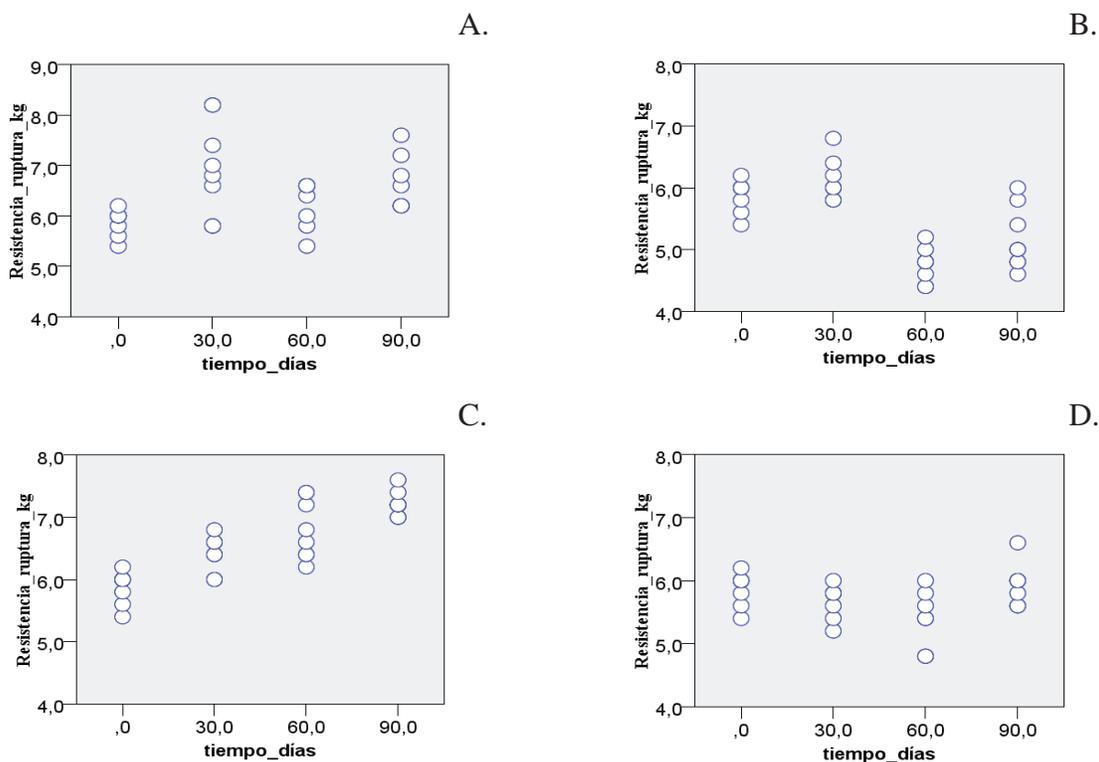


Figura 8. Resistencia a la ruptura del material de origen de Brasil: A) T1B: (Uso y secado a la intemperie); B) T2B: (Uso y secado en sombra); C) T3B: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4B: (Uso, lavado y secado en sombra).

b) Material de origen de China.

Se obtuvo el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura en cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 9) (A-D) de las bases de datos individuales “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) del material de origen de China. El rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control del material de origen de China (Ch) osciló entre 6,0 kg y 6,6 kg (Fig. 9) (A-D).

En el tratamiento T1Ch (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 9) (A) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,6 kg y 7,0 kg y fue similar a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (A). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,8 kg y 8,6 kg (Fig. 9) (A). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados en las muestras de resistencia a la ruptura osciló entre 7,6 kg y 9,2 kg (Fig. 9) (A). Los valores de rangos

observados de resistencia a la ruptura a los 60 y 90 días de experimentación, fueron mayores a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (A).

Respecto al tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 9) (B) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,6 kg y 7,2 kg (Fig. 9) (B). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,6 kg y 6,6 kg (Fig. 9) (B). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,2 kg y 6,8 kg (Fig. 9) (B). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (B).

Respecto al tratamiento T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 9) (C) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,8 kg y 7,6 kg y fue similar a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (C). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,6 kg y 8,6 kg (Fig. 9) (C). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 7,0 kg y 8,2 kg (Fig. 9) (C). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 60 y 90 días de experimentación, fueron mayores a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (C).

Respecto al tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 9) (D) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,2 kg y 6,6 kg (Fig. 9) (D). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 6,2 kg y 7,0 kg (Fig. 9) (D). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados de resistencia a la ruptura osciló entre 5,8 kg y 7,2 kg (Fig. 9) (D). Los valores de rangos observados de resistencia a la ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores observados de resistencia a la ruptura de las muestras de control (Fig. 9) (D).

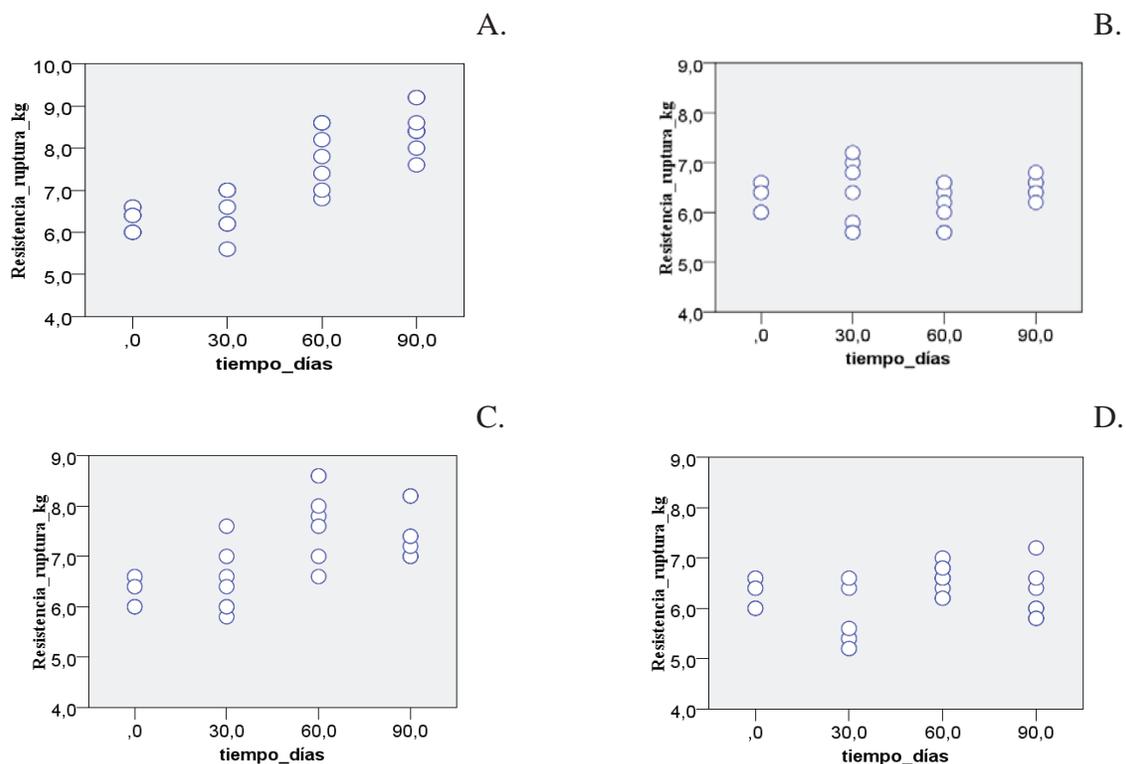


Figura 9. Resistencia a la ruptura del material de origen de China: A) T1Ch: (Uso y secado a la intemperie); B) T2Ch: (Uso y secado en sombra); C) T3Ch: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4Ch: (Uso, lavado y secado en sombra).

Test estadísticos de resistencia a la ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.

Se aplicó en ambos materiales la prueba estadística de Kruskal-Wallis, en los grupos de cada tratamiento y al interior de los grupos de cada tratamiento, en las bases de datos individuales de “Resistencia a la ruptura a través del tiempo” (Anexo 1) con el objeto de determinar, si las similitudes o las diferencias observadas en los resultados de la descripción general de rangos de resistencia a la ruptura a través del tiempo de experimentación, fueron estadísticamente significativas.

a) Material de origen de Brasil.

En el tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 10) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T1B ($X^2=10.976$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 3), que indicó una diferencia

estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 10) (A).

En el gráfico (Fig. 10) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con menor resistencia a la ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación, que representó el grupo de muestras que no se sumergió y no se sometió a ninguna condición de uso simulado de laboratorio. Y otro conjunto de mayor resistencia a la ruptura respecto al grupo de control, formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 30 y 90 días de experimentación. Los valores altos en estos periodos de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo de control, implicaron que se afectó la resistencia a la ruptura con este tratamiento (Fig. 10) (A). La medición a los 60 días de experimentación no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 10) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T1B (Fig. 10) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 10) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 10) (B) (Anexo 3).

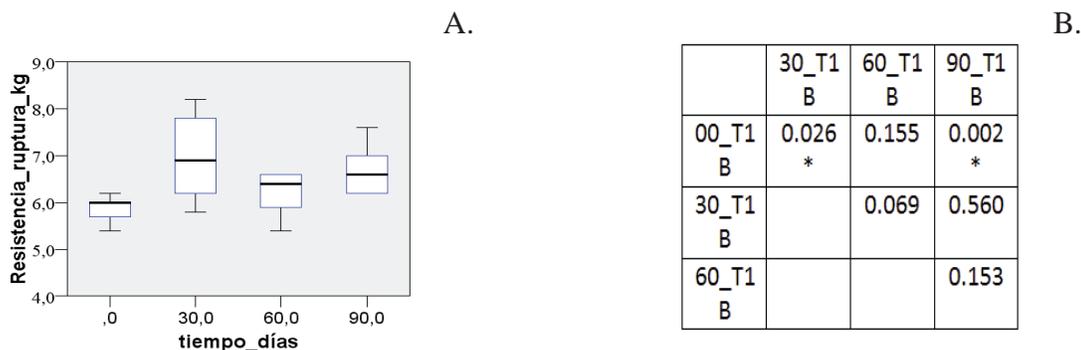


Figura 10. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T1B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T1B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1B.

En el tratamiento T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 11) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T2B ($X^2=21.397$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 3), que indicó una diferencia

estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 11) (A).

En el gráfico (Fig. 11) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor resistencia a la ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor resistencia a la ruptura formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 60 y 90 días de experimentación. Los valores bajos en estos periodos de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo de control, implicaron que se afectó la resistencia a la ruptura con este tratamiento (Fig. 11) (A). La medición a los 30 días de experimentación no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 11) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2B (Fig. 11) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 11) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 11) (B) (Anexo 3). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 11) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 11) (B) (Anexo 3).

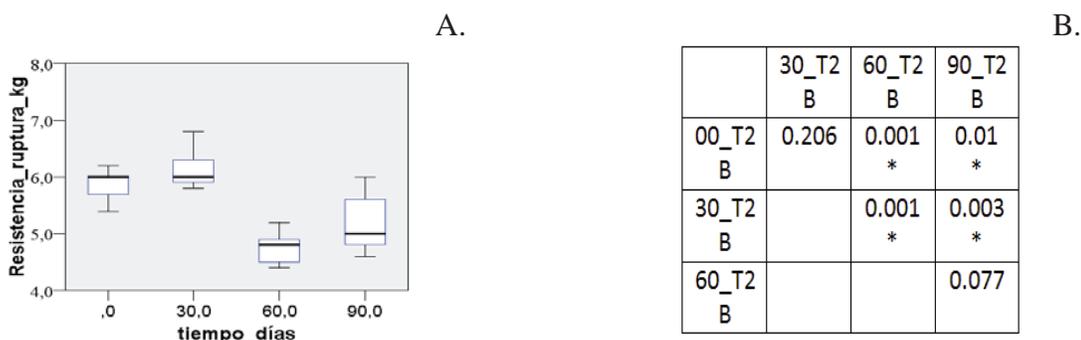


Figura 11. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T2B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T2B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2B.

En el tratamiento T3B (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 12) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T3B ($X^2=21.576$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 3), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para

determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 12) (A).

En el gráfico (Fig. 12) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con menor resistencia a la ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de mayor resistencia a la ruptura respecto al grupo de control, formado por 3 grupos donde se realizaron mediciones a los 30, 60 y 90 días de experimentación. Los valores altos en estos periodos de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo de control, implicaron que se afectó la resistencia a la ruptura con este tratamiento (Fig. 12) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T3B (Fig. 12) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 12) (B) (Anexo 3). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 12) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 12) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 12) (B) (Anexo 3).

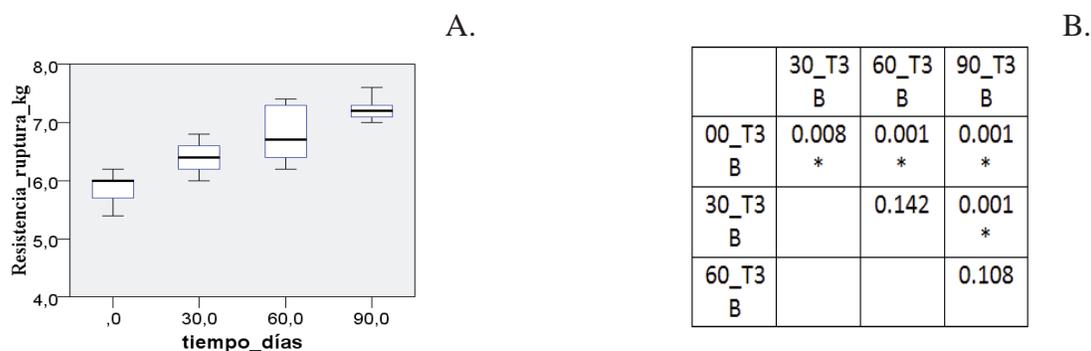


Figura 12. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T3B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T3B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3B.

En el tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 13) (A); No se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T4B (Fig. 13) (A) ($X^2=7.741$, $gl=3$, $p > 0,05$) (Anexo 3).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T4B (Fig. 13) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 13) (B) (Anexo 3). El grupo a los 90 días con el grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 13) (B) (Anexo 3).

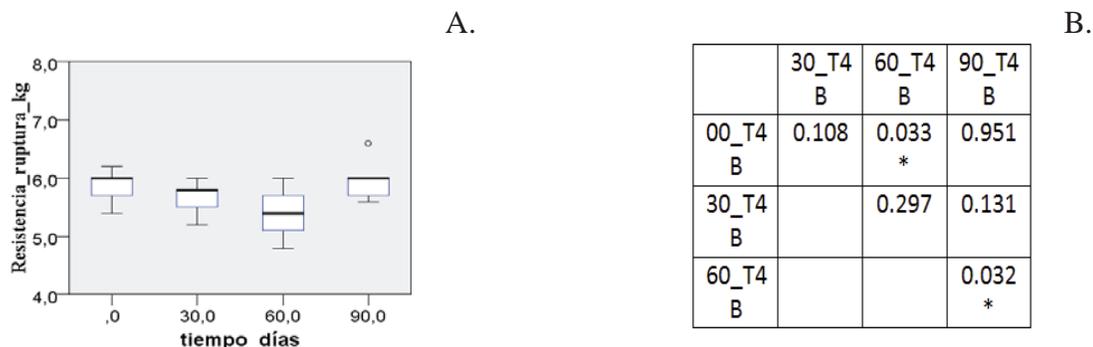


Figura 13. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T4B: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T4B. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4B.

b) Material de origen de China.

En el tratamiento T1Ch (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 14) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T1Ch ($X^2=21.264$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 4), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 14) (A).

En el gráfico (Fig. 14) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con menor resistencia a la ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación, que representó el grupo de muestras que no se sumergió y no se sometió a ninguna condición de uso simulado de laboratorio. Y otro conjunto de mayor resistencia a la ruptura respecto al grupo de control, formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 60 y 90 días de experimentación. Los valores altos en estos periodos de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo de control, implicaron que se afectó la resistencia a la ruptura con este tratamiento (Fig. 14) (A). La medición a los 30 días de experimentación no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 14) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T1Ch (Fig. 14) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 14) (B) (Anexo 4). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 14) (B) (Anexo 4). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 14) (B) (Anexo 4). El grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 14) (B) (Anexo 4).

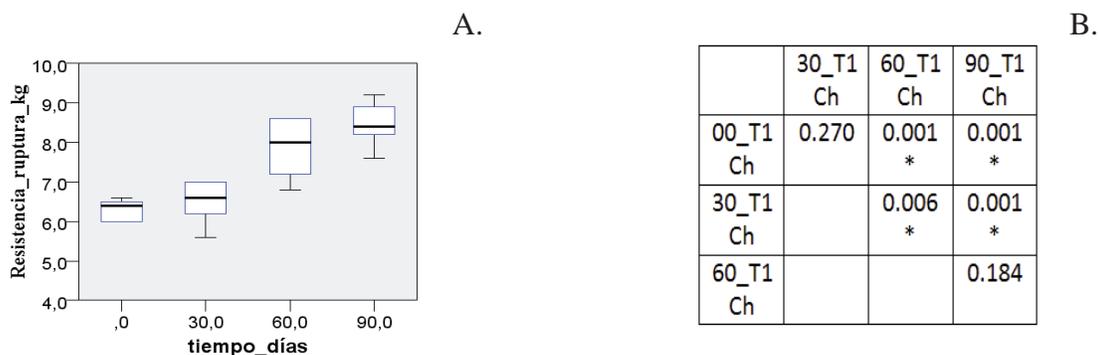


Figura 14. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T1Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T1Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1Ch.

En el tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 15) (A); No se encontró diferencias estadísticamente significativas cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T2Ch (Fig.15) (A) ($X^2=2.750$, $gl=3$, $p > 0,05$) (Anexo 4). No se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2Ch (Fig.15) (B) (Anexo 4).

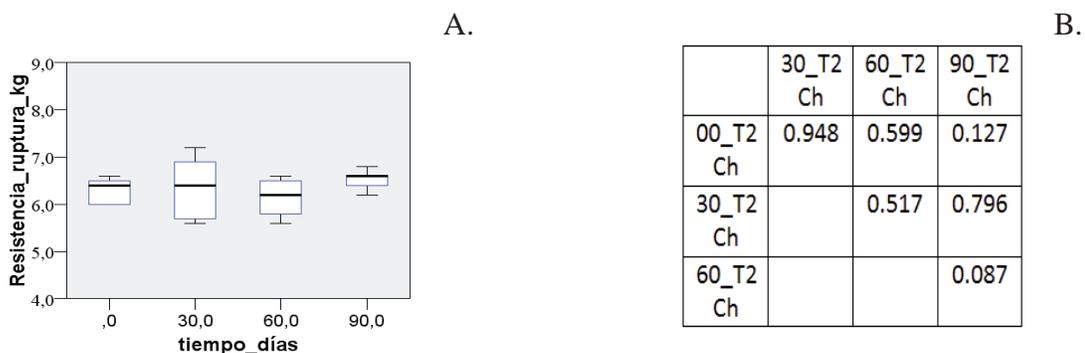


Figura 15. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T2Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T2Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2Ch.

En el tratamiento T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 16) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T3Ch ($X^2=17.537$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 4), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 16) (A).

En el gráfico (Fig. 16) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con menor resistencia a la ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de mayor resistencia a la ruptura respecto al grupo de control, formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 60 y 90 días de experimentación. Los valores altos en estos periodos de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo de control, implicaron que se afectó la resistencia a la ruptura con este tratamiento (Fig. 16) (A). A los 30 días de experimentación no se observó diferencias respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con en este periodo (Fig. 16) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T3Ch (Fig. 16) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 16) (B) (Anexo 4). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 16) (B) (Anexo 4). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) (Fig. 16) (B) (Anexo 4). El grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) (Fig. 16) (B) (Anexo 4).

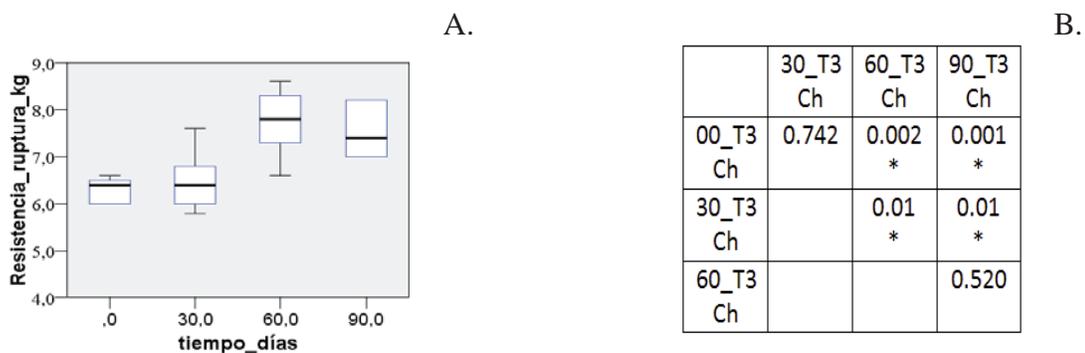
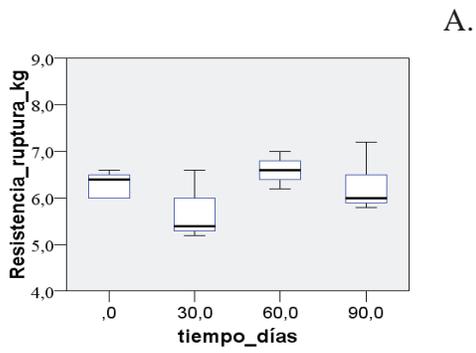


Figura 16. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T3Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T3Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3Ch.

En el tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 17) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T4Ch (Fig. 17) (A) ($X^2=10.308$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 4), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 17) (A).

En el gráfico (Fig. 17) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor resistencia a la ruptura formado por el grupo a los 60 días de experimentación. Y otro conjunto de menor resistencia a la ruptura formado por el grupo donde se realizaron mediciones a los 30 días de experimentación. El valor alto a los 60 días de la mediana de resistencia a la ruptura respecto a la mediana de resistencia a la ruptura del grupo a los 30 días, implicó que se afectó la resistencia a la ruptura en este periodo con este tratamiento (Fig. 17) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre 2 grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T4Ch (Fig. 17) (B). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) (Fig. 17) (B) (Anexo 4).



B.

	30_T4 Ch	60_T4 Ch	90_T4 Ch
00_T4 Ch	0.06	0.058	0.552
30_T4 Ch		0.009 *	0.062
60_T4 Ch			0.097

Figura 17. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de resistencia a la ruptura del tratamiento T4Ch: A) Test estadístico de resistencia a la ruptura de los grupos del tratamiento T4Ch. B) Test estadístico de resistencia a la ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4Ch.

ESTUDIO DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE RUPTURA DE AMBOS MATERIALES A TRAVÉS DEL TIEMPO DE EXPERIMENTACIÓN.

En el estudio del porcentaje de elongación de ruptura de ambos materiales, se realizó un análisis preliminar en cada tratamiento, que consistió en una descripción general de rangos del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo de experimentación, con el objeto de verificar entre que rangos fluctuaron los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo de experimentación (Fig.18) (A-D) y (Fig.19) (A-D). En el análisis estadístico de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura, se compararon mediante Kruskal-Wallis, las medianas de los cuatro grupos de cada tratamiento, a un nivel de confianza del 95% en las bases de datos individuales del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2), el análisis estadístico de Kruskal-Wallis, indicó si existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando en cada tratamiento se comparó la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de los 4 grupos correspondientes a los valores de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura en cada periodo de ensayos 30, 60 y 90 días de experimentación respecto a los valores de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control. Fig. (20-23) (A) y Fig. (24-27) (A); (Anexo 5) y (Anexo 6). Además, mediante Kruskal-Wallis, se compararon las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior de cada tratamiento, en las bases de datos individuales del “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2). El análisis estadístico de Kruskal-Wallis, indicó si existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando se comparó la mediana de resistencia a la ruptura entre 2 grupos al interior de cada tratamiento, en los valores observados de cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación. Fig. (20-23) (B) y Fig. (24-27) (B); (Anexo 5) y (Anexo 6).

Porcentaje de elongación de ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.

a) Material de origen de Brasil.

Se obtuvo el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura en cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 18) (A-D) de las bases de datos individuales “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2) del material de origen de Brasil. El rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control del material de origen de Brasil (B) osciló entre 27,5% y 37,1% (Fig. 18) (A-D).

En el tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 18) (A) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación

de ruptura osciló entre 32,4% y 41,5% (Fig. 18) (A). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 27,1% y 34,8% (Fig. 18) (A). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 26,1% y 29,9% (Fig. 18) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 días de experimentación, mostraron en general valores mayores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 18) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 60 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 18) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 90 días de experimentación, mostraron en general valores menores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 18) (A).

Respecto al tratamiento T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 18) (B) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 26,5% y 33,1% (Fig. 18) (B). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 28,0% y 32,9% (Fig. 18) (B). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 28,0% y 32,2% (Fig. 18) (B). Algunos valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control fueron mayores a los valores de los rangos observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación. En estos periodos los valores de rangos del porcentaje de elongación de ruptura mostraron en general valores similares entre ellos (Fig. 18) (B).

Respecto al tratamiento T3B (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 18) (C) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 27,5% y 30,4% (Fig. 18) (C). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 26,8% y 31,5% (Fig. 18) (C). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 28,0% y 30,6% (Fig. 18) (C). Algunos valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control fueron mayores a los valores de los rangos observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación. En estos periodos los valores de rangos del porcentaje de elongación de ruptura mostraron en general valores similares entre ellos. (Fig. 18) (C).

Respecto al tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 18) (D) a los 30 días de experimentación el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 26,1% y 37,0% (Fig. 18) (D). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 26,1% y 28,7% (Fig. 18) (D). A los 90 días de experimentación, el rango

de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 27,0% y 34,6% (Fig. 18) (D). Los valores de los rangos observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 y 90 días de experimentación, mostraron en general valores similares entre ellos y similares a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 18) (D). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 60 días de experimentación, mostraron en general valores menores que los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 18) (D).

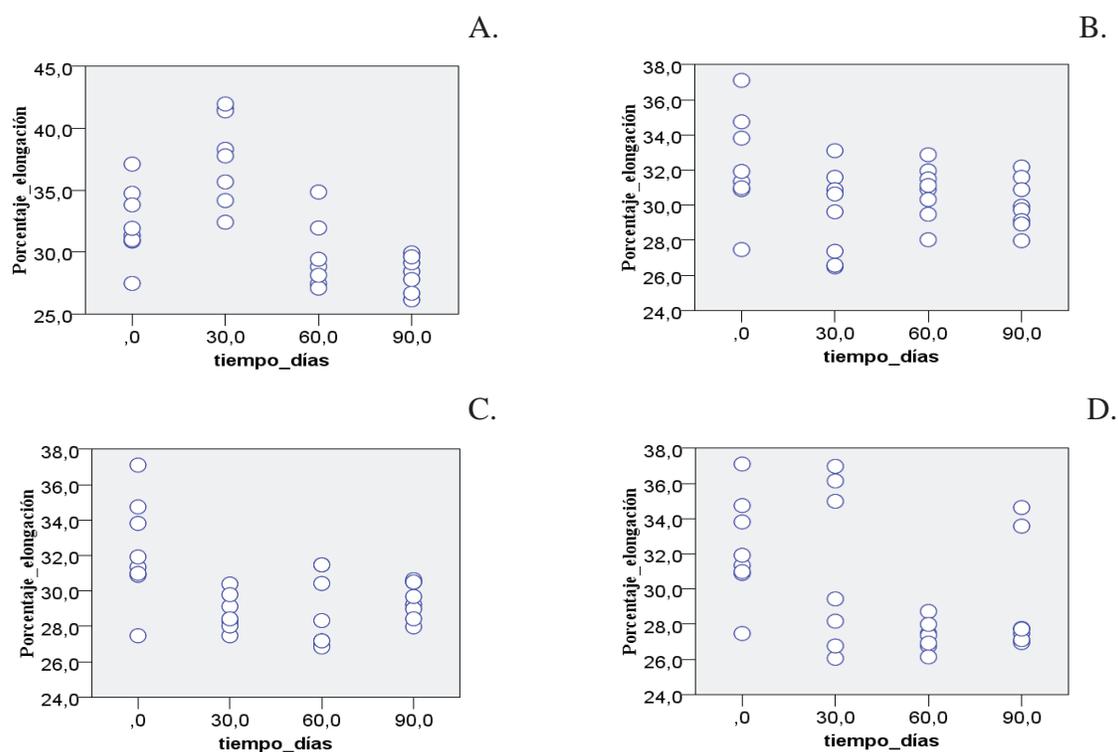


Figura 18. Elongación de ruptura del material de origen de Brasil: A) T1B: (Uso y secado a la intemperie); B) T2B: (Uso y secado en sombra); C) T3B: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4B: (Uso, lavado y secado en sombra).

b) Material de origen de China.

Se obtuvo el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura en cada periodo de ensayos 0, 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 19) (A-D) de las bases de datos individuales “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2) del material de origen de China. El rango de variación de los valores observados del

porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control del material de origen de China (Ch) osciló entre 21,6% y 24,3% (Fig. 19) (A-D).

En el tratamiento T1Ch (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 19) (A) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 22,8% y 25,7% (Fig. 19) (A). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 20,9% y 22,8% (Fig. 19) (A). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 19,5% y 23,3% (Fig. 19) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 días de experimentación, mostraron en general valores mayores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 60 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (A). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 90 días de experimentación, mostraron en general valores menores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (A).

Respecto al tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 19) (B) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 17,4% y 20,5% (Fig. 19) (B). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 19,5% y 23,7% (Fig. 19) (B). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 16,8% y 21,2% (Fig. 19) (B). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 días de experimentación, mostraron en general valores menores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (B). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 60 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (B). Los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 90 días de experimentación, mostraron en general valores similares a los valores del rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 días de experimentación y mostraron en general valores menores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (B).

Respecto al tratamiento T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 19) (C) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 16,5% y 22,6% (Fig. 19) (C). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 19,5% y 21,9% (Fig. 19) (C). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre

17,8% y 21,8% (Fig. 19) (C). Los valores de los rangos observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, mostraron en general valores similares entre ellos. En estos periodos los valores de rangos del porcentaje de elongación de ruptura mostraron en general valores menores a los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (C).

Respecto al tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 19) (D) a los 30 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 18,2% y 25,6% (Fig. 19) (D). A los 60 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 20,1% y 22,0% (Fig. 19) (D). A los 90 días de experimentación, el rango de variación de los valores observados del porcentaje de elongación de ruptura osciló entre 18,5% y 21,7% (Fig. 19) (D). Los valores de rango observados del porcentaje de elongación de ruptura a los 30, 60 y 90 días de experimentación, mostraron en general valores mayores y menores que los valores observados en el porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control (Fig. 19) (D).

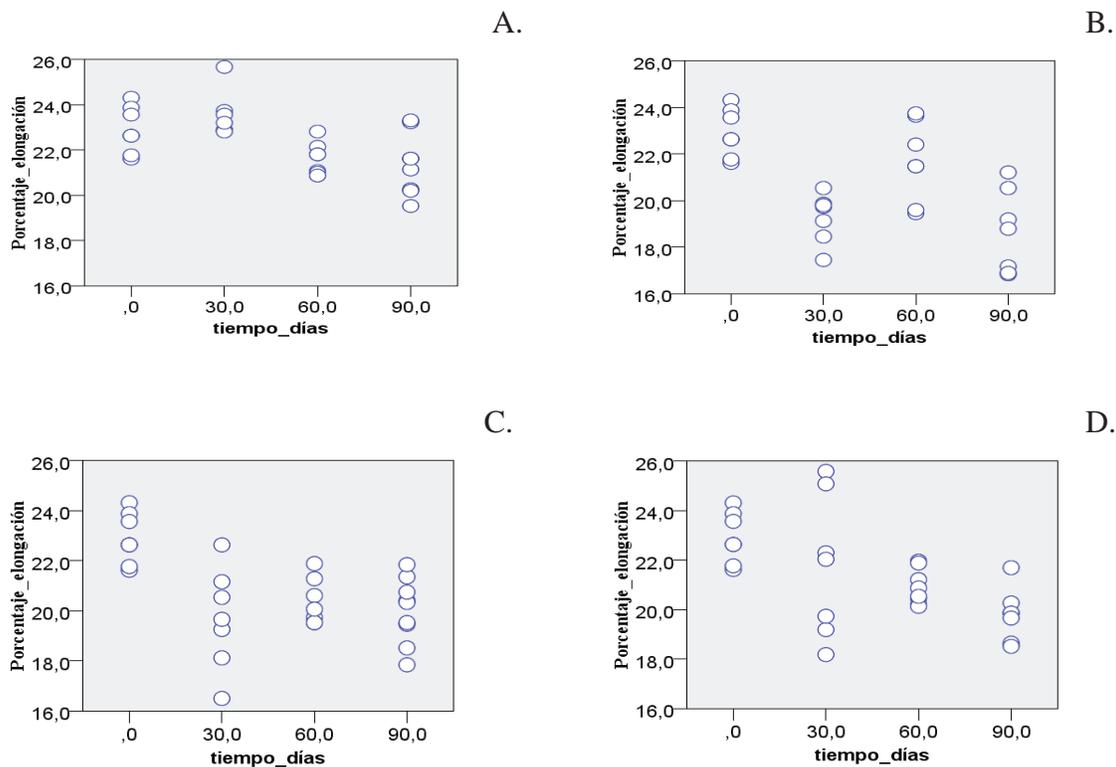


Figura 19. Elongación de ruptura del material de origen de China: A) T1Ch: (Uso y secado a la intemperie); B) T2Ch: (Uso y secado en sombra); C) T3Ch: (Uso, lavado y secado a la intemperie); D) T4Ch: (Uso, lavado y secado en sombra).

Test estadísticos del porcentaje de elongación de ruptura de ambos materiales a través del tiempo de experimentación.

Se aplicó en ambos materiales la prueba estadística de Kruskal-Wallis, en los grupos de cada tratamiento y al interior de los grupos de cada tratamiento, en las bases de datos individuales “Porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo” (Anexo 2) con el objeto de determinar si las similitudes o las diferencias observadas, en los resultados de la descripción general de rangos del porcentaje de elongación de ruptura a través del tiempo de experimentación, son estadísticamente significativas.

a) Material de origen de Brasil.

En el tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 20) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T1B ($X^2=18.437$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 5), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 20) (A).

En el gráfico (Fig. 20) (A) distinguimos dos conjuntos: Un conjunto correspondiente al grupo de control a los 0 días de experimentación que representó el grupo de muestras que no se sumergió y no se sometió a ninguna condición de uso simulado de laboratorio. Y otro conjunto de mayor y menor porcentaje de elongación de ruptura respectivamente respecto al grupo de control, formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 30 y 90 días de experimentación. El valor alto de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura a los 30 días de experimentación y el valor bajo de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura a los 90 días de experimentación, ambos valores respecto al valor de la mediana de elongación de ruptura del grupo de control respectivamente, implicaron que en estos periodos se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 20) (A). La medición a los 60 días de experimentación, no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 20) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 20) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 20) (B) (Anexo 5). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 20) (B) (Anexo 5). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) (Fig. 20) (B) (Anexo 5). El

grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 20) (B) (Anexo 5).

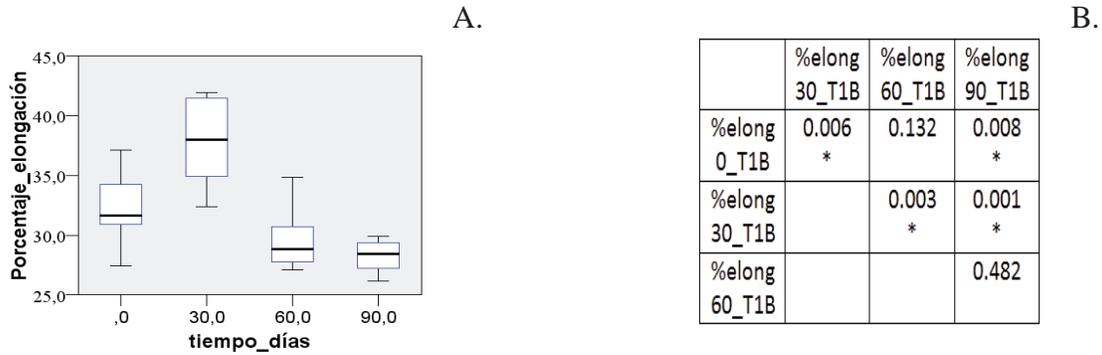


Figura 20. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T1B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T1B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1B.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 21) (A) ($X^2=5.466$, $gl=3$, $p > 0,05$) (Anexo 5).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2B (Fig. 21) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 21) (B) (Anexo 5). Las mediciones a los 60 y 90 días de experimentación no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control, cuando mediante Kruskal-Wallis, se compararon las medianas del porcentaje de elongación de ruptura entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2B (Fig. 21) (B) (Anexo 5) e indicaron que el material no se vio afectado con este tratamiento en estos periodos.

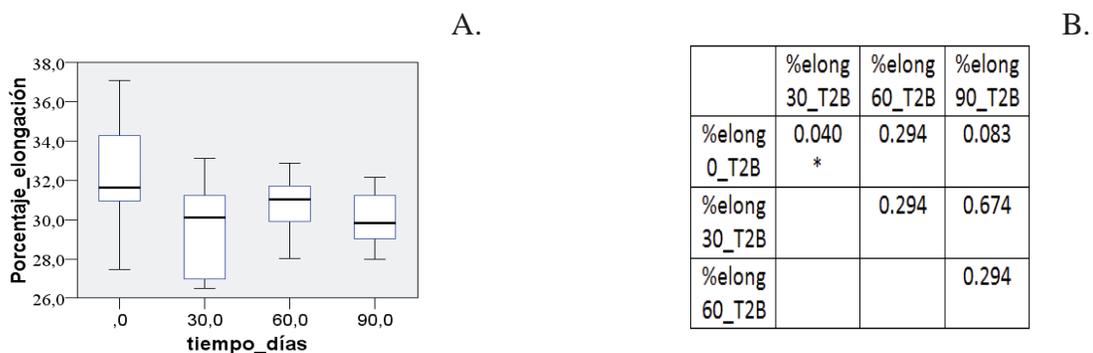


Figura 21. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T2B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T2B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2B.

En el tratamiento T3B (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 22) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T3B ($X^2=10.322$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 5), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 22) (A).

En el gráfico (Fig. 22) (A) distinguimos dos conjuntos: Un conjunto correspondiente al grupo de control con mayor porcentaje de elongación de ruptura a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura respecto al grupo de control, formado por 3 grupos donde se realizaron mediciones a los 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 22) (A). Los valores bajos en estos periodos de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control, implicaron que en estos periodos se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 22) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T3B (Fig. 22) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 22) (B) (Anexo 5). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 22) (B) (Anexo 5). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 22) (B) (Anexo 5).

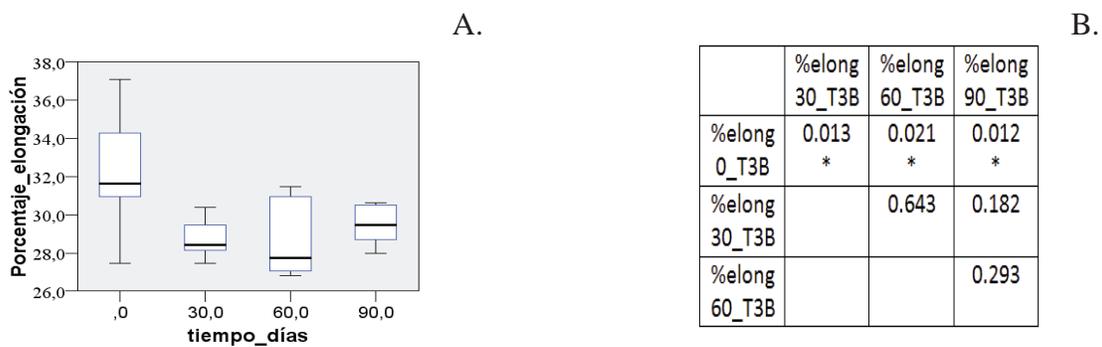


Figura 22. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T3B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T3B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3B.

En el tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 23) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T4B ($X^2=8.309$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 5), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 23) (A).

En el gráfico (Fig. 23) (A) distinguimos dos conjuntos: Un conjunto correspondiente al grupo de control con mayor porcentaje de elongación de ruptura a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura respecto al grupo de control formado por el grupo donde se realizaron mediciones a los 60 días de experimentación (Fig. 23) (A). El valor bajo en este periodo de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control implicó que en este periodo se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 23) (A). Las mediciones a los 30 y 90 días de experimentación no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicaron que el material no se afectó con este tratamiento en estos periodos (Fig. 23) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T4B (Fig. 23) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 23) (B) (Anexo 5).

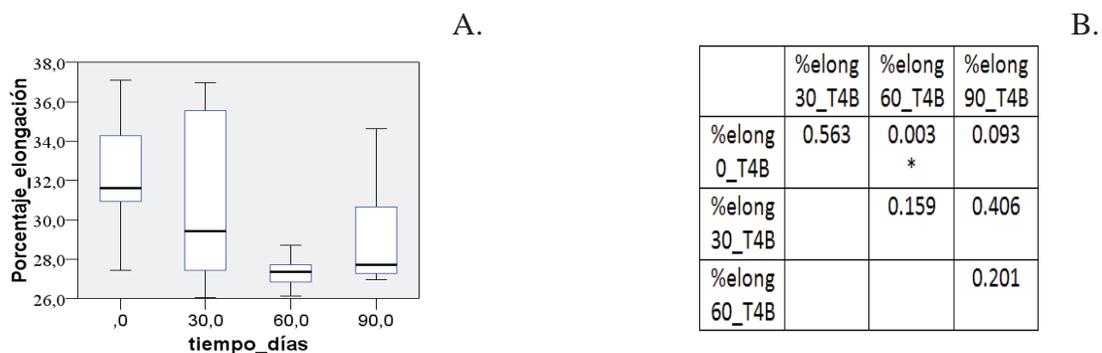


Figura 23. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T4B: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T4B. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4B.

b) Material de origen de China.

En el tratamiento T1Ch (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 24) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T1Ch ($X^2=13.014$, $gl=3$, $p<0,05$) (Anexo 6), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 24) (A).

En el gráfico (Fig. 24) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor porcentaje de elongación de ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación que representó el grupo de muestras que no se sumergió y no se sometió a ninguna condición de uso simulado de laboratorio. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 60 y 90 días de experimentación (Fig. 24) (A). El valor bajo en estos periodos de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control implicó que en estos periodos se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 24) (A). La medición a los 30 días no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 24) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T1Ch (Fig. 24) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 24) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) respecto al grupo de control

(Fig. 24) (B) (Anexo 6). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 24) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 24) (B) (Anexo 6).

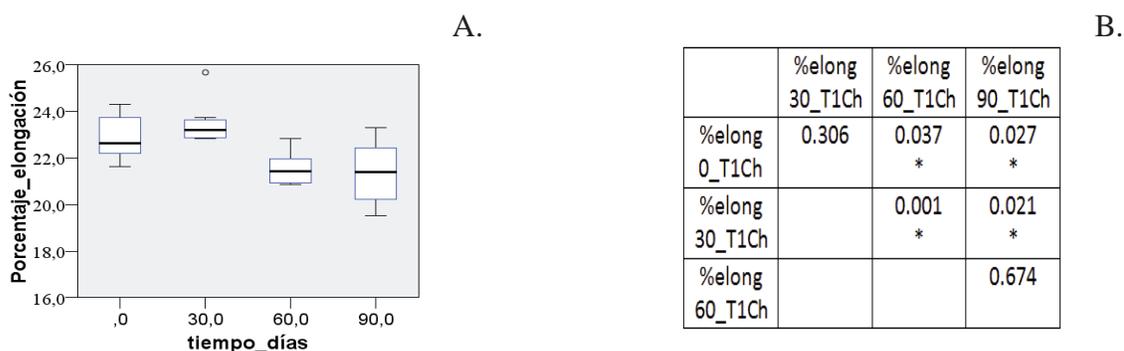


Figura 24. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T1Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T1Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T1Ch.

En el tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 25) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T2Ch ($X^2=17.344$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 6), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 25) (A).

En el gráfico (Fig. 25) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor porcentaje de elongación de ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 30 y 90 días de experimentación (Fig. 25) (A). El valor bajo en estos periodos de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control implicó que en este periodo se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 25) (A). La medición a los 60 días no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 25) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2Ch (Fig. 25) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 25) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control

(Fig. 25) (B) (Anexo 6). El grupo a los 60 días con el grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 25) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días con el grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 25) (B) (Anexo 6).

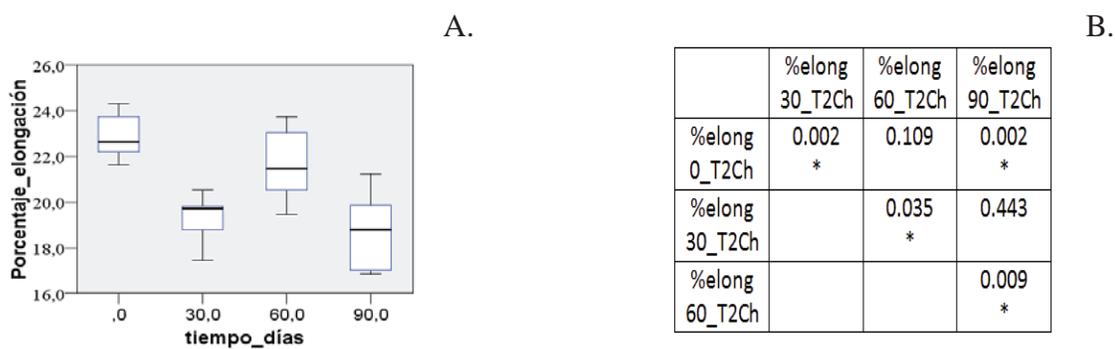


Figura 25. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T2Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T2Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T2Ch.

En el tratamiento T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 26) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T3Ch ($X^2=13.414$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 6), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 26) (A).

En el gráfico (Fig. 26) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor porcentaje de elongación de ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura formado por 3 grupos donde se realizaron mediciones a los 30, 60 y 90 días de experimentación (Fig. 26) (A). El valor bajo en estos periodos de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control, implicó que en estos periodos se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 26) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T2Ch (Fig. 26) (B). El grupo a los 30 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 26) (B) (Anexo 6). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control

(Fig. 26) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 26) (B) (Anexo 6).

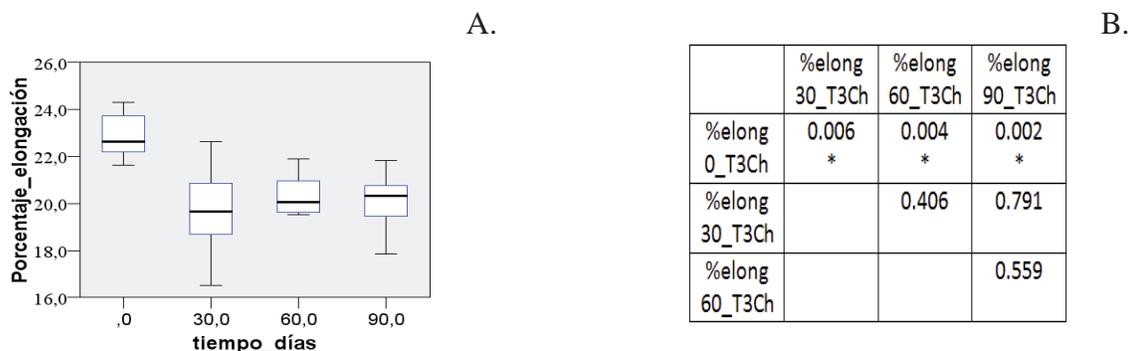


Figura 26. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T3Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T3Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T3Ch.

En el tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 27) (A) se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó los 4 grupos del tratamiento T4Ch ($X^2=11.785$, $gl=3$, $p < 0,05$) (Anexo 6), que indicó una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas a un nivel de confianza del 95%. Para determinar cuáles fueron las medianas significativamente diferentes entre sí, se realizó un gráfico de cajón y bigotes (Fig. 27) (A).

En el gráfico (Fig. 27) (A) distinguimos dos conjuntos: Uno con mayor porcentaje de elongación de ruptura formado por el grupo de control a los 0 días de experimentación. Y otro conjunto de menor porcentaje de elongación de ruptura formado por 2 grupos donde se realizaron mediciones a los 60 y 90 días de experimentación (Fig. 27) (A). El valor bajo en estos periodos de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto a la mediana del porcentaje de elongación de ruptura del grupo de control, implicó que en estos periodos se afectó el porcentaje de elongación de ruptura con este tratamiento (Fig. 27) (A). La medición a los 30 días no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo de control e indicó que el material no se afectó con este tratamiento en este periodo (Fig. 27) (A).

Se encontró diferencias estadísticamente significativas, cuando mediante Kruskal-Wallis, se comparó las medianas entre dos grupos a un nivel de confianza del 95% al interior del tratamiento T4Ch (Fig. 27) (B). El grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control (Fig. 27) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto al grupo de control

(Fig. 27) (B) (Anexo 6). El grupo a los 90 días con el grupo a los 60 días mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Fig. 27) (B) (Anexo 6).

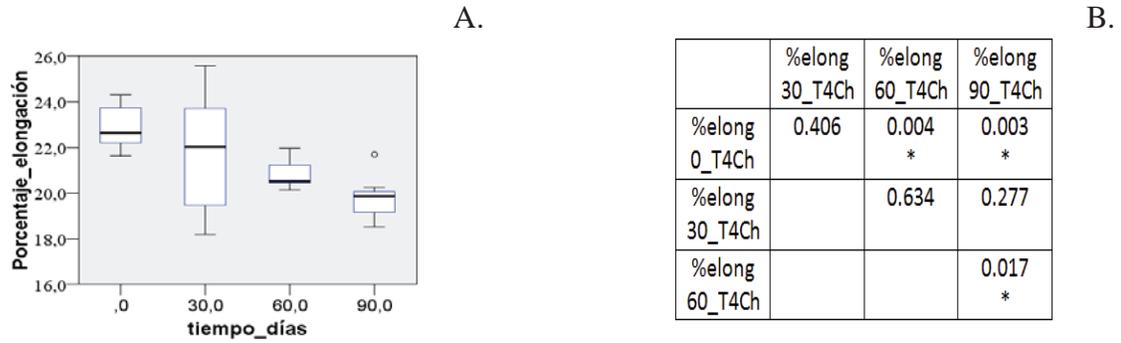


Figura 27. Test estadísticos de Kruskal-Wallis de elongación de ruptura del tratamiento T4Ch: A) Test estadístico de elongación de ruptura de los grupos del tratamiento T4Ch. B) Test estadístico de elongación de ruptura al interior de los grupos del tratamiento T4Ch.

DISCUSIÓN

Resistencia a la ruptura.

Resistencia a la ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos a la intemperie después de su uso.

El estudio de ambos materiales donde las muestras se lavaron y donde no se lavaron y quedaron expuestas a la intemperie después de su uso, mostró tendencias al aumento de la dureza en el material, esta situación se manifestó en cada material, aumentando el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura en las muestras sometidas a estos tratamientos respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control, a través del tiempo de experimentación.

La degradación del material que se mide por la disminución de resistencia a la ruptura (Klust, 1982) y que se manifiesta en el nylon debido a la radiación ultravioleta (Al-Oufi *et al.*, 2004; Thomas & Hridayanathan, 2006) no se evidenció de esta forma en este estudio, porque el tiempo de experimentación fue breve o bien porque hubieron otros factores en las condiciones ambientales de uso, que se mezclaron con la radiación ultravioleta y disimularon el deterioro.

Estos factores fueron la temperatura ambiente y ciertas sales presentes en la salinidad, que en conjunto endurecieron el material a través del tiempo de experimentación, a ciertas temperaturas se produjo interacción entre el nylon y algunas sales presentes en la salinidad, que actuaron para endurecer las cadenas del polímero de nylon, con lo cual aumentó la resistencia a la ruptura en el material (Wyzgoski & Novak, 1987; More & Donald, 1993), esta interacción no produjo degradación, esta afirmación se apoya en el trabajo de (Wyzgoski & Novak, 1987).

Aunque esta interacción pudo dañar el material ya que la poliamida es atacada especialmente por las soluciones de $ZnCl_2$, $FeCl_3$ y $CaCl_2$ (Casado, 2001) presentes en la salinidad o bien producir pequeños cambios de deformación al agrietamiento como se demostró por (More & Donald, 1993), sin embargo el deterioro que se pudo producir en el nylon a temperatura ambiente, debido a ciertas sales presentes en la salinidad, es insignificante en comparación al producido por la radiación ultravioleta (Klust, 1982; Andrady, 2011). El efecto de la radiación ultravioleta siempre estuvo presente en ambos materiales expuestos a la intemperie, a los 90 días de experimentación, una inspección visual mostró que el efecto de la luz decoloró las muestras de ambos materiales, lo cual es un indicador de envejecimiento

(Posada, 1994), cuando los polímeros se exponen a la intemperie experimentan fotorreacciones que en general son dañinas, pues los hacen frágiles y se decoloran (Posada, 1994).

Los efectos que produce en el nylon la exposición al medio ambiente ya se ha estudiado por diferentes investigadores. Al-Oufi *et al.*, (2004) y Thomas & Hridayanathan (2006), mostraron que el efecto de la radiación ultravioleta sobre el nylon seco expuesto al medio ambiente durante todo el tiempo de experimentación, sin sumergir en agua de mar, mostró que disminuyó irreversiblemente el valor de resistencia a la ruptura de las muestras con el tiempo de exposición. En base a estos estudios se espera que con un tiempo mayor a los 90 días de experimentación, disminuya el valor de la mediana de resistencia a la ruptura en el material.

El tiempo de experimentación influyó en la cantidad de sal absorbida en ambos materiales expuestos a la intemperie, a medida que avanzó el tiempo de experimentación la tendencia fue al aumento del nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras sometidas a estos tratamientos, respecto a la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control. Esta situación se explica en el trabajo de More & Donald (1993), estos investigadores mostraron que luego de la formación del complejo amida sal y después de que el material es secado al vacío, el material mantiene la rigidez en las cadenas del polímero y seguidamente la rigidez en las cadenas del polímero favorece la rigidez macroscópica del material (More & Donald, 1993).

Efectos de lavar o no lavar el material expuesto a la intemperie después de su uso.

El lavado de las muestras después de su uso influyó en los tratamientos donde se incluyó este procedimiento. Esta técnica ayudó a eliminar parte de la salinidad absorbida en ambos materiales, el proceso de sorción es físicamente reversible ya que la sal absorbida puede ser eliminada por inmersión en agua pura (Wyzgoski & Novak, 1987). En el tratamiento T3B (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 12) (A) el paulatino aumento del nivel de la mediana de resistencia a la ruptura, respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control a través del tiempo de experimentación, se debió al lavado del material después de su uso, que eliminó parte de la salinidad de la estructura interna del material (Wyzgoski & Novak, 1987). El complejo amida-sal (Wyzgoski & Novak, 1987; More & Donald, 1993) se formó paulatinamente a temperatura ambiente, debido a parte de la salinidad que quedó en la estructura interna de las muestras de este material después del lavado. En contraste a esta situación en el tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 10) (A) el rápido aumento del nivel de la mediana de resistencia a la ruptura, respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control a través del tiempo de experimentación, se produjo debido a la salinidad absorbida en la estructura del nylon que en conjunto con la temperatura ambiente, formaron rápidamente el complejo amida-sal (Wyzgoski & Novak, 1987; More & Donald, 1993).

Las muestras del material sometido a los tratamientos T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 16) (A) y T1Ch (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 14) (A), mostraron que aumentó de forma similar el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control a partir de los 60 días de experimentación, de acuerdo a esta situación el lavado de las muestras sometidas al tratamiento T3Ch (Uso, lavado y secado a la intemperie) (Fig. 16) (A) no tuvo efecto en este material.

Resistencia a la ruptura del material de origen de Brasil, expuesto en sombra después de su uso.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la ruptura realizadas en el material de origen de Brasil, sometido a los tratamientos donde las muestras quedaron expuestas en sombra después de su uso, no mostraron tendencias similares.

Resistencia a la ruptura del material de origen de China, expuesto en sombra después de su uso.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la ruptura realizadas en el material de origen de China, sometido a los tratamientos donde las muestras quedaron expuestas en sombra después de su uso, mostraron tendencias similares a mantener el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control a través del tiempo de experimentación. En el estudio del tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) de resistencia a la ruptura a través del tiempo del material de origen de China (Fig. 15) (A) y (Fig. 15) (B) se mostró que el material no se alteró en esta condición a través del tiempo de experimentación.

Efectos de lavar o no lavar el material expuesto en sombra después de su uso.

En el tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 13) (A) no hubo diferencias entre grupos y la tendencia en este tratamiento fue a mantener el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control a través del tiempo de experimentación. Sin embargo, al interior de los grupos de este tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 13) (B), las diferencias que existieron a los 60 días de experimentación, debido a que disminuyó el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control y al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras del día 90 (Fig. 13) (A) y (Fig. 13) (B) se produjeron debido a la humedad de la estructura interna del material que no logró secarse en esta condición al momento de realizar los ensayos de tracción, debido a la salinidad del agua de mar. En este periodo el lavado de las muestras no influyó en el

secado de la estructura interna y el material mantuvo la humedad al momento de realizar los ensayos de tracción. La humedad en el material esta favorecida por la alta absorción de agua del material de poliamida, que es una característica inherente del material (Casado, 2001; Schackelford, 2005). Puede decirse que el agua actúa como un plastificante en un proceso de solvatación de las macromoléculas del polímero (Kenney *et al.*, 1985; Schackelford, 2005). La presencia de humedad excesiva puede afectar las propiedades mecánicas del material al disminuir la resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Posada, 1994; Casado, 2001; Schackelford, 2005).

Esta situación no dañó el material ya que a pesar de la sensibilidad del nylon en presencia de humedad (Schackelford, 2005) en un ambiente fresco y húmedo las propiedades iniciales de tracción del polímero no se afectan (Klust, 1982). En este tratamiento T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 13) (A) y (Fig. 13) (B) a los 90 días de experimentación no existen diferencias con el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control en esta condición, esta situación mostró que en este periodo el material logró secar su estructura interna debido al lavado de las muestras después de su uso que eliminó parte de la salinidad de la estructura interna (Wyzgoski & Novak, 1987) situación que influyó en el secado del material, con lo cual recuperó sus propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Casado, 2001) al momento de realizar los ensayos de tracción. En el material de nylon la resistencia a la ruptura disminuye al humedecerse, pero recupera sus propiedades mecánicas al secarse (Kenney *et al.*, 1985; Casado, 2001).

En contraste a esta situación en el tratamiento T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 11) (A) y (Fig. 11) (B) a los 60 y 90 días de experimentación, el descenso del nivel de la mediana de resistencia a la ruptura, respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control y del día 30 respectivamente, se debió a la humedad de la estructura interna de las muestras al momento de realizar los ensayos de tracción, la humedad no se evaporó de la estructura interna debido a la salinidad del agua de mar. La humedad en el material esta favorecida por la alta absorción de agua del material de poliamida, que es una característica inherente del material (Casado, 2001; Schackelford, 2005). Puede decirse que el agua actúa como un plastificante en un proceso de solvatación de las macromoléculas del polímero (Kenney *et al.*, 1985; Schackelford, 2005). El entorno y las condiciones de uso en que se mantuvo el material a través del tiempo de experimentación, no permitieron el correcto secado de la estructura interna del nylon al momento de realizar los ensayos de tracción debido a la salinidad del agua de mar. La presencia de humedad excesiva puede afectar las propiedades mecánicas del material al disminuir la resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Posada, 1994; Casado, 2001; Schackelford, 2005). Esta situación no dañó el material ya que a pesar de la sensibilidad del nylon en presencia de humedad (Schackelford, 2005), en un ambiente fresco y húmedo las propiedades iniciales de tracción del polímero no se afectan (Klust, 1982).

En el tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 17) (A) y (Fig. 17) (B) las diferencias que existieron a los 60 días de experimentación debido a que aumentó el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura en este periodo, respecto al nivel de la mediana de

resistencia a la ruptura del día 30 (Fig. 17) (A) y (Fig. 17) (B) se justifican en otra investigación (More & Donald, 1993) donde se mostró que a temperatura ambiente, el efecto de plastificación (Kenney *et al.*, 1985; More & Donald, 1993) que se produce en películas de nylon tratadas con soluciones de NaCl podría explicar el aumento de las tensiones en estas películas en los primeros ensayos (More & Donald, 1993) ya que las tensiones en estas películas antes y después de los primeros ensayos, fueron similares (More & Donald, 1993). El efecto de plastificación que se produjo en este periodo, también se produjo en otros estudios en los primeros ensayos de tracción, debido a la exposición del material en agua de mar que a temperatura ambiente, alineó casi paralela la estructura interna del polímero e hizo más eficiente la estructura del material y la resistencia a la ruptura para el hilo aumentó muy ligeramente a corto plazo (Kenney *et al.*, 1985). El lavado no influyó en este material.

No existen estudios que comparen el secado del material de poliamida con y sin revestimiento, sometido a estas condiciones de uso, sin embargo en base a los resultados del material de origen de China, sometido al tratamiento T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 15) (A) y al tratamiento T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 17) (A) donde se mantuvo el nivel de la mediana de resistencia a la ruptura respecto al nivel de la mediana de resistencia a la ruptura de las muestras de control, a través del tiempo de experimentación, situación que mostró que no hubo inconvenientes en el secado de este material, sometido a estas condiciones de uso, por lo que se mantuvieron las propiedades mecánicas del material debido a que su estructura interna siempre estuvo seca al momento de realizar los ensayos de tracción. Se puede inferir que en el material de origen de Brasil, sometido a los tratamientos T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 11) (A) y T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 13) (A) no se logró el secado de la estructura interna al momento de realizar los ensayos de tracción, debido al revestimiento de este material. La presencia de humedad excesiva puede afectar las propiedades mecánicas del material al disminuir la resistencia a la ruptura (Kenney *et al.*, 1985; Posada, 1994; Casado, 2001; Schackelford, 2005), no obstante, el material recupera sus propiedades mecánicas al secarse (Kenney *et al.*, 1985; Casado, 2001).

Elongación de ruptura.

Elongación de ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos a la intemperie después de su uso.

Los resultados de las pruebas de elongación de ruptura realizadas a los materiales de origen de Brasil y de China, sometidos a los tratamientos donde las muestras quedaron expuestas a la intemperie después de su uso (Fig. 20) (A), (Fig. 22) (A), (Fig. 24) (A) y (Fig. 26) (A), mostraron tendencias similares a disminuir el nivel de la mediana del porcentaje de elongación

de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control, a través del tiempo de experimentación.

En el material de origen de Brasil, el drástico aumento del nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura que se mostró solo en el día 30, en las muestras sometidas al tratamiento T1B (Uso y secado a la intemperie) (Fig. 20) (A) respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control, se debió al endurecimiento del material debido a la formación del complejo amida-sal (More & Donald, 1993; Wyzgoski & Novak, 1987).

En general las tendencias en estos tratamientos donde las muestras quedaron expuestas a la intemperie después de su uso (Fig. 20) (A), (Fig. 22) (A), (Fig. 24) (A) y (Fig. 26) (A), son similares a los resultados de otros estudios donde el efecto de la radiación ultravioleta sobre muestras de nylon expuestas al medio ambiente, mostró que disminuyó irreversiblemente el valor de elongación de ruptura de las muestras con el tiempo de exposición (Al-Oufi *et al.*, 2004; Thomas & Hridayanathan 2006).

Elongación de ruptura de los materiales de origen de Brasil y de China, expuestos en sombra después de su uso.

Los resultados de las pruebas de elongación de ruptura realizadas en los materiales de origen de Brasil y de China, sometidos a los tratamientos donde las muestras quedaron expuestas en sombra después de su uso (Fig. 21) (A), (Fig. 23) (A), (Fig. 25) (A) y (Fig. 27) (A), mostraron tendencias similares.

En el material de origen de Brasil, las tendencias en ambos tratamientos, T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 21) (A) y T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 23) (A) fue a mantener el nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control, a través del tiempo de experimentación. En el material de origen de Brasil, prácticamente no se afectó el nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control, esta situación se produjo debido al almacenamiento en sombra del material. En el material de origen de China, las tendencias en ambos tratamientos, T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 25) (A) y en T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 27) (A), fue a disminuir el nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control a través del tiempo de experimentación, debido a un efecto de plastificación del material.

Ambos materiales mostraron un efecto de plastificación: En el material de origen de Brasil; A los 30 días en T2B (Uso y secado en sombra) (Fig. 21) (A) y a los 60 días en T4B (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 23) (A), disminuyó el nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control. En el material de origen de China; Las tendencias en ambos tratamientos T2Ch (Uso y secado en sombra) (Fig. 25) (A) a los 30 y 90 días de experimentación y en T4Ch (Uso, lavado y secado en sombra) (Fig. 27) (A) a partir del día 60 a través del tiempo de experimentación, a disminuir el nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura respecto al nivel de la mediana del porcentaje de elongación de ruptura de las muestras de control, se debieron a un efecto de plastificación del polímero de nylon, debido a la humedad de la estructura interna de estos materiales sometidos a estas condiciones de uso, lo que les permitió alcanzar rápidamente la T_g (Temperatura de transición vítrea) con lo cual disminuyó el porcentaje de elongación de ruptura en estos periodos (Casado, 2001; Schackelford, 2005).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados del presente trabajo de titulación, es posible concluir que:

- Se demostró que existe un efecto estadísticamente significativo del lavado de las redes y de su exposición al sol sobre la resistencia a la ruptura de los paños en el tiempo, asociado a la temperatura ambiente y ciertas sales presentes en la salinidad del agua de mar.
- Se determinó que existen diferencias en la resistencia a la ruptura de ambos materiales probados. En el caso del material de origen de Brasil, se comprobó que mediante el lavado de los paños se retardó el endurecimiento incluso al ser dejados a la intemperie después de su uso.
- Se verificó que ambos materiales probados se comportaron de manera diferente cuando no fueron lavados y se almacenaron en sombra. El material de origen de Brasil mostró disminución de la resistencia a la ruptura a los 60 y 90 días de experimentación, debido a un efecto de plastificación. El material de China no se alteró en esta condición a través del tiempo.
- Se comprobó que los materiales al ser sometidos al lavado y estar almacenados a la sombra tienden a mantener la resistencia a la ruptura a través del tiempo.
- Se determinó que los paños expuestos al sol, independientemente si fuesen lavados o no, disminuyeron su elongación de ruptura a través del tiempo debido a la radiación ultravioleta. No existe por lo tanto un efecto significativo del lavado sobre la elongación de ruptura de los materiales.
- Si bien la duración del experimento fue breve como para observar efectos acumulativos de los factores analizados, existe suficiente evidencia que demuestra que el efecto de exposición directa al sol afecta irreversiblemente las propiedades de elongación de ruptura de ambos materiales. Por lo tanto, la protección de los materiales a la luz UV directa ayuda a la conservación de las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de ruptura de ambos materiales.
- Finalmente, se concluye que el lavado de los materiales después de su uso no afecta de manera significativa las propiedades mecánicas de resistencia a la ruptura y elongación de

ruptura. De este modo, el lavado de ambos materiales después de su uso no tiene ningún efecto en la conservación de las propiedades mecánicas.

REFERENCIAS

- Al-Oufi, H., McLean, E., Kumar, A. S., Claereboudt, M., & Al-Habsi, M. 2004. The effects of solar radiation upon breaking strength and elongation of fishing nets. *Fisheries research*, 66(1): 115-119.
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8): 1596-1605.
- Arregi, L., de Segura, A. G., & Martínez, J. 2009. Caracterización, prueba y mejora de monofilamentos para las modalidades de pesca comercial que emplean el anzuelo. *Revista de investigación marina*. 30pp.
- Badii, M. H., Guillén, A., Araiza, L. A., Cerna, E., Valenzuela, J., & Landeros, J. 2012. Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *Revista Daena. International Journal of Good Conscience*, 7(1): 132-155.
- Berlanga Silvente, V., & Rubio Hurtado, M.J. 2012. Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2012, vol. 5, num. 2,:101-113.
- Casado, J.A. 2001. Comportamiento en fatiga de Poliamidas reforzadas con fibra de vidrio corta. Doctoral dissertation, PhD Thesis. University of Santander. Spain,: 41-109.
- Delicado, P. 2008. Curso de modelos no paramétricos. Departament d'Estadística i Investigació Operativa, Universitat Politècnica de Catalunya. 192 pp.
- Gacén, J. 1987. Fibras de Poliamida. Desarrollo y Previsiones. *Boletín Intexter del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial*, (91): 85-97.
- García, F.J., Velázquez, J.A.V., & Lugo, E.K.L. 2002. Apuntes de Estadística Inferencial. 81pp.
- George, D., & Mallery, P. 2012. *IBM SPSS Statistics 21: Step by Step*. Boston: Allyn and Bacon. 70 pp.
- González & Prolongo, M. 1997. Propiedades químicas y físicas de polímeros: 65-95.
- Kenney, M.C., Mandell, J.F., & McGarry, F.J. 1985. The effects of sea water and concentrated salt solutions on the fatigue of nylon 6.6 fibres. *Journal of materials science*, 20(6): 2060-2070.
- Klust, G. 1982. *Netting materials for fishing gear*. 175 pp.

- Kruskal, W.H., & Wallis, W.A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260),. 583-621.
- More A. P. & Donald A. M. 1993. Mechanical properties of nylon-6 after treatment with metal halides. *Polymer*, 34(24): 5093 - 5098.
- Norma ISO. International Standard ISO 1805. Fishing nets - Determination of breaking force and knot breaking force of netting yarns. Second edition 2006-11-15.
- Posada, B. 1994. La degradación de los plásticos. *Revista Universidad EAFIT*, 30(94): 67-86.
- Queirolo, D., Gaete, E., Ahumada, M., Melo, T., Merino, J., & Escobar, R. 2009. Caracterización de las redes de enmalle en la pesquería artesanal de merluza común. Informe Final Proyecto FIP 2009-23, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso, 117 pp.
- Rodríguez, F. 2008. Estudio de Métodos No Paramétricos. Licenciatura en Matemática Mención Probabilidad y Estadística. 112 pp.
- Schackelford, J. 2005. Introducción a la Ciencia de materiales para ingenieros. 838pp.
- Thomas, S.N. & Hridayanathan, C. 2006. The effect of natural sunlight on the strength of polyamide 6 multifilament and monofilament fishing net materials. *Fisheries research*, 81(2): 326-330.
- Wyzgoski, M.G. & Novak, G.E. 1987. Stress cracking of nylon polymers in aqueous salt solutions. *Journal of materials science*, 22(5): 1715 - 1723.