

OBTENCIÓN DE UN PRESERVANTE PARA EL LÁTEX NATURAL DEL ÁRBOL  
*Hevea brasiliensis* QUE CONSERVE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

GUSTAVO ADOLFO BARRIOS ATENCIA

INGENIERO QUÍMICO

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS QUÍMICA

MONTERÍA

2021

OBTENCIÓN DE UN PRESERVANTE PARA EL LÁTEX NATURAL DEL ÁRBOL  
*Hevea brasiliensis* QUE CONSERVE SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

GUSTAVO ADOLFO BARRIOS ATENCIA

Trabajo de grado presentado en la modalidad de trabajo de investigación, como  
requisitos para optar al título de Magister en Ciencias Químicas.

DIRECTOR: GILMAR SANTAFÉ PATIÑO. Dr.Sc  
Profesor, Departamento de Química

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS QUÍMICA  
MONTERÍA,  
2021

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Montería, junio 2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mis agradecimientos primero que todo a Dios por darnos la oportunidad de estar con vida en estos momentos difíciles; a mi director de tesis, Dr. Gilmar Santafé Patiño, por su tiempo y dedicación durante todo el desarrollo del trabajo de grado.

El autor desea dar las gracias a la Universidad de Córdoba, al cuerpo de docentes de la maestría de Ciencias Químicas, gracias por sus consejos y por compartir sus experiencias académicas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

A la empresa Rubbercorp S.A.S y Asociación de Hevicultores de Antioquia Y Córdoba (HEVEANCOR), por todo el apoyo recibido para desarrollar esta investigación, representantes y a sus integrantes, excelentes amigos y compañeros de trabajo.

A los jurados y demás personas que de una u otra manera se involucraron en el desarrollo de este trabajo; gracias por su dedicación y apoyo.

A mi familia por su amor y comprensión.

## **ACRÓNIMOS**

**%DRC:** Dry Rubber Content (Contenido de Caucho Seco)

**%TSC:** Total Solid Content (Contenido de Sólidos totales)

**VFA:** Volatile Fatty Acid Number (número de ácidos grasos volátiles)

**TMTD:** Tetrametilriuran disulfito

**ANOVA:** Análisis de varianza

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2 OBJETIVO GENERAL	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3 MARCO TEORICO	6
3.1 LÁTEX DE CAUCHO NATURAL	6
3.2 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN	7
3.3 RECOLECCIÓN, ESTABILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL LÁTEX	9
3.4 PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	12
4. METODOLOGÍA	16
4.1 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES	16
4.2 RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA (LÁTEX NATURAL)	16
4.2.1 Sangrado del árbol de caucho para toma de muestra	16
4.2.2 Proceso de recolección para obtener el látex preservado	17
4.2.3 Selección de mezcla con mayor actividad bactericida	18
4.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	18

4.3.1	Ácidos Grasos Volátiles (VFA) (Método ISO 506 1992)	19
4.3.2	Contenido de Sólidos Totales (TSC) (Método ISO 124: 2014)	21
4.3.3	Contenido de caucho seco (DRC) (Método ISO 126:2005)	22
4.3.4	Viscosidad (Método ISO 1652:2004)	24
4.3.5	Determinación del pH (Método ISO 976:1996)	25
5	RESULTADOS OBTENIDOS	26
5.1	SELECCIÓN DE MEZCLA PRESERVANTE	26
5.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA POR TRATAMIENTOS	27
6	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
7	CONCLUSIONES	37
8	RECOMENDACIONES	38
9	BIBLIOGRAFÍA	39
10	APÉNDICES	42
11	ANEXOS	45

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición media del látex fresco	9
Tabla 2. Materiales y equipos para sangrado del árbol	16
Tabla 3. Materiales y equipos recolección de látex preservado	17
Tabla 4. Reactivos y cantidades de sulfatos	17
Tabla 5. Insumos químicos, cantidad de muestra para estudio, materiales y equipos recolección de látex preservado segundas muestras	19
Tabla 6. Reactivos para análisis de VFA	19
Tabla 7. Materiales y equipos para análisis de VFA	20
Tabla 8. Reactivos para análisis de TSC	21
Tabla 9. Materiales y equipos para análisis de TSC	21
Tabla 10. Reactivos para análisis de DRC	22
Tabla 11. Materiales y equipos para análisis de DRC	22
Tabla 12. Materiales y equipos para análisis de viscosidad	24
Tabla 13. Materiales y equipos para análisis de pH	25
Tabla 14. Resultados de barrido ensayos preliminares de relación de Sulfatos vs Urea	26
Tabla 15. Caracterización fisicoquímica en función del tiempo y tratamientos	29

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química del caucho natural	7
Figura 2. Caucho natural con fosfolípidos y proteínas	8
Figura 3. Gráfica de Caracterización del contenido de caucho seco (%DRC)	30
Figura 4. Gráfica de Caracterización del contenido de solidos totales (%TSC)	30
Figura 5. Gráfica de Caracterización de la densidad (g/cm <sup>3</sup> )	31
Figura 6. Gráfica de la relación del pH con el tiempo del látex de campo después del rayado del árbol con para distintos preservantes.	31
Figura 7. Gráfica de la relación del pH con el tiempo de almacenamiento látex preservado	34
Figura 8. Gráfica de la relación del No.VFA con el tiempo de almacenamiento látex preservado.	33
Figura 9. Gráfica de la relación de la viscosidad con el tiempo de almacenamiento látex preservado	34
Figura 10. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con UREA	35
Figura 11. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con UREA + Sulfato de zinc	35
Figura 12. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con TMTD + Óxido de zinc + NH <sub>3</sub>	35

## RESUMEN

Se realizó un estudio preliminar con ocho sulfatos (sulfato de níquel, aluminio, calcio, sodio, cobre, bario, zinc, hierro) mezclados con urea a distintas concentraciones, para este proceso se observó el tiempo de coagulación del látex de campo y también se midió la variable de pH de cada muestra y se observó cual tuvo mayores días de preservación con respecto a la coagulación. La mezcla que tuvo mejor actividad bactericida reflejado como el tiempo de coagulación fue el sulfato de zinc mezclado con urea. Con base en estos resultados iniciales se realizó un análisis más riguroso con el estabilizante que tuvo mayor actividad bactericida midiendo las variables de pH, VFA y viscosidad. Las sustancias o mezclas preservantes que se estudiaron fueron urea y sulfato de zinc + urea, esto con el propósito de comparar el comportamiento fisicoquímico con el preservante utilizado actualmente por la industria (TMTD+ZnO+NH<sub>3</sub>). Demostrando que parámetros de control de calidad característicos en la industria del látex como % DRS, %TSC y densidad no difieren estadísticamente respecto al preservante de referencia; indicando la viabilidad técnica y la mitigación de efectos negativos en salud por la aplicación de otro tipo de preservantes.

**Palabras claves:** Látex natural, bactericida, ácidos grasos volátiles

## ABSTRACT

A preliminary study was carried out with eight sulfates (nickel, aluminum, calcium, sodium, copper, barium, zinc, iron sulfate) mixed with urea at different concentrations, for this process the coagulation time of the field latex was observed and also measured the pH variable of each sample and it was observed which had the longest preservation days with respect to coagulation. The mixture that had the best bactericidal activity was zinc sulfate mixed with urea. After conducting this initial investigation, a more rigorous analysis was performed with the stabilizer that had the highest bactericidal activity, measuring the variables of pH, VFA and viscosity. The preservative substances or mixtures that were studied were urea and zinc sulfate + urea, this in order to compare the physical-chemical behavior with the preservative currently used by the industry (TMTD + ZnO + NH<sub>3</sub>). The best VFA results were presented for the preservative urea + zinc sulfate and the current preservative (TMTD + ZnO + NH<sub>3</sub>) with values of 0.019 and 0.016 respectively.

Keywords: Natural latex, bactericidal, volatile fatty acids.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria del caucho ha aumentado desde el descubrimiento de la vulcanización, es un producto de alta demanda en sectores como el de automóviles, aviación (Hirata, Kondo y Ozawa, 2014), calzado (Lin y Jiang, 2018), sellamiento de fluidos, mangueras (Tully, 2011), utensilios deportivos y otros. Incluso algunas fuentes sostienen que el consumo de caucho es una medida indirecta del crecimiento económico global y la industrialización de un país (Bruinsma, 2017), el crecimiento de la producción de artículos a base de caucho ha venido creciendo positivamente en las últimas décadas. Así, la industria del procesamiento del látex de caucho natural se establece en sí mismo como un sector industrial propio, con características específicas que lo diferencian claramente del sector agroindustrial dedicado a la transformación del caucho natural. Además, cabe destacar una notable presencia de empresas comercializadoras y transformadoras dedicadas al látex en América, en general, y en Colombia, en particular.

La producción nacional debe efectuar rigurosos estándares de calidad para obtener látex con propiedades estandarizadas, con valor agregado, de alto desempeño y que satisfaga los requisitos de la industria nacional e internacional. En el sector de producción de látex existen ciertas problemáticas que afectan a los productos de esta materia prima entre ellas tenemos la utilización de amoníaco en los procesos de preservación de látex de campo, el cual emana un fuerte olor debido a la alta volatilidad. Considerando que pueden emplearse diversos aditivos para controlar las propiedades de la dispersión coloidal de látex de caucho natural según se desee producir látex estabilizado.

El látex de caucho natural es una suspensión coloidal acuosa, en la que el caucho, en forma de partículas esféricas con un diámetro medio inferior a una micra, se mantiene disperso de manera relativamente estable en la fase acuosa continua. Dado que los procesos de coagulación y putrefacción espontáneas ocurren después de que el látex de caucho natural abandona el árbol, es necesaria la conservación del látex de campo. Esto se controla comúnmente mediante el uso de amoníaco

(NH<sub>3</sub>) (Parichkul y Saikhwon, 2015) combinado con el disulfuro de tetrametil tuiram (TMTD) y Óxido de Zinc (ZnO); sin embargo, hay varias desventajas que acompañan el uso de amoníaco y estos componentes. El amoníaco imparte un fuerte olor que afecta a los productores en los procesos de recolección debido a su alto grado de volatilidad, por tanto, es difícil de controlar; además, cuando se realiza la vulcanización del látex el TMTD reacciona generando N-nitrosamina carcinogénicas que son transmitidas en el producto final, estos productos que tienen estos reactivos son causante de alergias e irritativas en la piel afectando así la salud del ser humano. Por otro lado, el ZnO forma gases cuando es incinerado en estos procesos originando una contaminación en el medio ambiente. Se ha realizado una búsqueda continua de nuevos conservantes que no estén sujetos a estas desventajas ni a ninguna otra (Espada, 2017).

La industria del caucho en Colombia ha venido creciendo en los últimos años por lo cual se están buscando nuevas estrategias de mercado para hacer exportaciones de látex colombiano. El crecimiento del sector cauchero desarrolla la economía en las regiones que producen caucho natural, creando nuevas empresas y generando nuevos empleos. Para el año 2021 se estima una producción de caucho natural sea de 42.601 toneladas (VII Congreso Internacional Cauchero, 2018). Según lo anterior se deben hacer estudios e investigaciones que conlleven al sector cauchero a un desarrollo fundamentado con nuevas técnicas que lo hagan más competitivos en el mercado mundial. La importancia de esta investigación es implementar nuevas técnicas de preservación de látex de campo y centrifugado, que sean amigables con el ser humano y el ambiente. El desarrollo de esta tecnología generará a los hevicultores ser más competitivos, ya que la materia prima suministrada a la industria cumpliría con los estándares de calidad esenciales para fabricar productos a base de caucho natural. La elaboración de este preservante impartirá una industria responsable con la salud de las personas que utilizan productos fabricados con látex libre de nitrosamina. También impulsará el mercado nacional y regional de los productores de caucho, ya que se le entregará al mercado un producto que cumpla con las características físico-químicas estándares.

El cultivo de caucho natural extraído del árbol *Hevea Brasiliensis*, de acuerdo con el comportamiento internacional y local, así como las condiciones de adaptación presentes en las diferentes regiones de Colombia, se ubica como importante subsector de la economía del país, como crecimiento viable y clave para el comercio mundial. Los especialistas en esta área de producción describen muchas ventajas de este cultivo de caucho desde el punto de vista económico social y ambiental, tales como la generación de empleo, generación de valor agregado en regeneración de subsuelo, producción de O<sub>2</sub> y disminución del efecto invernadero.

Según fuentes de la Federación Cauchera Nacional, en Colombia, de acuerdo con el censo cauchero realizado hasta el 2015, se han establecido 61.514 hectáreas de caucho natural, principalmente en los departamentos de Santander, Antioquia, Córdoba, Caldas, Caquetá, Meta, Vichada y Guaviare, entre otros. Con relación al cultivo, el árbol de caucho tiene una vida útil aproximada de 30 años, y a partir de los 7 años empieza a producir.

Si nos enfocamos en la región del Bajo Cauca y sur de Córdoba que es la zona de influencia de esta investigación observamos que hay existen 16 asociaciones de primer nivel representadas por una asociación de segundo nivel HEVEANCOR productoras de esta materia prima que las constituyen 1200 familias aproximadamente que se dedican a esta labor cultural para su sustento, con esto vemos la importancia de este estudio que busca beneficiar a estas comunidades proporcionando nuevas alternativas en para la preservación de su materia prima. También si observamos la producción de este conservante sería económico y fácil de fabricar, no requiere una infraestructura sofisticada para su proceso y por otro lado los insumos químicos son asequibles a cualquier persona, no requiere ningún permiso especial para su manejo, transporte y almacenamiento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Obtener un preservante ecológicamente sustentable y de bajo costo que contribuya a que el látex natural conserve sus propiedades fisicoquímicas.

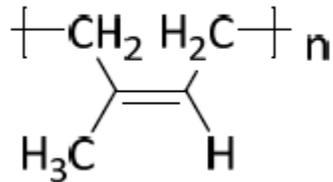
### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la acción anticoagulante de ocho sulfatos en el proceso de extracción del látex natural, mediante la adición de mezclas de sulfato/urea a diferentes concentraciones.
- Seleccionar las mezclas de sulfatos/urea con mayor actividad anticoagulante para obtener un látex preservado.
- Realizar los análisis fisicoquímicos de ácidos grasos volátiles (VFA), densidad, viscosidad, alcalinidad, contenido de caucho seco (DRC), contenido de sólidos totales (TSC) y pH en muestras de látex preservado.
- Comparar la variabilidad de los valores de VFA y viscosidad y pH sobre las muestras de látex preservadas al transcurrir el tiempo, con relación al preservante TMTD+ZnO en amoníaco.

## **3. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 LÁTEX DE CAUCHO NATURAL**

Se denomina caucho natural al polímero formado por repeticiones de monómeros de isopreno (2-metilbutadieno) con uniones regulares entre el primer y el cuarto carbono con configuración cis. Su estructura química es, por lo tanto, cis 1,4 poliisopreno (Ver figura 1).



**Figura 1. Estructura química del caucho natural**

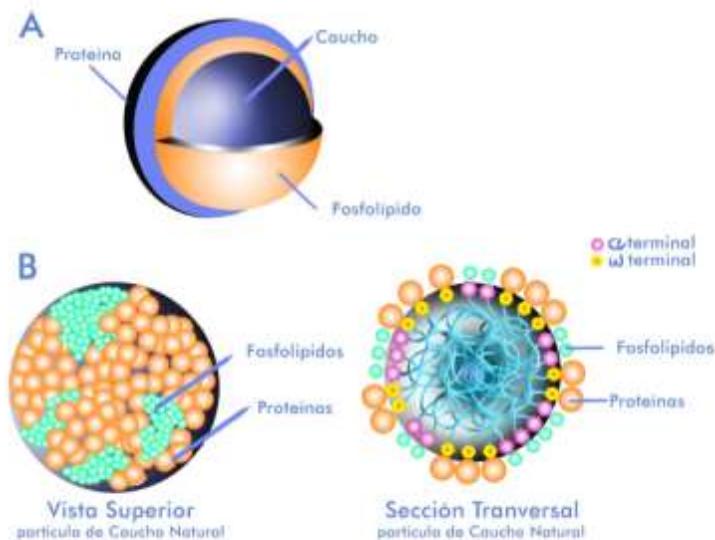
Las macromoléculas que forman el caucho natural son altamente flexibles, esta flexibilidad es debida al elevado número de grados de rotación libres que pueden experimentar los enlaces en la cadena polimérica y por tanto a las innumerables conformaciones distintas, con poco o sin cambio energético (Garrido, Ibarra, y Marco, 2004). El caucho natural es de origen biológico, por lo que sus macromoléculas han sido biosintetizadas mediante reacciones enzimáticas. Las enzimas actúan como catalizadores altamente especializados y son capaces de formar cadenas macromoleculares con elevados pesos moleculares, y con configuración esencialmente cis-1,4 (Harper y Petrie, 2003). Asimismo, este origen biológico, concretamente vegetal y de algunas variedades de hongos; es el responsable de la presencia de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, fosfolípidos, aminoácidos, sales inorgánicas y otros compuestos naturales que intervienen decisivamente en las propiedades finales del látex de caucho natural (Gronover, Wahler y Prüfer, 2011).

### **3.2 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN**

El látex de caucho natural es una suspensión coloidal acuosa, en la que el caucho, en forma de partículas esféricas (ver figura 2) con un diámetro medio inferior a una micra, se mantiene disperso de manera relativamente estable en la fase acuosa continua.

La estabilidad de la suspensión se logra al estar cada partícula de caucho sitiada de una capa de sustancias naturales surfactantes, las moléculas de estos surfactantes naturales constan de una parte hidrófoba y por lo tanto afín al caucho

y de una parte hidrófila que por su afinidad con el agua retiene sobre la superficie de las partículas una o varias capas de moléculas de agua denominada agua de solvatación. Esta agua de solvatación impide que en el caso de un eventual choque entre dos partículas de caucho puedan ponerse en contacto directo y coalescer es decir fusionarse en una sola partícula de mayor tamaño (Vaysse et al., 2009).



**Figura 2. Caucho natural con fosfolípidos y proteínas**

Fuente:(Espada, 2017)

Las partículas están cargadas negativamente por lo que la repulsión electrostática entre partículas del mismo signo contribuye a disminuir la probabilidad de una aproximación suficiente para dar lugar a la coalescencia. Como consecuencia de estas fuerzas y de la agitación térmica, las partículas de caucho del látex están dotadas de un movimiento browniano. Existen otras dos partículas denominadas: Lutoides y partículas Frey-Wyssling, que también son de los elementos más importantes también responsables de las propiedades únicas de este caucho natural (Zhang, Leclercq y Montoro, 2017).

En la tabla 1 se muestran los valores promedios de la composición del látex “fresco” de caucho natural.

Tabla 1  
**Composición media del látex fresco**

SUSTANCIAS	%
poliisopreno	35
Proteínas	1.6
Lípidos	1.3
Carbohidratos	1.5
Minerales	0.3
Solutos orgánicos	0.5
Agua	59.7

Fuente: (Bottier C., 2020)

### **3.3 RECOLECCIÓN, ESTABILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL LÁTEX**

Los laticíferos en el *Hevea brasiliensis* se unen entre sí formando una red tridimensional de vasos especializados, estos se encuentran adyacentes al floema (tejido conductor encargado del transporte de nutrientes), y atraviesan el árbol entero dispuestos en capas concéntricas desde la corteza hasta el interior (Sando et al., 2009). Para obtener el látex, es necesario seccionar estos canales por los que se encuentra circulando. El método consiste en practicar un corte diagonal en ángulo hacia abajo en la corteza del árbol, que secciona dichos canales, y debido la alta presión de turgencia dentro de los vasos laticíferos se expulsa el látex que contiene entre un 30 a un 50% de cis-1,4-poli-isopreno (Oh et al., 1999). Esta cantidad de caucho seco (DRC) depende de muchos factores como de la variedad clonal de que se trate, así como si el árbol ha sido sangrado con anterioridad o no. En el primer sangrado se produce el mayor porcentaje de caucho, y a medida que se realizan sangrados regulares este porcentaje disminuye gradualmente hasta estabilizarse. No obstante, el contenido de caucho no debe ser inferior a un 25 %,

ya que este porcentaje es inapropiado para el proceso de concentración (Ong, 2000).

La secreción del látex dura unas horas hasta que por una coagulación espontánea se obtura la incisión. El corte que tiene una extensión de un tercio o de la mitad de la circunferencia del tronco, ha de ser renovado para volver a repetir el proceso esta operación suele practicarse en días alternos. La cantidad obtenida en cada incisión depende de muchos factores; como variedad clonal, terreno, climatología, edad del árbol, etc. No obstante, se suele obtener una cantidad comprendida entre 30 y 100 ml de látex (Chao et al., 2017).

El látex que fluye de la incisión se recoge en unas tazas adecuadamente dispuestas; conteniendo una pequeña cantidad de un agente conservante con acción germicida. Se suele utilizar amoníaco, formaldehído, o incluso sulfuros de tuiram (Peláez, Velázquez y Giraldo, 2014). El motivo de utilizar un estabilizante o conservante es para contrarrestar la coagulación espontánea. El tiempo requerido para dicha coagulación, depende de la temperatura ambiente y de la estabilidad coloidal del látex, pero el resultado siempre es el mismo: el látex se separa en coágulos de caucho y en una fase acuosa.

Existen dos teorías para explicar el fenómeno de la coagulación espontánea. La primera postula que el proceso es una consecuencia del descenso en el valor de pH debido a la interacción de microorganismos con varios constituyentes no caucho (agua, cenizas, lodos). La segunda atribuye el efecto a la liberación de aniones de ácidos grasos procedentes del hidrólisis de varias sustancias lipídicas presentes en el látex. Estos aniones se absorben en la superficie de las partículas de caucho y posiblemente desplazan a las proteínas e interactúan con iones de metales divalentes, como calcio y magnesio, presentes inicialmente en el látex, o que han sido liberados de complejos por acción de las enzimas, produciendo finalmente la coagulación.

La coagulación espontánea, no debe confundirse con la putrefacción. Esta última ocurre de manera posterior en el tiempo y con desarrollo de malos olores. La putrefacción es consecuencia de una degradación bacteriana que sufre la capa

proteica, que rodea a cada partícula de caucho, responsable de la estabilidad de la dispersión.

Uno de los estabilizantes más utilizado en el proceso de producción de látex natural es el amonio (normalmente en la forma de amoníaco), cumple perfectamente la misión de evitar la coagulación y la putrefacción, que además posee características favorables como ser bactericida y desactivador de los iones de magnesio. Sin embargo, también presenta importantes desventajas como la generación de vapores de amonio que resultan perjudiciales para la salud de los trabajadores de la cadena del caucho e incluso corrosivos para las instalaciones donde es procesado; otra desventaja está en que debido a su alta volatilidad su concentración en el látex puede variar con cortos tiempos de almacenamiento, afectando las propiedades del producto final (Singh et al, 2014). Es común también encontrar el sistema de estabilización compuesto por amoníaco de baja concentración, disulfuro de tetrametiluiran (TMTD) y óxido de zinc (ZnO), esta mezcla es más fácil manipularla que el amoníaco tradicionalmente usado, pero no elimina totalmente las dificultades asociadas al uso de amoníaco. Debido a las desventajas del amoníaco, desde hace décadas se han evaluado otras opciones de compuestos estabilizantes para que lo reemplacen, tales como el formaldehído, el sulfito o bisulfito de sodio, cianuro de sodio, soda cáustica, fenoles alcalinizados, sales ácidas sulfuradas, sales ácidas, mezclas de ácido cinámico, alcohol butílico, ácido sulfúrico y formaldehído, entre otros, aunque que ninguno de ellos es tan efectivo como el amoníaco (Peláez, Velázquez y Giraldo, 2014).

En un estudio realizado en Tailandia se encontró que el uso de sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) junto con una baja concentración de amoníaco (0,4 % en comparación con los 0,7 % usados normalmente), como sustituyente de la mezcla TMTD con ZnO, tiene la ventaja de no formar la sustancia cancerígena nitrosamina, además de poderse adicionar en forma de solución acuosa. Este nuevo estabilizante redujo el número VFA en relación con la mezcla común tras un mes de estabilización, sosteniendo otras características del látex como tamaño de partícula y viscosidad casi inalteradas; además, este compuesto aumentó la acción antimicrobiana del

estabilizante, los autores concluyeron que bases fuertes y bases orgánicas también poseen cualidades que ayudan a la estabilización del látex (Chaikumpollert et al.,2000).

De igual manera para el uso de estos estabilizantes antimicrobianos mencionados anteriormente se debe hacer una distinción entre preservación a corto y a largo plazo. La primera hace referencia simplemente a la preservación por un tiempo suficiente para asegurarse de que el látex permanece en condiciones líquidas durante algunas horas o días, antes de ser procesado en las distintas formas de caucho seco, ya que normalmente a las 3 o 4 horas después de haber efectuado las incisiones, el látex se retira de las tazas y se lleva al centro de procesamiento, por lo que para este tipo de preservación se utilizan los llamados anticoagulantes. La segunda implica la preservación durante el período de envío, transporte y almacenaje en el país consumidor.

### **3.4 PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Los látex concentrados de caucho natural son unos materiales altamente estandarizados. Durante años, acuerdos internacionales han dado como resultado los límites aceptables para sus propiedades básicas. Estos acuerdos están recogidos en las especificaciones publicadas por la Organización para la Estandarización Internacional (ISO, International Standards Organization), muchas de las cuales están basadas en las viejas especificaciones británicas o americanas. Las principales propiedades son las siguientes.

#### **3.4. 1 Contenido en caucho seco (DRC, Dry Rubber Content):**

Se define como el porcentaje de masa de látex coagulada bajo condiciones específicas de desestabilización coloidal, esto es, el contenido fraccional de caucho seco, se determina según la norma Método ISO 126:2005.

#### **3.4.2 Contenido en sólidos totales. (TSC, Total Solid Content):**

Es el residuo que queda después de evaporar el agua ISO 124: 2014, se determina secando hasta peso constante una muestra de 2,0 g de látex. Parte de los sólidos que quedan en el residuo no son caucho; incluso existe la posibilidad de una

alteración fraudulenta del látex por adición de otros compuestos para aumentar el contenido en sólidos totales. Por ello, en las especificaciones se establecen límites al contenido en otros componentes sólidos distintos al caucho, que se determinan por diferencia entre el TSC y DRC.

#### **3.4.3 Alcalinidad:**

Indica el contenido en amoníaco o hidróxido potásico del látex. Se determina según la norma ISO 125:2003 por valoración potenciométrica hasta pH 6,0 o con azul de bromotimol como indicador.

#### **3.4.4 Estabilidad mecánica (MST, Mechanical Stability Test):**

Se define como el tiempo en segundos hasta que se aprecian los primeros síntomas de floculación en una muestra de látex sometida a una agitación mecánica. Para la agitación se utiliza un aparato provisto de un rotor terminado en un disco que gira a 14.000 +/-200 r.p.m., en condiciones exactamente normalizadas.

Este parámetro mide la estabilidad coloidal del látex concentrado, por lo cual, un valor bajo de "MST", implica que el látex es inestable, y por tanto puede coagular o flocular fácilmente cuando es sometido a agitación durante el procesado. El requisito mínimo para látex concentrado, según la norma ISO 35: 2004, es de 650 segundos.

#### **3.4.5 Contenido en coágulos:**

Se determina según la norma ISO 706:2004 por filtración de una muestra de 200 g de látex a través de una malla de acero inoxidable de 180 micras de apertura.

#### **3.4.6 Contenido en cobre y magnesio:**

Los contenidos en cobre y magnesio se determinan según las normas ISO 8053: 1995 y ISO 17403:2014 respectivamente.

#### **3.4.7 Contenido en sedimentos:**

Este ensayo se determina por centrifugación de una muestra de látex, se decanta y se lavan los coágulos. Después se secan hasta peso constante. Las especificaciones están recogidas en la norma ISO 2005:2014.

#### **3.4.8 Número de hidróxido potásico:**

Es el número de gramos de KOH equivalente a los aniones presentes como sales de amonio en una cantidad de látex que contiene 100 gramos de sólidos totales. Conocer el valor del número de KOH es importante porque se relaciona con la degradación de la capa proteica originalmente existente en las partículas del látex, a la cual debe el látex su estabilidad. Por consiguiente, este número es un índice de la calidad del látex.

Este ensayo valora los ácidos grasos inferiores, que tienen un efecto desestabilizante, como los superiores que, en su forma de sales, que actúan como estabilizantes. Las especificaciones para este ensayo están recogidas en la norma ISO 127:2012, la cual dictamina que la determinación se realice por valoración potenciométrica.

#### **3.4.9 Número de ácidos grasos volátiles. (VFA No., Volatile Fatty Acid Number):**

El número de ácidos grasos volátiles se define como el número de gramos de hidróxido potásico equivalente a los aniones presentes como sales de ácidos grasos volátiles en una cantidad de látex que contiene 100 gramos de sólidos totales. Al igual que el ensayo anterior, se pretende medir la degradación de la capa proteica, es decir, la calidad del látex. La diferencia radica en que por este ensayo solo se determinan los ácidos grasos volátiles, como, por ejemplo: ácido fórmico, acético, y propiónico. Estos ácidos son formados por los microorganismos al metabolizar los carbohidratos presentes en el látex, de ahí que la concentración de estos aniones sea una indicación de la actividad de dichos microorganismos. Por ello es recomendable sustituir el ensayo anterior del número de KOH, por este otro, mucho más indicativo de la calidad real del látex.

Para realizar este ensayo, se coagula una muestra de látex, se acidifica el suero; a continuación, los ácidos grasos volátiles se destilan con vapor de agua y se valoran con hidróxido de bario. La norma que recoge este ensayo es ISO 506:1992.

#### **3.4.10 Viscosidad:**

La medida de la viscosidad no está incluida en las especificaciones, probablemente, su aplicación es más frecuente a las mezclas de látex que al látex como materia prima.

El látex es un líquido tixotrópico, esto es, su viscosidad no es constante, sino que disminuye con la velocidad a la que se agita; por ello, al mencionar el valor de la viscosidad es necesario consignar las condiciones en que se ha medido. La norma internacional ISO 1652:2004 prescribe el viscosímetro Brookfield, modelo LV, a una velocidad de 60 rpm. Los resultados se expresan en mPa.s o cP.

#### **3.4.11 Tamaño de partícula:**

El tamaño de partícula no juega un gran papel en la mayoría de los procesos tecnológicos, con la excepción de las operaciones de impregnación.

Las partículas en el látex de caucho natural son polidispersas y tienen un amplio rango de diámetros, desde 0,01 a 5 micras. El tamaño medio está considerado usualmente de entre 0,25 a 0,8 micras, dependiendo del método utilizado para calcular la media. La mayoría de las partículas en látex son menores de 0,5 micras pero mucha de la masa de caucho reside en partículas mayores de 0,6 micras.

#### **3.4.12 Conductividad:**

El látex de caucho natural tiene conductividad eléctrica debido a las sales disueltas de la fase acuosa. Los valores de conductividad de muchos látex centrifugados están en el rango de 3,0 a 5,0 mS medida a 25°C, pero existen muchos látex centrifugados que exhiben valores muchos mayores.

Los látex mal conservados tienden a tener altas conductividades, pero la variación en la conductividad de los látex que están bien conservados es demasiado alta

como para permitir a los valores de conductividad sustituir a las medidas de número de KOH o al de ácidos grasos volátiles.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

Se prepararon ocho soluciones acuosas de sulfatos al 16% p/p entre las cuales se pueden mencionar: sulfato de níquel ( $\text{NiSO}_4$ ), de aluminio ( $\text{AlSO}_4$ ), de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), de sodio ( $\text{NaSO}_4$ ), de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), de bario ( $\text{BaSO}_4$ ), de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) y de hierro ( $\text{FeSO}_4$ ).

Cada una de las soluciones de sulfatos preparadas se mezcló con soluciones de urea al 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, de tal forma que quedan una serie de cinco concentraciones sulfato-urea por cada solución de sulfato. En cada una se mezclaron 0.5 g de cada solución de sulfato con 8 g de urea en función de las diferentes concentraciones 10, 20, 30, 40 y 50 %p/p respectivamente. Las concentraciones del bactericida convencional no se presentan en este documento por confidencialidad con la empresa Rubbercorp SAS.

### 4.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRA (LÁTEX NATURAL)

Las recolecciones de muestras se realizaron en una parcela de la vereda el cincuenta ubicada en las coordenadas  $7^{\circ}39'18.5''\text{N}$   $74^{\circ}53'47.1''\text{W}$  vía Caucaasia – Zaragoza, departamento de Antioquia. Los árboles donde se tomaron las muestras son *Hevea Brasiliensis* de clones FX3864 y IAM710.

#### 4.2.1 Sangrado del árbol de caucho para toma de muestra:

Tabla 2

#### Materiales y equipos para sangrado del árbol

MATERIALES Y EQUIPOS	
Nombre	Cantidad
Cuchilla para sangrado de árbol	1
Tazas de 500 ml	80
Ganchos para tazas	80

**Descripción del proceso de sangrado:** se tomó una cuchilla previamente afilada

y esterilizada, se ubicó el conjunto de árboles donde se tomaron las muestras, se seleccionó el primer árbol que rayó y se le quitó la cintilla que cubre el corte de sangría, se limpió la canaleta, para evitar contaminación del látex, se ubicó la canaleta, asegurándose que este bien puesta, se limpió la taza de recolección para evitar contaminaciones del látex, se ubicó la taza de recolección, de tal manera que el látex pudo caer allí antes de continuar con el paso siguiente (ver imágenes en anexos). Por medio de un aspersor se agregó una pequeña cantidad de preservante (mezclas de sulfato y urea) dentro de la taza de recolección, se rayó el árbol, asegurándose que comience a gotear y que el látex se recolectó dentro de la taza de recolección, se ubicó el siguiente árbol y repitió el proceso, desde el paso del quite de cintilla. Esto se realizó hasta que finalizó con la totalidad de los árboles seleccionados.

#### 4.2.2 Proceso de recolección para obtener el látex preservado:

Tabla 3  
**Materiales y equipos recolección de látex preservado**

MATERIALES Y EQUIPOS	
Nombre	Cantidad
Frascos de Vidrio de 250 ml	41
Frascos de plástico 50 ml	41
Inyectores de 20 ml	41
Filtros	2
Embudos	2
pHmetro Portátil	1
Balanza analítica	1
Termómetro	1
Cronómetro	1
Varilla de agitación	2

Tabla 4  
**Reactivos y cantidades de sulfatos**

REACTIVOS	
Nombre de Reactivo	Cantidad ( g )
Sulfato de níquel ( $\text{NiSO}_4$ )	0,4
Sulfato de aluminio ( $\text{AlSO}_4$ )	0,4
Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ )	0,4
Sulfato de sodio ( $\text{NaSO}_4$ )	0,4
Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )	0,4
Sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ )	0,4
Sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ )	0,4
Sulfato de hierro ( $\text{FeSO}_4$ )	0,4
Urea	96
Agua Desmineralizada	200

Paso a paso para el proceso de recolección y almacenamiento de muestra: dos horas después de iniciar el sangrado, se tomó un recipiente limpio con suficiente capacidad para colectar el látex, con ayuda de un filtro, se vertió el contenido de la taza en otro recipiente para eliminar cualquier tipo de impureza (hoja, insectos, etc.), se pesó el total del látex que haya en el recipiente. Se toma el preservante (mezclas de sulfato y urea o urea sin mezcla) para realizar el ajuste de dosis de la mezcla en el látex 8.5 g de preservante/191.5 g de látex.

#### **4.2.3 Selección de mezcla de preservante para comparación**

Previo a la comparación con respecto al preservante de referencia generalmente utilizado en la industria TMTD + ZnO + NH<sub>3</sub>, se realizaron ensayos preliminares para establecer una mezcla de preservante inicial considerando como respuesta el registro de pH posterior a dos días de recolección de una muestra de látex estabilizada y tiempo de coagulación total al aplicar diferentes tipos de sulfatos (Sulfato de Níquel, Sulfato de Aluminio, Sulfato de Calcio, Sulfato de Sodio, Sulfato de Cobre, Sulfato de Bario, Sulfato de Zinc, Sulfato de Hierro) y porcentajes de urea (10, 20, 30, 40, 50%) para así obtener una relación de un tipo de sulfato vs urea que posterior análisis fisicoquímico de pH, viscosidad, VFA, %DRC, % TSC y densidad se podría comparar con los parámetros referentes del preservante habitualmente utilizado en el proceso.

Para la comparación de la mezcla de sulfato y urea respecto al preservante de referencia TMTD + ZnO + NH<sub>3</sub>, se realizaron ensayos para cada uno de los preservante y la urea como solo único preservante, utilizando una muestra de latex con registro de las variables fisicoquímicas en función del tiempo de 7, 14 y 21 días.

#### **4.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS**

Después seleccionar mezcla de preservante más efectivo, se realizó una nueva recolección de látex una cantidad necesaria para estudiar el látex durante un periodo de tiempo de 21 días en cual se realizaron análisis cada 7 días, para observar el comportamiento de las variables del número de ácidos grasos volátiles

VFA, pH y viscosidad. Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de calidad de la empresa Rubbercorp S.A.S ubicada en el Km 29 vía Zaragoza, Cauca, Antioquia.

Tabla 5

**Insumos químicos, cantidad de muestra para estudio, materiales y equipos recolección de látex preservado segundas muestras.**

<b>INSUMOS QUÍMICOS</b>	
<b>Nombre de Reactivo</b>	<b>Cantidad ( g )</b>
Sulfato de zinc	250
Urea	658
Látex (Caucho natural)	58434
Látex preservando Con NH <sub>3</sub> /TMTD/ZnO	20000
Agua Desmineralizada	200
<b>MATERIALES Y QUÍMICOS</b>	
<b>Nombre del material</b>	<b>Cantidad</b>
Recipiente de plástico de 20 dm <sup>3</sup>	4
Filtros	2
Embudos	2
pHmetro Portátil	1
Balanza analítica	1
Termómetro	1
Cronometro	1
Varilla de agitación	2

**4.3.1 ÁCIDOS GRASOS VOLATILES (VFA) (Método ISO 506 1992)**

Tabla 6.

**Reactivos para análisis de VFA.**

<b>REACTIVOS</b>		
<b>Nombre de Reactivo</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Cantidad</b>
Solución de Sulfato de Amonio al 35%.	g	1500
Solución de Hidróxido de Bario (0.01N)	cm <sup>3</sup>	100
Indicador Azul de Bromotimol (0.5% p/p)	cm <sup>3</sup>	50
Ácido Sulfúrico 30%	cm <sup>3</sup>	300

Tabla 7  
**Materiales y equipos para análisis de VFA**

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Destilador Markham	1
Generador de vapor o Balón de ebullición	1
Balanza analítica, con una precisión de 0.1 mg.	1
Baño de María	1
Micro bureta +/- 0.01 cm <sup>3</sup>	1
Vaso de Precipitados (Beaker) 50 cm <sup>3</sup>	1
Vaso de Precipitados (Beaker) 100 cm <sup>3</sup>	1
Vaso de Precipitados (Beaker) 250 cm <sup>3</sup>	1
Varilla de vidrio	1
Pipetas volumétricas de 5 cm <sup>3</sup> .	1
Pipetas volumétricas de 10 cm <sup>3</sup> .	1
Pipetas volumétricas de 25 cm <sup>3</sup> .	1
Probeta de 100 cm <sup>3</sup> .	1
Embudo de vidrio	1
Pizas para bureta	1
Mangueras de látex x 1 m	1
Balón aforado de 1000 cm <sup>3</sup>	1
Gotero de 50 cm <sup>3</sup>	1

Para determinar el VFA del látex de campo se determinó el contenido de total sólido TSC para el cálculo respectivo, luego se pesó 50 g ± 0.1 g en un vaso de precipitado de 250 cm<sup>3</sup> se agregó 50 cm<sup>3</sup> de solución de sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se agitó con varilla de vidrio, posteriormente se sumergió el vaso de precipitado en un baño María, a una temperatura de (70 - 80) °C, aproximadamente, por 5 a 10 minutos para que suelte el suero. Después se sacó una alícuota 25 cm<sup>3</sup> de suero y se vierte en un vaso de precipitado de 100 cm<sup>3</sup>, se agregó 5 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 30% después se filtró empleando un papel filtro bajo en ceniza de textura media; este suero acidificado es la muestra que se va a destilar empleando un destilador Markham.

El destilador fue preparado de la siguiente forma: Se lavó el destilador pasando vapor a través de éste por un período de 15 minutos o más, antes de iniciar una serie de análisis. Se vació la cámara interna por acción de sifón como sigue: Se venteó el generador de vapor, se cortó el abastecimiento de vapor al destilador y se abrió el drenaje inferior. La descarga de agua del drenaje inferior crea presión negativa al vaciarla cámara interna. Se lavó con agua destilada o desmineralizada a temperatura ambiente.

Para iniciar la destilación, se abrió el abastecimiento al generador de vapor, se dejó abierto temporalmente el drenaje inferior. Se agregó (en la cámara interna) 10 cm<sup>3</sup> de suero acidificado y se adicionó una gota de un antiespumante comercial, y se colocó el tapón; con una probeta de 100 cm<sup>3</sup> ubicada debajo del condensador se recibió el destilado y se cerró el drenaje inferior lentamente. Se ajustó el flujo de vapor de agua para producir un destilado a una velocidad de 5 a 6 ml por minuto hasta juntar 100 cm<sup>3</sup> ± 2 cm<sup>3</sup> del destilado en (17 a 20 minutos) para que el destilado no salga caliente. Finalmente se agregó una gota de indicador de azul de bromotimol y se tituló con solución de 0.01 N de hidróxido de bario Ba(OH)<sub>2</sub> hasta que el color azul persistió por cerca de 10 a 20 segundos antes de cambiar a verde.

#### 4.3.2 Contenido de sólidos totales (TSC) (Método ISO 124: 2014)

Tabla 8

##### Reactivos para análisis de TSC

REACTIVOS		
Nombre de Reactivo	UNIDAD	Cantidad
Agua desmineralizada	cm <sup>3</sup>	100

Tabla 9

##### Materiales y equipos para análisis de TSC

MATERIALES Y EQUIPOS	
Nombre	Cantidad
Horno tostador	1
Casa petri	5
Balanza analítica, con una precisión de +/- 0.1 mg.	1

Se tomó una caja de petri limpia y seca, se identificó de donde se obtuvo la muestra, luego obtener el peso vacío de la caja de petri y anotarlo en el espacio asignado para peso del plato, se pesó 2.0 g +/- 0.5g de muestra de látex de campo en la caja de petri previamente pesado, se agregó 1 ml de agua desmineralizada y se mezcló al látex, se regó la mezcla de látex por todo el fondo de la caja petri, se secó la muestra en horno tostador por 11 +/-2 minutos con temperatura de 175°C (o hasta que el látex perdiera su blancura), se pesó la caja petri con la muestra seca. Para calcular el porcentaje de Total Sólidos (TSC) con la siguiente ecuación Ec 1.

$$\%TSC = \frac{(C - A) \times 100}{B} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

A = Masa en gramos, de la caja petri (peso plato).

B = Masa en gramos, de la muestra original (peso Látex Húmedo).

C = Masa en gramos, del recipiente más muestra seca (peso constante de Látex Seco)

Para calcular el VFA se calcula inicialmente la constante B (Ec.2) y luego se reemplaza en la Ec.3.

$$[100 - (TSC - 3)] \times 0.66 + 67.32 = B \quad \text{Ec.2}$$

$$VFA = \frac{[(ml \text{ Bureta} \times N) - 0.0025] \times B}{TSC} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

V= Centímetros cúbicos de solución de Ba (OH)<sub>2</sub> requerida para la titulación de la muestra.

N= Normalidad de la solución de Ba (OH)<sub>2</sub>

W= Masa de látex en gramos.

V= Volumen en centímetros cúbicos, de solución de hidróxido de Bario

#### 4.3.3 Contenido de caucho seco (DRC) (Método ISO 126:2005)

Tabla 10

##### Reactivos para análisis de DRC

REACTIVOS		
Nombre de Reactivo	UNIDAD	Cantidad
Ácido acético 2%	cm <sup>3</sup>	300
Agua desmineralizada	L	2
Etanol	cm <sup>3</sup>	60

Tabla 11

**Materiales y equipos para análisis de DRC**

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Horno de convección	1
Vidrio reloj	5
Balanza analítica, con una precisión de +/- 0.1 mg.	1
Baño de maría	1
Molino laminador	1
Vaso de precipitados (Beaker) de vidrio de 250 o de 100 cm <sup>3</sup> .	1
Probeta de 50 cm <sup>3</sup> .	1
Tamiz de 180 µm	1

Se pesó aproximadamente 10 g +/- 0.1 g de muestra dentro de un beaker de 100 cm<sup>3</sup>, se agregó 25 cm<sup>3</sup> de solución de ácido acético 20 g/dm<sup>3</sup> mientras se agitó constantemente por un período de 1 a 3 minutos, se colocó en el baño María (con una temperatura de 70°C-80°C) y calentó de 15 a 30 minutos, debe resultar un suero claro, y 30 minutos es el tiempo máximo permitido; Si el suero no es claro, agregar 5 cm<sup>3</sup> de etanol, si el suero es lechoso, indica que el ácido fue agregado muy rápido o poca cantidad y el procedimiento debe ser repetido hasta obtener el suero claro, se sacó el beaker del baño María y dejó enfriar a temperatura ambiente esto es para que sea fácil formar una lámina delgada, con mucho cuidado se sacó el coágulo del recipiente recolectando todos los residuos de caucho del beaker, se laminó en una laminadora de laboratorio, se filtró el suero de la muestra con tamiz de 180 µm y recolectó todas las partículas de caucho con la lámina, se introdujo la lámina dentro del beaker para atrapar todas las partículas de hule que quedaron en las paredes, se remojó el coágulo en varios cambios de agua, se obtuvo una lámina de coágulo de un máximo de 2 mm de grosor. Si por alguna razón la lámina se doblara, meterla de nuevo al baño de María y volver a laminarla o amasarla hasta darle forma y medida requerida, se lavó la lámina de caucho bajo el agua de grifo por un período aproximado de 5 minutos, se colocó en un vidrio reloj y se secó a 100°C +/- 5° C en horno de aire de convección de 2 a 2.5 horas o hasta que esté totalmente seca con un color ámbar, se enfrió a temperatura ambiente del laboratorio y pesó en una

balanza analítica. Se ingresó nuevamente al horno por 30 minutos y volvió a pesar. Se repitió esto tres veces hasta que se obtuvo un peso constante, la diferencia de un peso con otro fue de 0.001 g. Si la diferencia es mayor, repetir la prueba. Para calcular el contenido de caucho seco como porcentaje de masa se emplea la Ec.4.

$$DRC = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

$m_0$  = es la masa, en gramos de la muestra de látex.

$m_1$  = es la masa, en gramos de la hoja seca de caucho (diferencia entre el peso vidrio de reloj y muestra con el peso de vidrio de reloj).

#### 4.3.4 Viscosidad (Método ISO 1652:2004)

Tabla 12

#### Materiales y equipos para análisis de viscosidad

MATERIALES Y EQUIPOS	
Nombre	Cantidad
viscosímetro Brookfield	1
beaker de 600 ml	1
Fluido estándar de calibración de 500 ml	1

Se empleó un viscosímetro Brookfield DV-E, el cual debe calibrarse semanalmente como se describe a continuación: coloque el fluido estándar de viscosidad (en el contenedor apropiado), efectuar el análisis durante horas que permitan que la temperatura ambiente se encuentre entre 25°C +/- 1° C por una hora. Colocar el DV-E en posición de medición, asegurar que se tenga el protector. Colocar el spindle 61 ó 62 al viscosímetro. Evite atrapar aire debajo del disco sumergiendo el Spindle de forma inclinada y entonces conectando al viscosímetro. Verificar la temperatura del fluido, y se tomó la lectura de la viscosidad a 60 RPM, la cual debe ser igual 98cP ± 2 cP (96 cP – 100 cP) con el spindle 61 y 98cP +/- 6 cP (92 cP – 104 cP) con el spindle 62, que indicará que el viscosímetro está operando correctamente.

Para medir la viscosidad se toma una muestra de 430 cm<sup>3</sup> +/- 10 cm<sup>3</sup> de látex de campo se vierte en un beaker de 600 cm<sup>3</sup>, colocar el spindle 62 en el viscosímetro, introducir el viscosímetro dentro del beaker conteniendo la muestra de ensayo hasta el nivel marcado del spindle, encender el viscosímetro, esperar un minuto y tomar el valor de la viscosidad de la pantalla del equipo.

#### 4.3.5 Determinación del pH (Método ISO 976:1996)

Tabla 13

##### Materiales y equipos para análisis de pH

MATERIALES Y EQUIPOS	
Nombre	Cantidad
pHmetro	1
Beaker de 250 cm <sup>3</sup>	1
Varilla de vidrio de agitación	1

Calibrar el pH metro de acuerdo con el método y las instrucciones dadas por el fabricante, el cual consiste en: calibrar en pH 7.01, luego en pH 10.01, conectar pH metro, lavar y secar el electrodo, se determinó el pH y se anotó en el respectivo espacio.

#### 4.3.6 Análisis estadístico

Los resultados para cada muestra se calcularon como la media  $\pm$  la desviación estándar de las determinaciones por triplicado. Se utilizó ANOVA para evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones promedio de parámetros fisicoquímicos para los diferentes tipos de preservantes utilizados y respecto al preservante de referencia. Para verificar las relaciones e interacción entre las variables fisicoquímicas se realizó gráficos de superficie de respuesta. El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Centurion XV.II empleando como criterio de significación  $p < 0.05$ .

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.1 Selección de mezcla de preservante

La tabla 15 muestra los resultados obtenidos de los diferentes tipos de sulfatos y concentración de urea. Se observa que la mejor mezcla fue la obtenida entre el sulfato de zinc con urea al 50% donde se presentó mayor acción anticoagulante con registro de tiempo de 34 días y condiciones de pH de 9.09, similares a los resultados obtenidos cuando se trabaja con el preservante TMTD + ZnO + NH<sub>3</sub> utilizado generalmente en la industria de la producción de látex. Razón por lo cual fue seleccionada para la comparación respecto al preservante de referencia en función de una caracterización fisicoquímica acorde a los parámetros pH, viscosidad, VFA, %DRC, % TSC y densidad.

Tabla 14.

#### Resultados de barrido ensayos preliminares de relación de Sulfatos vs Urea

UREA	10%	20%	30%	40%	50%
<b>SULFATOS</b>	<b>pH tomado desde el día N° 2</b>				
Sulfato de Níquel	4,55	7,47	9,05	8,77	9,23
Sulfato de Aluminio	6,12	7,1	7,88	8,9	8,98
Sulfato de Calcio	6,05	6,05	7,5	8,45	9,02
Sulfato de Sodio	6,01	8,01	8,74	8,93	8,97
Sulfato de Cobre	5,01	8,16	8,65	8,41	9,23
Sulfato de Bario	5,07	8,23	8,43	9,05	9,33
Sulfato de Zinc	5,56	8,2	8,51	9,04	9,09
Sulfato de Hierro	5,02	7,24	8,87	9,07	9,18
	Coagulación Total Día 2				
	Coagulación Total Día 4				
	Coagulación Total Día 5				
	Coagulación Total Día 9				
	Coagulación Total Día 20				
	Coagulación Total Día 27				
	Coagulación Total Día 34				

## 5.2 Caracterización fisicoquímica por tratamientos

El análisis fisicoquímico en función del tiempo para las diferentes relaciones de preservantes evaluados se muestra en la tabla 15 y se observa que, al incrementar el tiempo, el parámetro pH para los tratamientos T2 y T3 no difieren estadísticamente. No obstante, respecto al preservante referencia (T1), con un tiempo de 7 días se presenta diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Caso contrario ocurre para VFA donde se presenta que para el T1 no se presenta diferencia significativa en función del tiempo, mientras que el T2 indica que para el tiempo de 7 y 14 días difieren estadísticamente del tiempo 21 días y respecto a T3 se presentan resultados similares a T2 pero con la diferencia que para el tiempo 7 días se presenta diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos. A diferencia del parámetro viscosidad donde para cada tratamiento no presenta diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

Cabe resaltar, para la comparación de los tratamientos propuestos (T2 y T3) respecto al de referencia (T1) y el cual es utilizado en la industria para la obtención del látex se evaluaron los resultados para un tiempo de 21 días característico de la recolección del látex en campo al aplicar el preservante  $\text{NH}_3 + \text{TMTD} + \text{ZnO}$ . Los resultados indicados en la tabla 15 muestran que el pH y VFA para los tratamientos T2 y T3 difiere estadísticamente entre sí y respecto al T1 considerado el de referencia. Resultados similares se observan para la viscosidad donde el T1 presenta diferencia estadísticamente significativa respecto a T2 y T3. No obstante, parámetros como % DRC, % TSC y densidad para los tratamientos T2 y T3 no presentan diferencias significativa respecto al tratamiento referente por lo que al

tratarse de parámetros de control característico del proceso de obtención del látex se podría llegar a utilizar este tipo de preservante para mejorar la calidad de vida a los trabajadores en esta industria por la exposición crónica de sustancias como  $\text{NH}_3$  perjudiciales para la salud.

Tabla 15.

**Caracterización fisicoquímica en función del tiempo y tratamientos**

Parámetros	T1: NH <sub>3</sub> + TMTD + ZnO			T2: ZnSO <sub>4</sub> + Urea (50%)			T3: Urea (50%)		
	7 días	14 días	21 días	7 días	14 días	21 días	7 días	14 días	21 días
pH	10,04±0,16 <sup>a</sup>	10,12±0,23 <sup>b</sup>	9,94±0,069 <sup>b</sup>	9,25±0,06 <sup>a</sup>	9,27±0,03 <sup>a</sup>	9,25±0,04 <sup>a</sup>	9,27±0,02 <sup>a</sup>	9,22±0,01 <sup>a</sup>	9,16±0,05 <sup>a</sup>
Viscosidad (Cp)	20,87±2,08 <sup>a</sup>	35,37±2,06 <sup>a</sup>	41,40±0,95 <sup>a</sup>	64,0±1,35 <sup>b</sup>	99,33±14,8 <sup>b</sup>	108,70±12,3 <sup>b</sup>	32,2±1,32 <sup>c</sup>	65,7±3,75 <sup>c</sup>	72,7±4,81 <sup>c</sup>
Índice VFA	0,013±0,001 <sup>a</sup>	0,015±0,001 <sup>a</sup>	0,016±0,0005 <sup>a</sup>	0,014±0,005 <sup>a</sup>	0,019±0,005 <sup>a</sup>	0,019±0,002 <sup>b</sup>	0,015±0,004 <sup>a</sup>	0,067±0,01 <sup>b</sup>	0,081±0,017 <sup>c</sup>
DRC (%p/p)	-	-	40,74±0,73 <sup>a</sup>	-	-	40,97±0,57 <sup>a</sup>	-	-	41,06±0,89 <sup>a</sup>
TSC (%p/p)	-	-	44,15±0,66 <sup>a</sup>	-	-	45,88±0,65 <sup>a</sup>	-	-	44,05±0,09 <sup>a</sup>
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	0,967±0,003 <sup>a</sup>	-	-	0,967±0,002 <sup>a</sup>	-	-	0,967±0,002 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Las letras indicadas como súper índice indican si existe diferencia estadística o no significativa entre parámetros en función del tiempo y tratamientos. Letras iguales indican que no se presenta diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

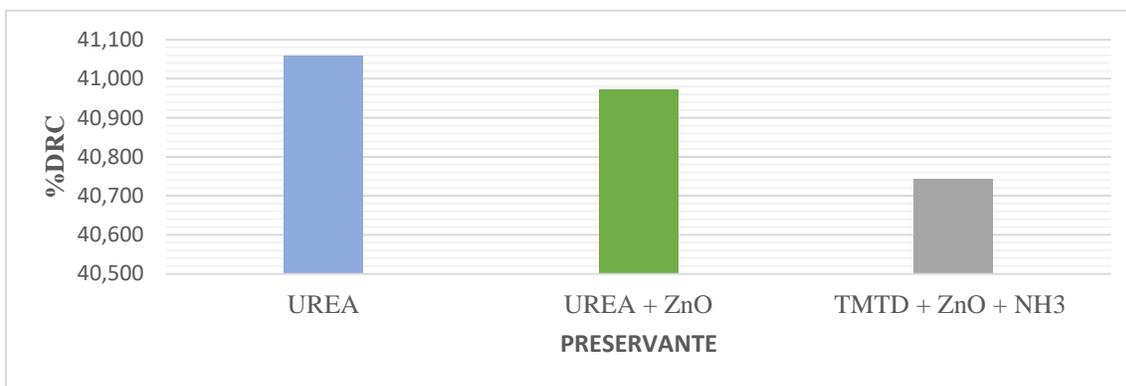
T1: Tratamiento referencia = NH<sub>3</sub> + TMTD + ZnO

T2: Tratamiento 2 = ZnSO<sub>4</sub> + Urea (50%)

T3: Tratamiento 3 = Urea (50%)

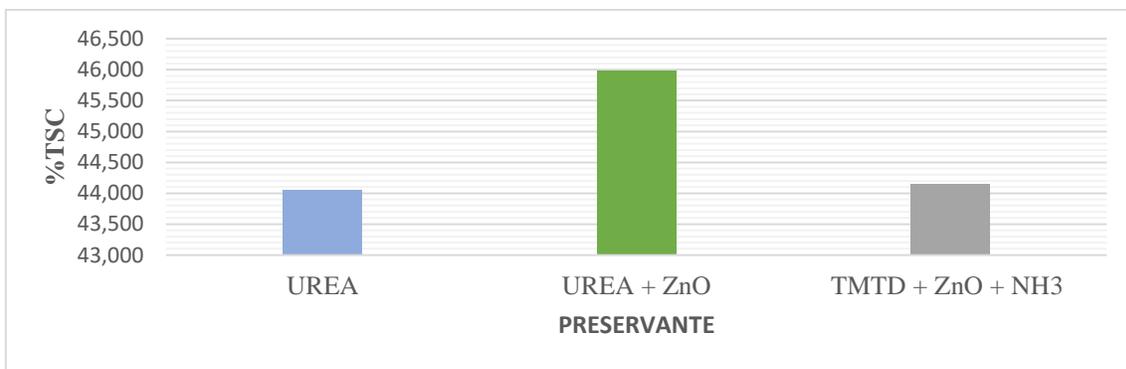
## 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis a partir de los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente estudio. Se presenta la información detallada de la caracterización de las muestras de látex de campo. Como podemos observar en la figura 3 los valores del %DRC estuvieron entre 40,7% - 41%, en la figura 4 el %p/pTSC oscilo entre 44 %p/p - 45%p/p y en la figura 5 densidad de 0,965 g/cm<sup>3</sup> – 0,967 g/cm<sup>3</sup>. Si miramos la bibliografía los datos reportados de la densidad son de 0,970 - 0,980 g/cm<sup>3</sup> para el látex de caucho natural que suele contener 25%p/p a 50% p/p de materia seca (%p/p DRC y %p/p TSC) (Bottier, 2020).



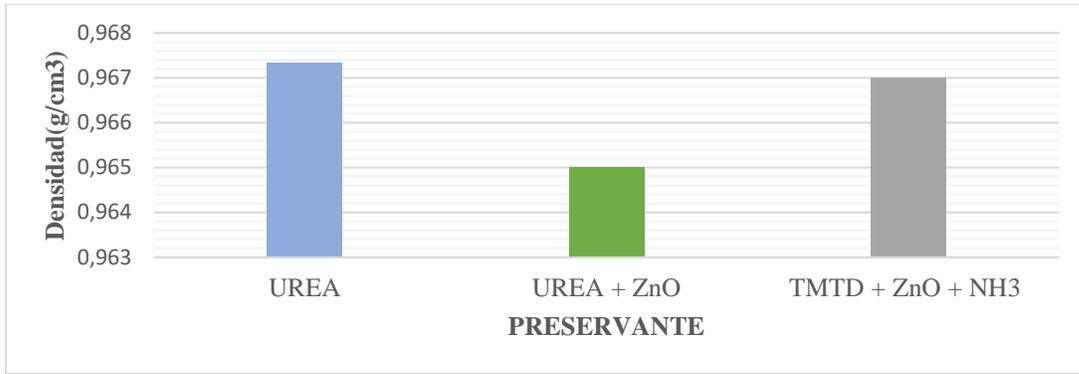
**Figura 3. Gráfica de Caracterización del contenido de caucho seco (%DRC)**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla 15.



**Figura 4. Gráfica de Caracterización del contenido de sólidos totales (%TSC)**

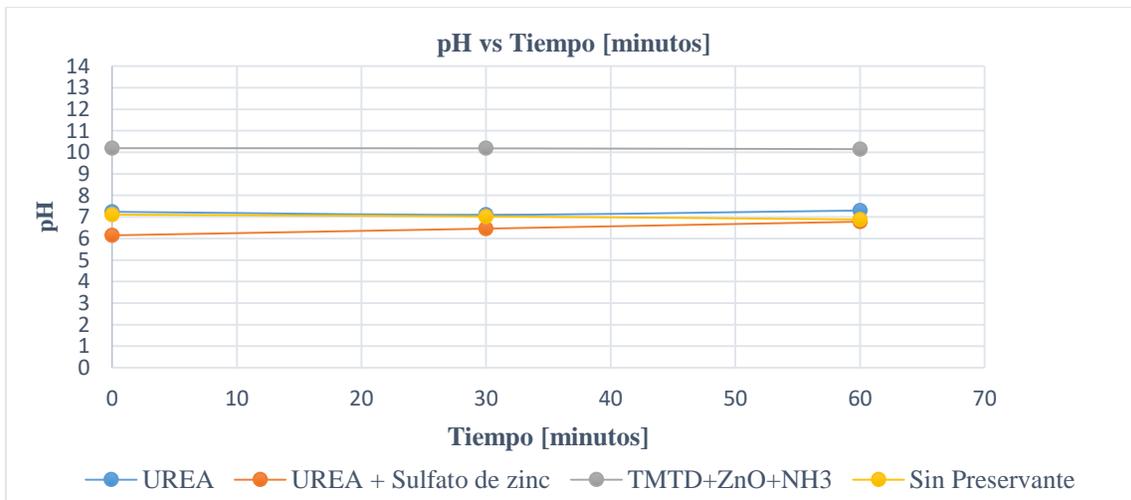
Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla 15.



**Figura 5. Gráfica de Caracterización de la densidad (g/cm<sup>3</sup>)**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla 15.

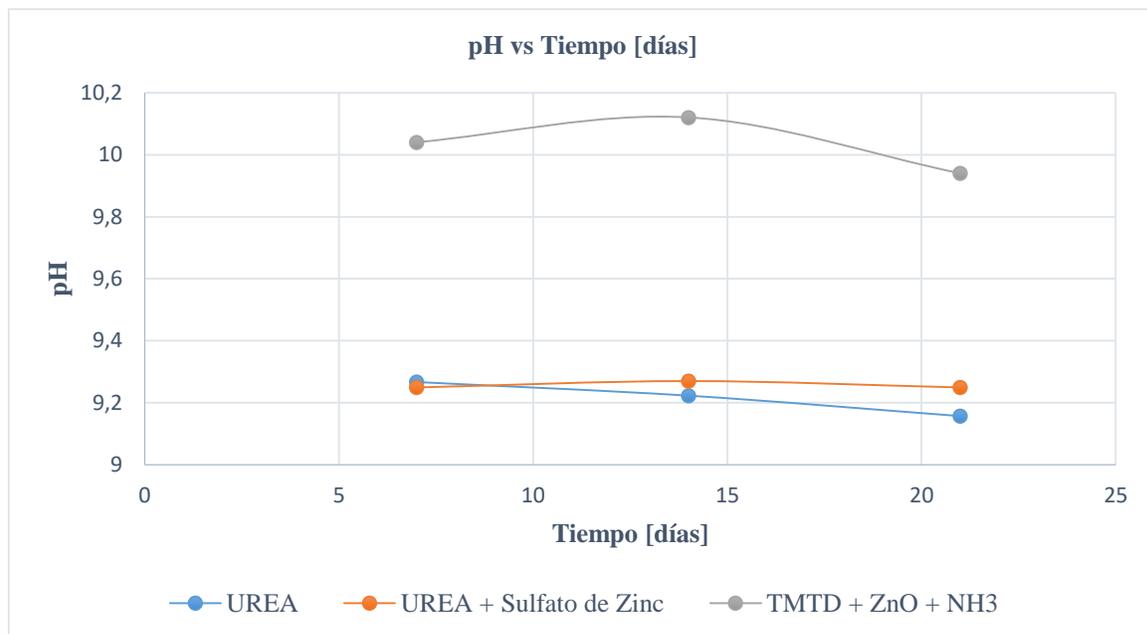
Como se puede observar la gráfica de la figura 6, se observa el pH del látex natural recién sangrado presentado un valor de pH 7.1, este valor se midió por un tiempo de 60 minutos, este valor inicial disminuyo o a medida que pasa el tiempo de bebido a que el látex natural virgen no está mezclado con ninguno preservante dando lugar a la contaminación bacteriana (Salomez et al., 2014) ocasionando el deterioro de la capa proteica de la molécula (Berthelot et al., 2014; Mekonnen et al., 2019). Para las muestras con TMTD+ZnO+NH<sub>3</sub>, el pH se mantuvo por encima de 10.0 con diferencias significativas, para UREA y UREA + sulfato de zinc el pH inicio 7.24 y 6.15 respectivamente, para estos últimos estabilizantes el pH aumentó su valor en el transcurso del tiempo.



**Figura 6. Gráfica de la Relación del pH con el tiempo del látex de campo después del rayado del árbol con para distintos preservantes.**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tablas 15.

En la figura 7 se muestra gráfica de comportamiento del pH del látex estabilizado con cada preservante, se ve la caída del pH que es provocado por la actividad de bacterias como *Streptococcus* y *Lactobacillus*, que por fermentación de carbohidratos pueden afectar el equilibrio generando acidificación del medio (Salomez et al., 2014).

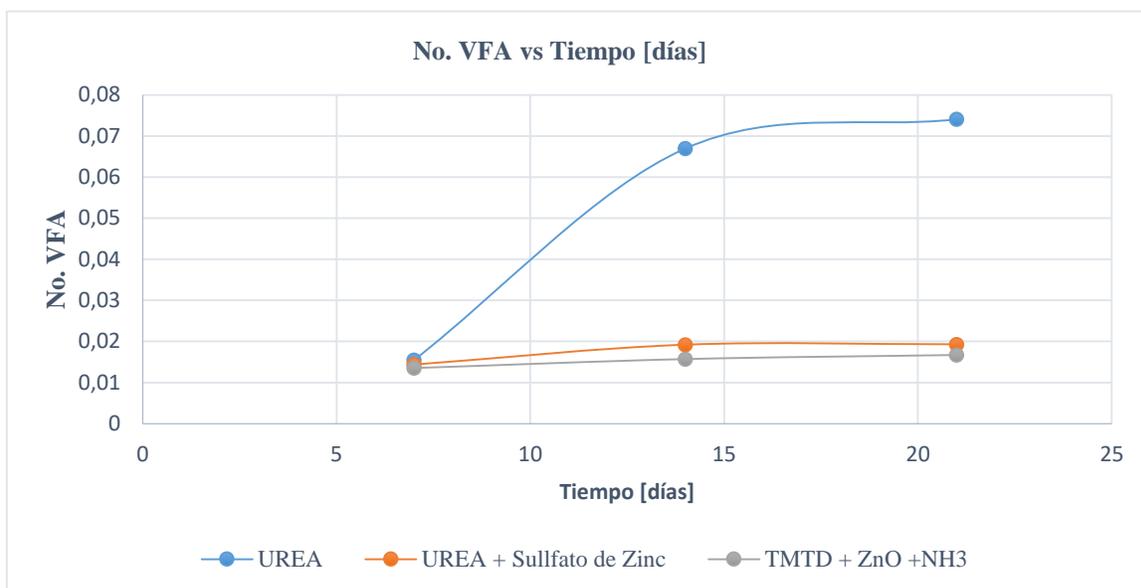


**Figura 7. Gráfica de la relación del pH con el tiempo de almacenamiento látex preservado.**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tablas 15.

A continuación, en figura 8 se muestra el comportamiento del No. VFA vs tiempo de la preservación, este parámetro es importante ya que muestra que tan contaminado está el látex de campo, el valor límite de VFA es 0.06 de recolección de esta materia prima de acuerdo con la industria y requerimientos de control de calidad de la empresa Rubbercop S.A.S. Se observa que el látex preservado solamente con urea tiende a degradarse más rápido, podemos ver la gráfica, para el sulfato de zinc + urea donde se obtienen buenos resultados para un tiempo de 21 días, esto se debe a que el sulfato de zinc tiene propiedades bactericidas ayudando a inhibir el crecimiento de las bacterias que están en la mezcla de látex de campo (Brayner et al., 2006). En un estudio realizado en Tailandia desarrollaron un estudio con la relación de las sustancias sulfato de zinc + NH<sub>3</sub> donde se encontró que esta mezcla presenta buena preservación de látex mostrando valores de VFA de 0,017 para 8

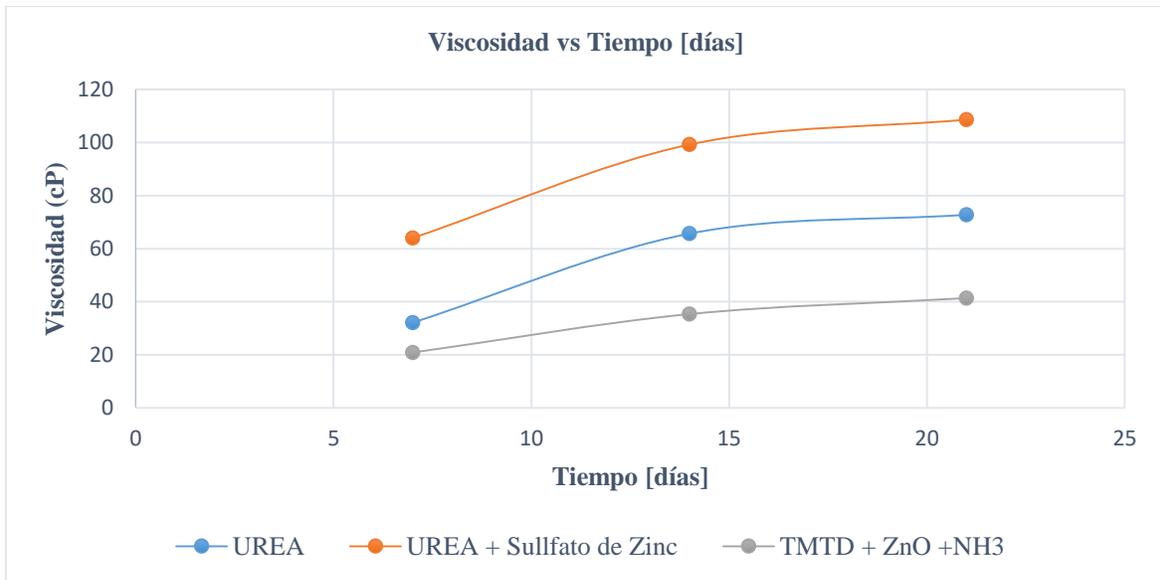
días y 0,029 para un mes (Chaikumpollert et al.,2000). Con este estudio se puede comparar que los datos realizados en esta investigación están muy cercanos para los valores de VFA donde está presente el sulfato de zinc.



**Figura 8. Gráfica de la relación del No.VFA con el tiempo de almacenamiento látex preservado.**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla 15.

En la figura 9 se muestran las gráficas de la viscosidad donde incrementan con el tiempo, debido a la acidificación con producción de ácidos causados por a la degradación bacteriana (Salomez et al., 2014) esto podría causar una disminución de la separación de las partículas de caucho entre sí dando lugar en un aumento de la viscosidad, cabe decir que estos estudios no se han investigado por lo cual son de primordial para generar una línea base de conocimiento en la implementación de nuevos tipos de preservantes para la conservación del latex y mitigación de efectos negativos en salud. Como podemos apreciar la viscosidad presenta un incremento en función del tiempo para los diferentes tipos de preservantes evaluado. Sin embargo, los mayores resultados se observan para la mezcla urea + sulfato de zinc, indicando una desventaja ya que para el proceso de obtención del látex centrifugado a menores viscosidades tiene un mejor manejo en el proceso de la centrifugación, si este es muy viscoso no pasaría por la centrifuga ocasionado tajarla o también el látex producido sería muy viscoso siendo este difícil de manejar en procesos posteriores, también disminuiría la eficiencia de la maquina centrifugadora.



**Figura 9. Gráfica de la relación de la viscosidad con el tiempo de almacenamiento látex preservado**

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tablas 15.

Como podemos observar las figuras 10,11 y 12 se muestra la relación de las tres variables No. VFA, viscosidad y pH. Analizando las tres graficas vemos que el No. VFA aumenta cuando el pH disminuye y la viscosidad aumenta. También podemos decir que a menores viscosidades y mayor pH vamos a tener un No. VFA bajo.

Gráfica de superficie de No. VFA vs. Viscosidad (cP); pH

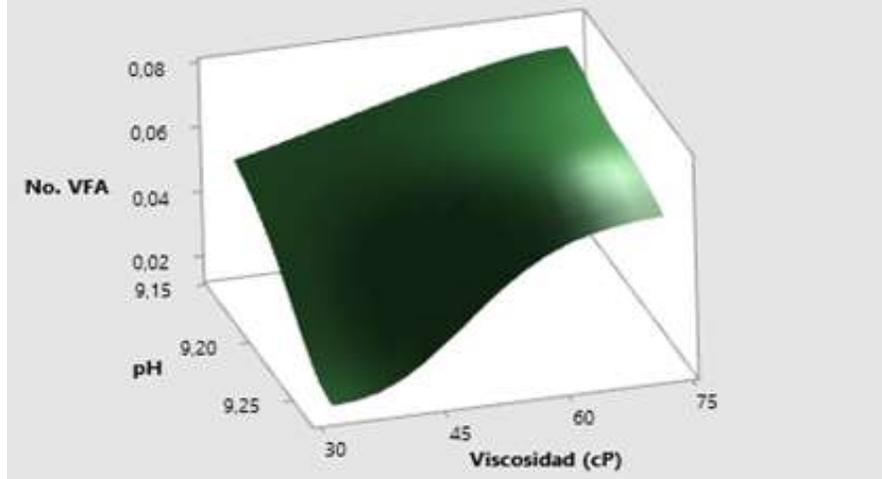


Figura 10. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con UREA

Gráfica de superficie de No. VFA vs. Viscosidad (cP); pH

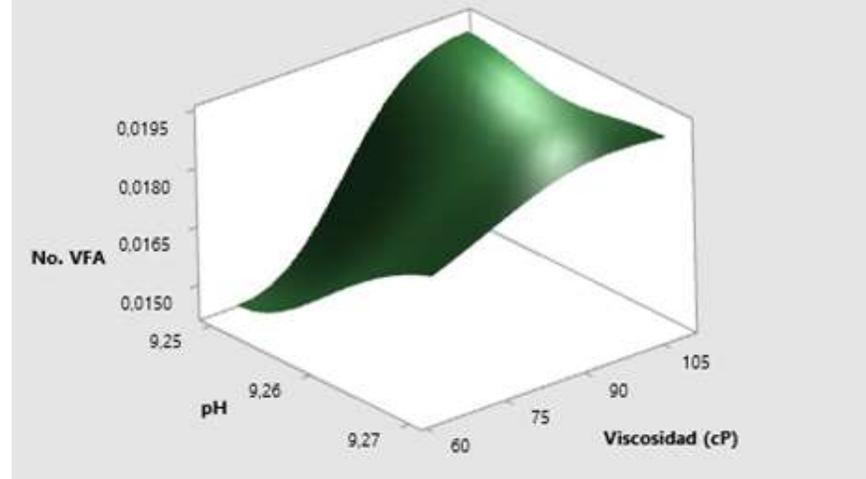


Figura 11. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con UREA + Sulfato de zinc

Gráfica de superficie de No. VFA vs. Viscosidad (cP); pH

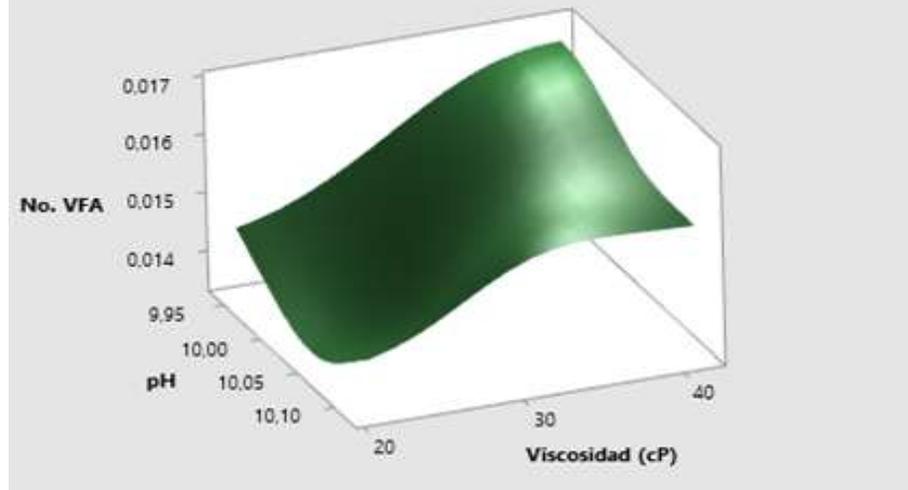


Figura 12. Gráfica de la relación de la viscosidad vs No. VFA; pH para el látex preservado con TMTD + Óxido de zinc + NH<sub>3</sub>

En general, al evaluar la relación de costo beneficio respecto a la aplicación de un tipo de preservante diferente al utilizado habitualmente en la industria del látex se encuentra que el precio aproximado es de 2060,46 COP y el precio del nuevo preservante de UREA + Sulfato zinc tiene costo aproximado de producción de 2.570 COP.

Sin embargo, para producir bactericida con amoniaco se requiere tener permisos de la oficina de estupefacientes, adscrita al Ministerio de Justicia de Colombia generando que la relación de costos y tiempos de producción sin el recurso se retrase cuando no se cuenta producto. Además, se debe tener una infraestructura especial para manejo de esta sustancia, también para la preparación de este producto se requiere tener un molino de bolas para la molienda de los insumos como TMTD y ZnO. Para el preservante con urea solo se requiere un agitador convencional. Lo anterior, genera mayores costos de procesos que mediante la implementación de una mezcla de preservante urea + sulfato de zinc son mucho más bajos

## 7. CONCLUSIONES

La mezcla de sulfatos/urea con mayor actividad anticoagulante y bactericida para obtener un látex preservado fue urea (50% p/p) + sulfato de zinc (1%p/p) en solución acuosa obteniendo valores de VFA para 21 días de 0.019, característico de parámetros fisicoquímicos similares a las del preservante TMTD+ZnO+NH<sub>3</sub>.

Independiente del tipo de preservante aplicado se presentan incrementos en los parámetros de viscosidad y VFA, también decrementos para los valores de pH de los parámetros fisicoquímicos en función del tiempo. Sin embargo, el pH para el látex natural recién sangrado para los preservantes urea y sulfato de zinc + urea iniciando con pH de 7.24 y 6.15 aumentan hasta llegar a un pH sobre 9,0.

La preservante urea + sulfato de zinc demostró ser técnicamente viable para el proceso de obtención de látex estabilizado. No obstante, los costos de producción de 1 Kg (2.570 COP) son superiores a los del preservante utilizado como referencia (TMTD+ZnO+NH<sub>3</sub> = 2060,46 COP).

En la industria del látex la aplicación de la mezcla preservante urea + sulfato de zinc podría mejorar las condiciones de salud de los trabajadores, los cuales se encuentran expuestos a sustancias químicas nocivas como el amoniaco. Del mismo modo ayudaría a disminuir los efectos contaminantes de los productos tradicionalmente empleados como materia prima en la obtención del látex de caucho natural.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio con concentraciones más bajas de sulfato de zinc hasta obtener un punto más óptimo para la producción del bactericida con urea con el propósito de reducir costos de este producto.
2. Realizar el proceso de centrifugado del látex de campo preservado con este nuevo bactericida y estudiar la estabilidad mecánica, viscosidad, VFA y KOH con respecto al tiempo.
4. Realizar un estudio de preservación de látex con amoníaco y sulfato de zinc, con concentraciones de amoníaco de 4%, 8% ,12% y sulfato de zinc 0.5%, 1%, 2% en la mezcla del bactericida y adiciones de preservante al látex de campo de 4.5%. Midiendo parámetros respuesta como VFA y Alcalinidad, pH, Viscosidad, comprar estos datos con el bactericida con urea.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Brayner, R., Ferrari-Lliou, R., Brivois, N., Djediat, S., Benedetti, M.F., Fiévet, F. (2006). Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. *Nano Letters*. 6 (4), 866-870. <https://doi.org/10.1021/nl052326h>
- Bruinsma, J. (2017). *World Agriculture: Towards 2015/2030 - An FAO Perspective*. Routledge: London. <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>. Revisado, Marzo 03 de 2021.
- Berthelot, K., Lecomte, S., Estevez, Y., Peruch, F. (2014). Hevea brasiliensis REF (Hevb1) and SRPP (Hevb3): An overview of possible functions of rubber particle proteins. *Biochimie*. 106, 1 – 9. DOI: 10.1016/j.biochi.2014.07.002
- Bottier C. (2020). Chapter Seven - Biochemical composition of Hevea brasiliensis latex: A focus on the protein, lipid, carbohydrate and mineral contents. *Advances in Botanical Research*. 93(1), 201-237. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2019.11.003>
- Chaikumpollert, O., Loykulnant, S., Chaveewan, K., Suchiva, K. (2000). Developmetn of Preservative for Natural Rubber Latex. *Proceedings of IV International Conference of Materials Science and Techonology*, (p.15). Bangkok, Tailandia.
- Chao, J., Yang, S., Chen Y., Tian, W. (2017). Transcript Profiling of Hevea brasiliensis during Latex Flow. *Front Plant Sci*. 8, 1904. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01904>
- Espada J. (2017). Desarrollo de nuevas formulaciones de látex de caucho natural libres de n-nitrosaminas, hipoalergénicas y ecológicas, y su caracterización por RMN de campo bajo. Universidad Complutense de Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=127756>. Revisado Abril 10 de 2021.
- Garrido, L., Ibarra, L., y Marco, C. (2004). *Ciencia y Tecnología de Materiales Poliméricos*, Madrid: ICTP-CSIC. <http://www.ictp.csic.es/ICTP2/es/libroscypolimeros>. Revisado Febrero 15 de 2021.
- Gronover, S., Wahler, D., Prüfer, D. (2011). Capitulo: Natural Rubber Biosynthesis and PhysicChemical Studies on Plant Derived Latex; *Book Biotechnology of Biopolymers*, 75-88. DOI: 10.5772/17144
- Harper, C., y Petrie, E. (2003). *Plastics Materials and Processes: A Concise Encyclopedia*, Wellington, FL, Estados Unidos de America: Copyright John Wiley & Sons, Inc. <https://www.amazon.com/-/es/Charles-Harper/dp/0471456039?asin=0471456039&revisionId=&format=4&depth=1>
- Hirata, Y., Kondo, H., Ozawa, Y. (2014). Natural Rubber (NR) for the Tyre Industry. <https://doi.org/10.1533/9780857096913.2.325>

En S. Kohjiya, and Y. Ikeda, Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber, 1st Edition, Cambridge: Woodhead Publishing Limited., 325-342.

Lin, H., Jiang, Z. (2018). Study on the Effect of Rubber Sole on Pressure Change of Foot Movement. *Revista de Pielarie Incaltaminte*.18 (1) 33-38. DOI:10.24264/lfj.18.1.4.

Mekonnen, T., Ah-Leung, T., Hojabr S., Berry, R. (2019). Investigation of the co-coagulation of natural rubber latex and cellulose nanocrystals aqueous dispersion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 583, 123949-123961. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123949>.

Oh, SK., Kang, H., Shin, DH., Yang, J., Chow, KS., Yeang, HY., Wagner, B., Breiteneder, H., & Han, KH. (1999). Isolation, Characterization, and Functional Analysis of a Novel cDNA Clone Encoding a Small Rubber Particle Protein from *Hevea brasiliensis*. *Journal of Biological Chemistry*, 274 (24) 17132-17138. <https://doi.org/10.1074/jbc.274.24.17132>.

Ong, E. L. (2000). Characterization of new latex-timber clones of natural rubber. *Journal of applied polymer science*, 78 (8) 1517-1520. [https://doi.org/10.1002/1097-4628\(20001121\)78:8<1517::AID-APP80>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/1097-4628(20001121)78:8<1517::AID-APP80>3.0.CO;2-X).

Parichkul, A., Saikhwan, P. (2015). The use of pasteurization to control microbial growth in rubber latex. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*, 1 (1) 131-135.

Peláez G., Velázquez S., Giraldo D. (2014). Aditivos para el procesamiento del caucho natural y su aplicación en pequeñas plantaciones de caucho. *Informador Técnico (Colombia)*, 78(2) 166-174. <https://doi.org/10.23850/22565035.100>

Salomez M., Subileau M, Intapun J., Bonfils F., Sainte-Beuve J., Vaysse L., Dubreucq E. (2014). Micro-organisms in latex and natural rubber coagula of *Hevea brasiliensis* and their impact on rubber composition, structure and properties. *Journal of Applied Microbiology*, 117, 921- 929. DOI: 10.1111/jam.12556

Sando, T., Hayashi, T., Takeda, Akiyama, T., Nakazawa, Y., Fukusaki, E., & Kobayashi, A. (2009). Histochemical study of detailed laticifer structure and rubber biosynthesis-related protein localization in *Hevea brasiliensis* using spectral confocal laser scanning microscopy. *Planta*, 230 (1) 215-225. DOI: 10.1007/s00425-009-0936-0

Singh, M., Esquena, J., Solans, C., Booten, K., & and Tadros, T. (2014). Influence of hydrophobically modified inulin (INUTEC NRA) on the stability of vulcanized natural rubber. *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects*, 451(1) 90-100. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.03.057>

Tully, J. (2011). *The Devil's Milk: A Social history of Rubber*. New York: Monthly Review Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qfjqp>

Vaysse, L., Thaler, P., Bonfils, F., Beuve, J. (2009). Sustainable Solutions for Modern Economies. Iowa, USA: RSC Publishing. <https://doi.org/10.1039/9781847552686>

VII Congreso Internacional Cauchero el cambio hacia el mercado de talla mundial puerto Gaitán Meta – Colombia 13,14 y 15 de septiembre. (2018). Situación Actual del Caucho en Colombia. Colombia. <http://www.asorinoquia.org/noticias/104/Invitaci%C3%B3n-D%C3%ADa-de-campo---VII-Congreso-Internacional-Cauchero>. Revisado Marzo 21 de 2021.

Zhang, Y., Leclercq, J., Montoro, P. (2017). Reactive oxygen species in *Hevea brasiliensis* latex and relevance to Tapping Panel Dryness. *Macromolecular Bioscience*, 37(2) 261–269. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw106>

## 10. APÉNDICES

### Apéndice 1. Recolección y ordenamiento de información del análisis %TSC.

Muestras de Látex Preservado con Urea				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%TSC
1	35,432	2,003	36,315	44,08387419
2	35,223	2,009	36,106	43,95221503
3	33,755	2,001	34,638	44,12793603
Muestras de Látex Preservado con Urea y Sulfato de Zinc				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%TSC
1	33,700	2,012	34,640	46,71968191
2	35,224	2,002	36,134	45,45454545
3	33,756	2,042	34,691	45,78844270
Muestras de Látex Preservado con TMTD+ZnO+NH <sub>3</sub>				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%TSC
1	33,755	2,013	34,659	44,90809737
2	34,600	2,010	35,481	43,82896791
3	33,701	2,023	34,586	43,72381004

### Apéndice 2. Recolección y ordenamiento de información del análisis %DRC.

Muestras de Látex Preservado con Urea				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%DRC
1	37,881	10,093	41,927	40,09102839
2	34,874	10,021	39,068	41,85322307
3	35,041	10,023	39,174	41,23832824
Muestras de Látex Preservado con Urea y Sulfato de Zinc				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%DRC
1	35,963	10,089	40,163	41,63015701
2	33,345	10,003	37,420	40,74018292
3	35,436	10,015	39,497	40,55384641
Muestras de Látex Preservado con TMTD+ZnO+NH <sub>3</sub>				
Replicas	Peso Plato (g)	Peso muestra (g)	Peso plato + peso muestra seca (g)	%DRC
1	37,270	10,045	41,343	40,55240998
2	35,040	10,073	39,226	41,55498294
3	35,436	10,029	39,604	41,55501507

**Apéndice 3. Recolección y ordenamiento de información del análisis VFA látex Preservado con urea.**

<b>Fecha: 9/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,084	0,68	106,2046	0,0103
2	43,952	0,98	106,2915	0,0176
3	44,128	1,02	106,1755	0,0185
<b>Fecha: 16/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,084	2,88	106,2046	0,0633
2	43,952	2,52	106,2915	0,0548
3	44,128	3,70	106,1755	0,0830
<b>23/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,084	3,2	106,2046	0,0710
2	43,952	2,78	106,2915	0,0611
3	44,128	4,00	106,1755	0,0902

**Apéndice 4. Recolección y ordenamiento de información del análisis VFA látex Preservado con urea + sulfato de zinc.**

<b>Fecha: 9/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	46,719	0,66	104,4650	0,0092
2	45,454	1,00	105,3000	0,0174
3	45,788	0,98	105,0796	0,0168
<b>Fecha: 16/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	46,719	1,20	104,4650	0,0212
2	45,454	1,09	105,3000	0,0194
3	45,788	1,00	105,0796	0,0172
<b>23/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	46,719	1,02	104,4650	0,0172
2	45,454	0,93	105,3000	0,0164
3	45,788	0,98	105,0796	0,0164

**Apéndice 4. Recolección y ordenamiento de información del análisis VFA látex Preservado con TMTD+ZnO+NH<sub>3</sub>.**

<b>Fecha: 9/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,908	0,82	105,6606	0,0134
2	43,828	0,77	106,3728	0,0125
3	43,723	0,85	106,4422	0,0145
<b>Fecha: 16/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,908	0,96	105,6607	0,0168
2	43,828	0,91	106,3729	0,0159
3	43,723	0,85	106,4423	0,0146
<b>23/11/2020</b>				
<b>Replicas</b>	<b>%TSC</b>	<b>cm<sup>3</sup> Ba(OH)<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>No. VFA</b>
1	44,908	0,98	105,6607	0,0172
2	43,828	0,93	106,3729	0,0164
3	43,723	0,93	106,4423	0,0164

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Fotografías de recolección de muestras de barrido



**Anexo 2. Fotografías de recolección de muestras de preservante seleccionado**



### Anexo 3 Fotografías de equipos de laboratorio



Viscosímetro de Brookfield.



Balanza Analítica

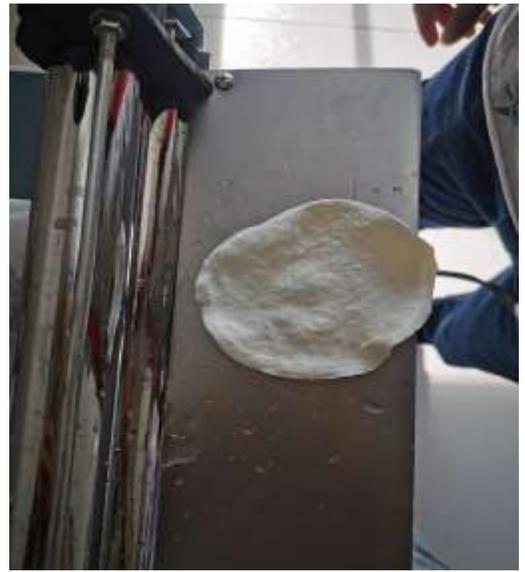


Horno Tostador





Laminadora



Montaje: Destilador de Markham



pHmetro



Horno de Convección





Baño María



## **Anexo 4 Ficha técnica del sulfato de zinc Fuente: Antioqueña de químicos S.A.S**

### **1.INFORMACION DEL PRODUCTO**

**NOMBRE QUÍMICO:** sulfato de zinc monohidratado

**Nombre comercial:** sulfato de zinc monohidratado

**Familia química:** sal inorgánica

**Sinónimos:** vitriolo blanco, vitriolo de zinc

**Formula química:**  $ZnSO_4 \cdot H_2O$

**Composición:** 99-100 %

**Contenido de Zn:** 35%

**Contenido de S:** 17.5 %

### **2.CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**Apariencia:** sólido, polvo cristalino

**Ph:** 4.4-6.0 (solución al 5% a 25°C)

**P.ebullición (°C):** se descompone por debajo del punto de ebullición a 500

**P.fusión (°C):** 100

**Densidad relativa:** 1.97 g/cm<sup>3</sup>

**Peso molecular:** 287.6 g/mol

**Solubilidad:** (20°C): 965 g/l en agua

## Anexo 5 Ficha técnica de la UREA: Fuente Antioqueña de químicos S.A.S

### 1. INFORMACION DEL PRODUCTO

**NOMBRE QUÍMICO:** Carbamida

**Nombre comercial:** Urea

**Familia química:** Amida alifática

**Sinónimos:** carbonildiamida, carbamilamida, ácido arbamídico, ácido

**Formula química:**  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

**Composición:**

**Contenido de Nitrogeno:** 46%

### 2. CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

**Apariencia:** Sólido, granulado.

**pH:** 7.2 (solución 100g /l.)

**Ebullición (°C):** Se descompone a más de 134 °C

**Fusión (°C):** 132.7 °C

**Densidad relativa:** 1.3 g/cm<sup>3</sup>

**Peso molecular:** 60.6 g/gmol

**Solubilidad:** (20°C): 88 g/100ml. Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente.

## Anexo 6 Costos de producción de Bactericida

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BACTERICIDA CON UREA + SULFATO DE ZINC				
ITEM	INSUMOS QUÍMICOS	PRECIO GRAMO COP	CANTIDAD EN GRAMOS	COSTO
1	UREA	3,808	500	\$ 1.904,00
2	SULFATO DE ZINC	28,56	10	\$ 268,75
3	AGUA	0	430	\$ -
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.172,75</b>
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE NH <sub>3</sub> +TMTD+ZnO				
1	BACTERICIDA NH <sub>3</sub> +TMTD+ZnO			\$ 1.811,00
<b>FUENTE: RUBBERCORP S.A.S</b>				