



JORNADAS CAUCHO

B O G O T Á 2 0 2 5

Uso del **RPA** en la caracterización de
Caucho Natural

Ing. Javier Munoz Azuero

Uso del RPA en la caracterización de 30 AÑOS DE CALIDAD Caucho Natural



Problema de UNIFORMIDAD



Variabilidad:

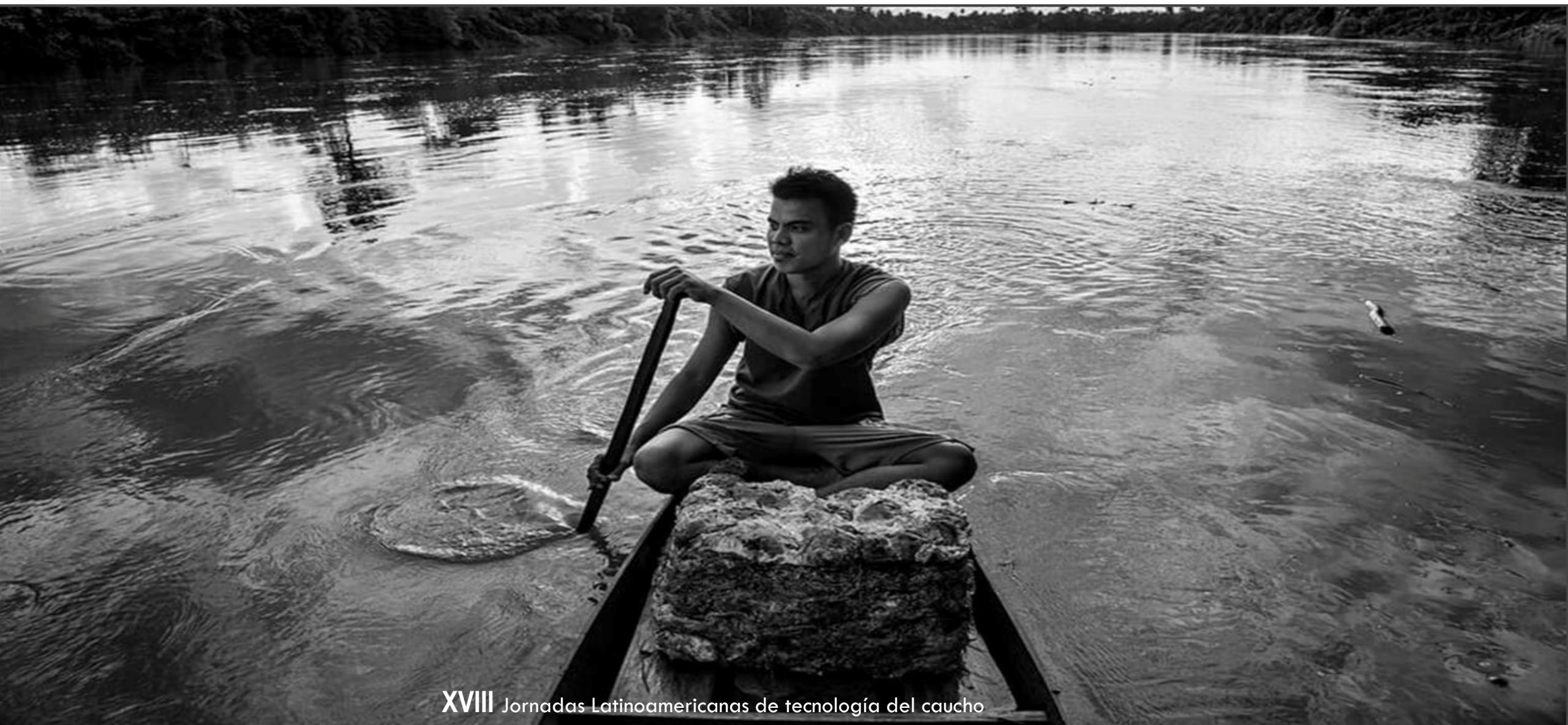
- Clon del Árbol
- Edad del Árbol
- Condiciones del suelo
- Condiciones climáticas
- Recolección
- Coagulación del látex
- Historial de Procesamiento
- Historial de Almacenamiento

Como establecer una característica cuantificable

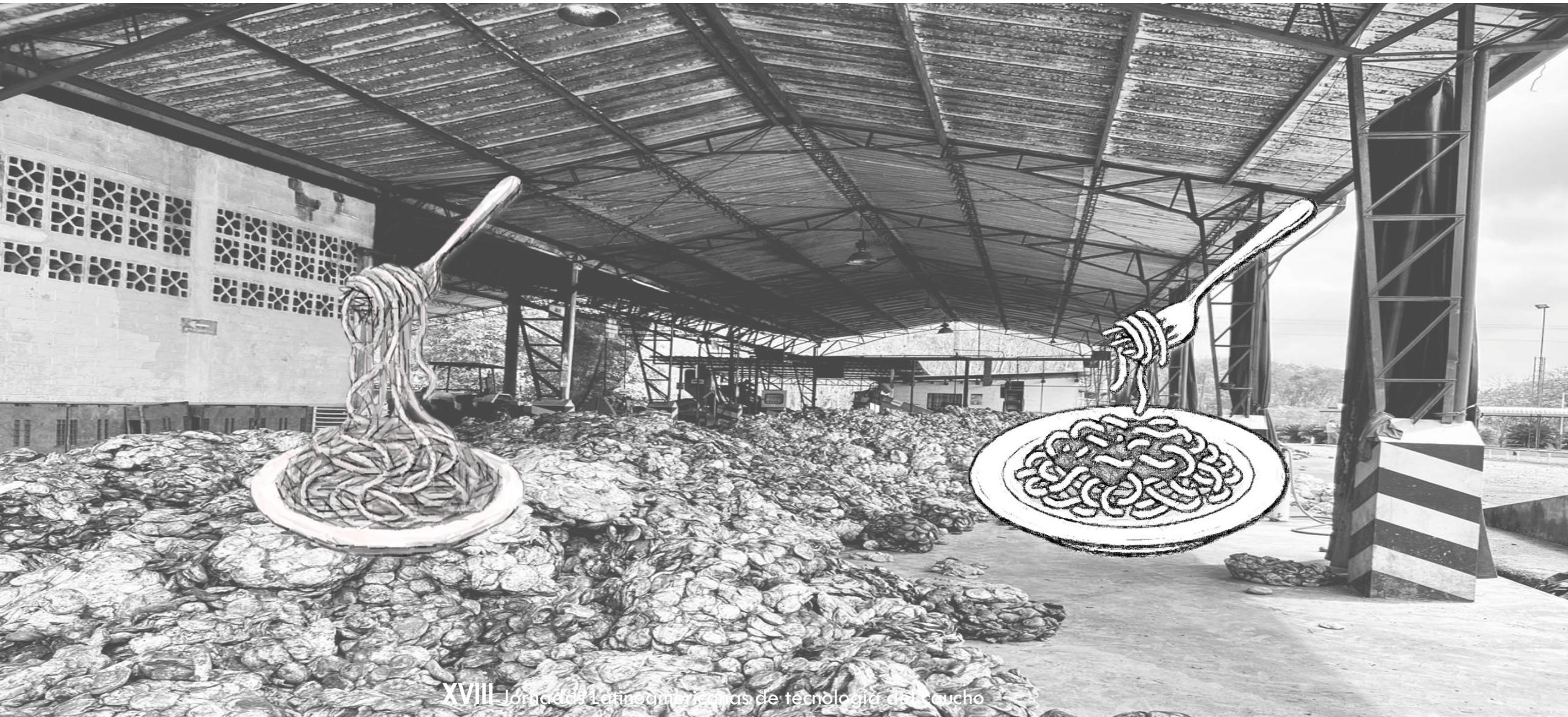


1. Basic Physical Properties	4. Molecular Structure
<ul style="list-style-type: none"> - Volatile Matter (ASTM D1278) - Ash Content (ASTM D5666) - Insoluble Matter (ASTM D1276) - Visual cleanliness and contamination check 	<ul style="list-style-type: none"> - Gel Permeation Chromatography (GPC): M_w, M_n, polydispersity - FTIR or NMR: branching, chemical groups, impurities
2. Chemical Properties	5. Additional Tests
<ul style="list-style-type: none"> - Plasticity Retention Index (PRI) – ISO 2930 / ASTM D3194 - Nitrogen content – protein indicator - Wallace plasticity: Po (initial), PR (retained) 	<ul style="list-style-type: none"> - Color evaluation (Lovibond scale) - Non-rubber content: lipids, resins, proteins
3. Rheological Properties	
<ul style="list-style-type: none"> - Mooney Viscosity (ASTM D1646): processability check - RPA (ASTM D6204): G', G'', η^*, Tan δ - Compare mastication, degradation, consistency 	

Como establecer una característica cuantificable



Describir la distribución



Peso Molecular y Distribución Molecular



Peso Molecular Promedio en Número (M_n)

Es el peso total de todas las moléculas poliméricas contenidas en una muestra, dividido por el número total de moléculas poliméricas de dicha muestra (promedio aritmético – todas las cadenas tienen la misma importancia a la hora de estimar este parámetro).

Peso Molecular Promedio en Peso (M_w)

Está basado en el hecho de que una molécula más grande contiene más de la masa total de la muestra polimérica que las moléculas pequeñas (Este parámetro es muy sensible a las cadenas de alto peso molecular).

$$M_w \geq M_n$$



JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

Índice de Polidispersidad



$$IP = M_w / M_n$$

Cuantifica la amplitud de la Curva de Distribución de Pesos Moleculares (MWD) y representa el cociente entre el peso molecular promedio en peso (M_w) y el peso molecular promedio en número (M_n).

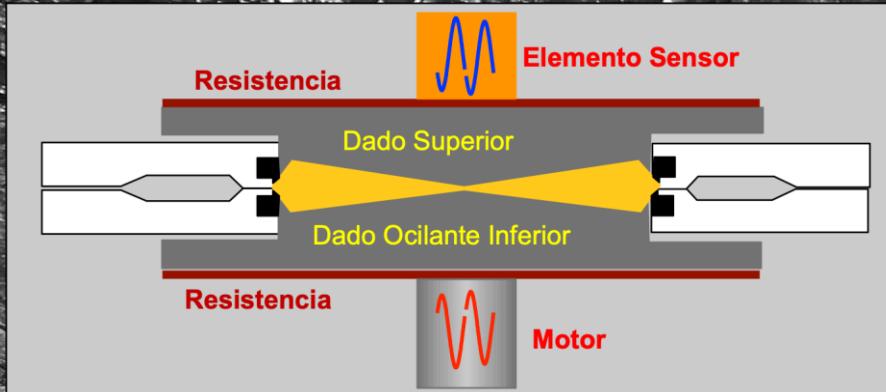


JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

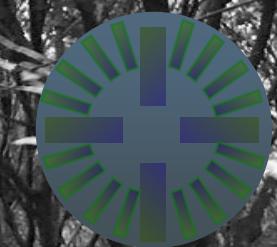
Como medir fácilmente ?



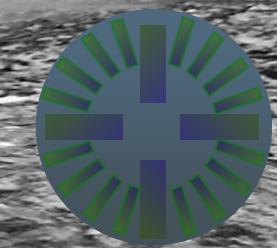
Como funciona un Rubber Process Analyzer



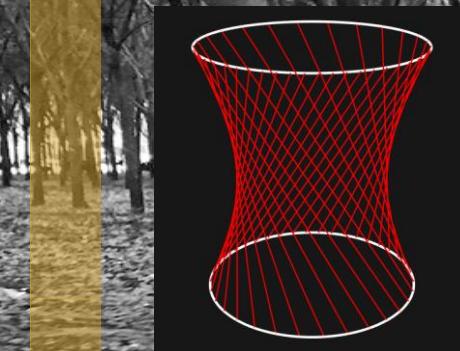
Dado Superior



Dado Inferior



Dado Superior

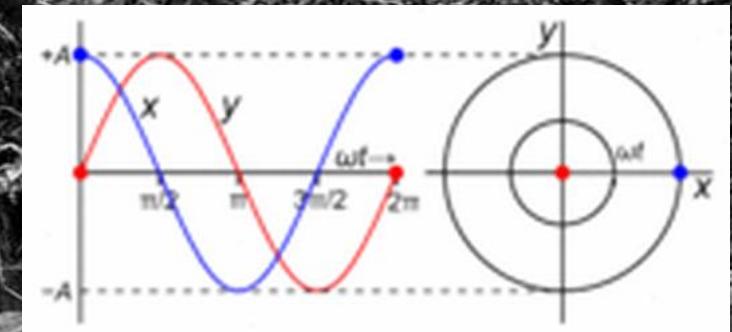
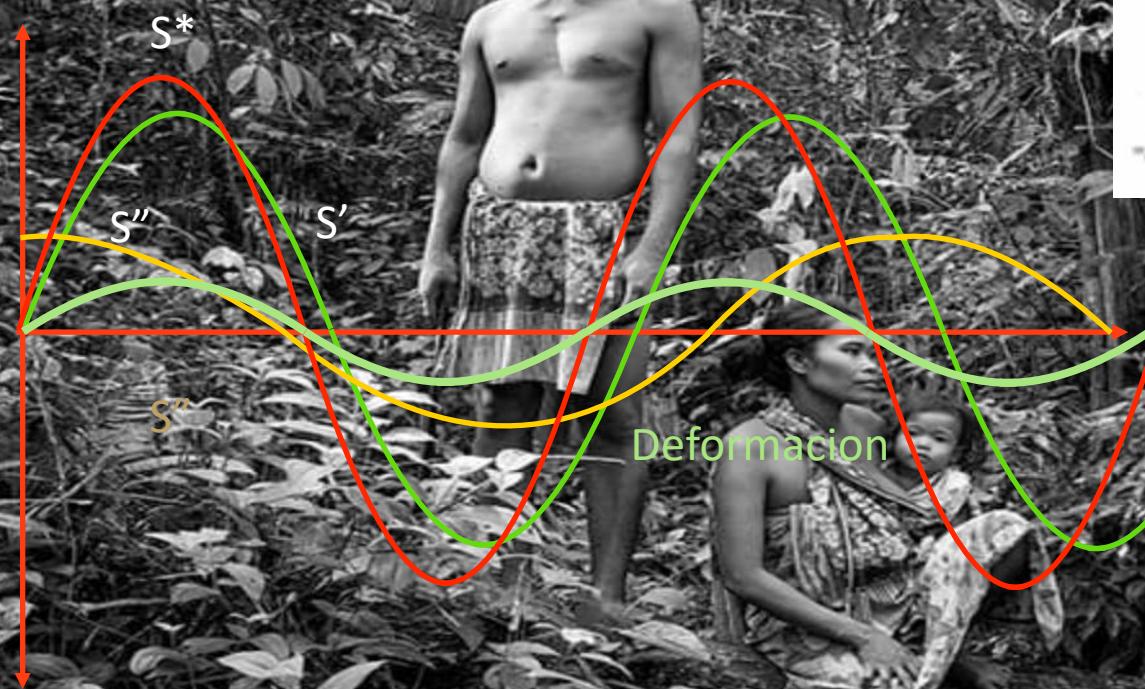
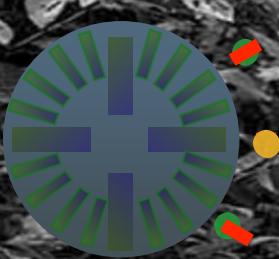




JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025



Como Funciona RPA





JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

RPA. Barrido de Deformación





JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

Módulos de corte dinámicos. "G"



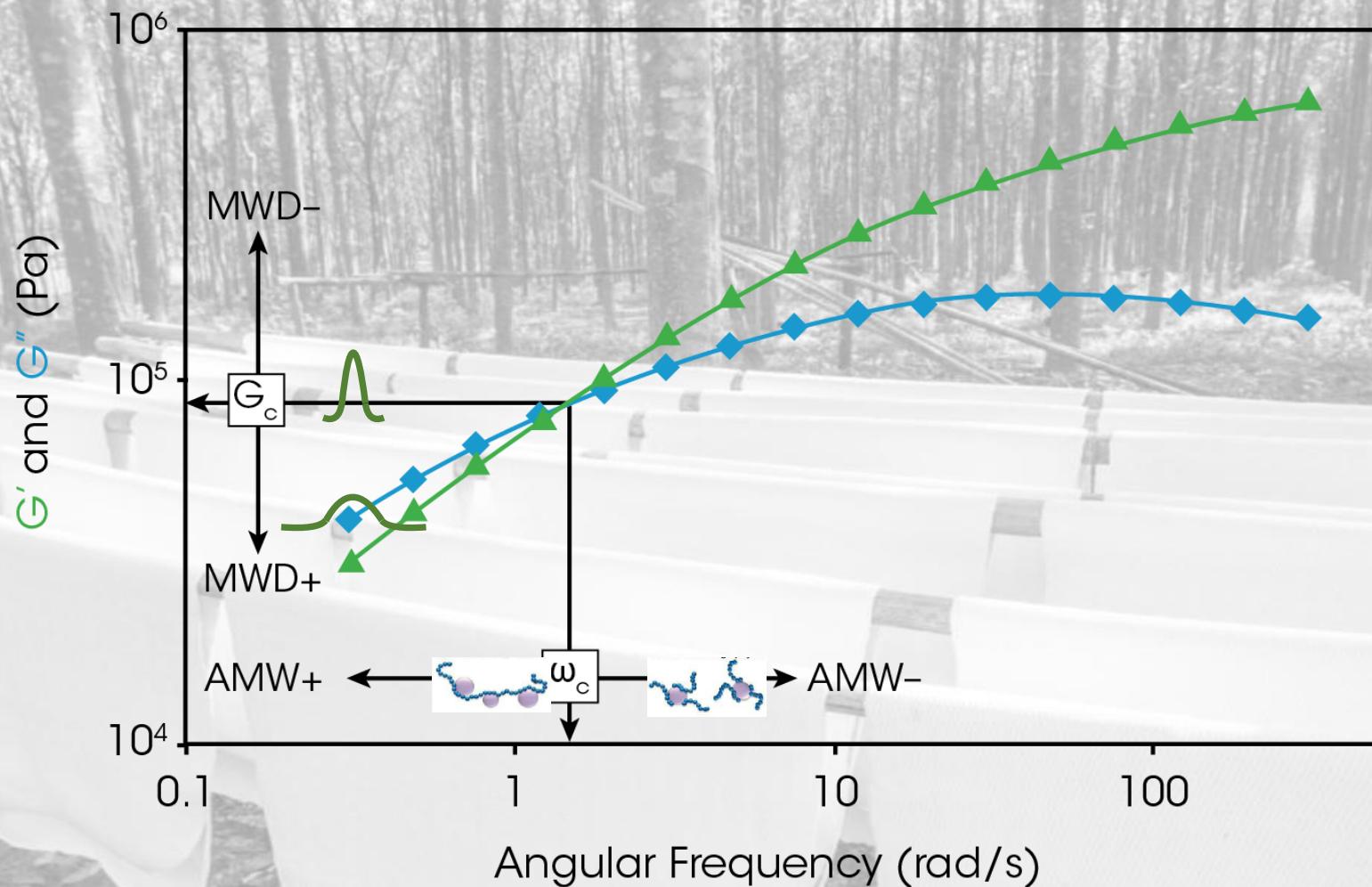
G' Es el componente del torque que está en fase con la deformación. Es la medida de la **ELASTICIDAD** del material

G'' Es el componente del torque que esta 90° fuera de fase con la deformación. Mide la resistencia al **FLUJO**

Elastic (Storage) Modulus (**G'**)
Viscous (Loss) Modulus (**G''**)
Complex Modulus (**G***)

$$\begin{aligned} G' &= (K \cdot S') / \text{Strain} \\ G'' &= (K \cdot S'') / \text{Strain} \\ G^* &= [(G')^2 + (G'')^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Variación del punto de cruce G' & G''



ASTM D7050. Segregation NR

100 C

Frequency Hz

Timed01
4 min

Freq02
3 min

Freq03
2.9 min

Stress %

2.7 %

7 %

Time

9.9 min

Timed01

Freq02

Freq03

$S'@MinS'$
 $S'@MaxS'$
 $S''@MinS''$
 $S''@MaxS''$

$G'@0.1$ Hz
 $G'@2$ Hz
 $G'@20$ Hz

$G'@0.1$ Hz
 $G'@1$ Hz

$G'@1$ Hz

“Soft” NR

“Hard” NR

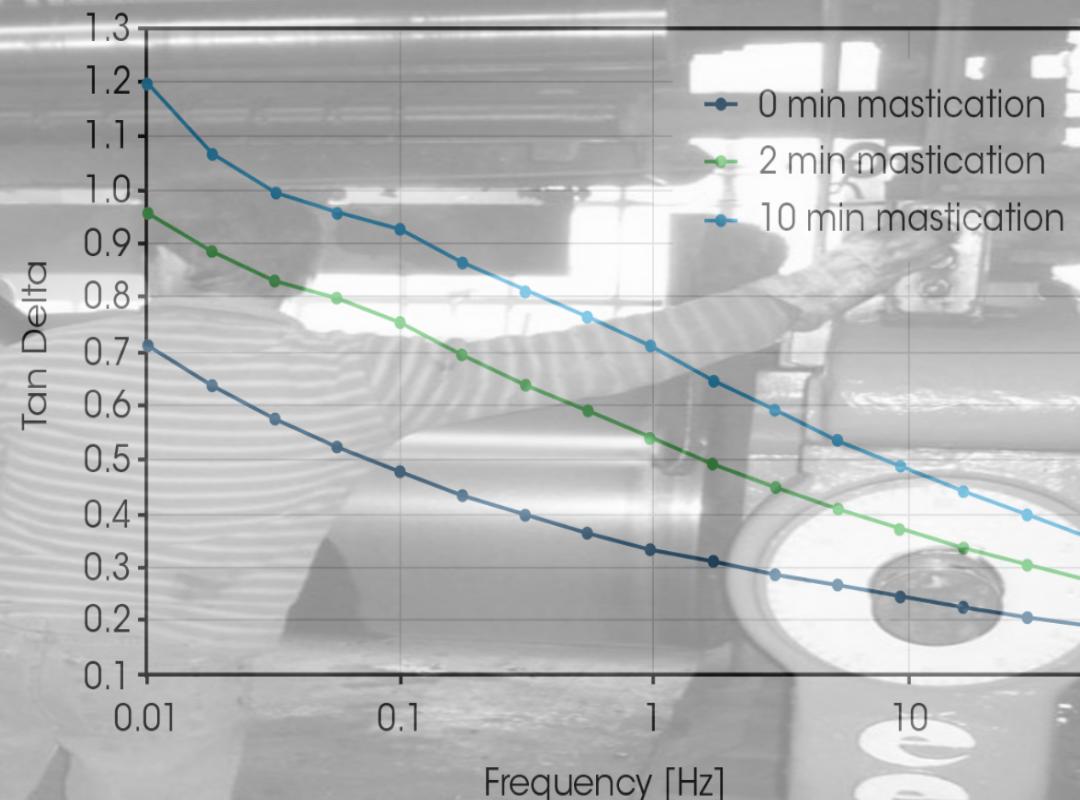
Práctica estándar para el caucho natural:
Muestreo y clasificación de pacas según las propiedades de procesamiento previstas

Caracterización viscoelástica de muestras de caucho natural con diferentes tiempos de masticación



La masticación del caucho natural (NR) es un proceso destructivo que puede alterar significativamente la arquitectura estructural del polímero. Las pruebas de barrido de frecuencia realizadas en el RPA identificaron diferencias significativas en la arquitectura del polímero que no se detectaron con las pruebas de viscosidad Mooney convencionales. Al aumentar la duración de la masticación, se observó una disminución del peso molecular promedio, evidenciada por una reducción en la frecuencia de cruce, una disminución en la viscosidad compleja y un aumento en la tangente de pérdida ($\tan\delta$). Este concepto se puede aplicar fácilmente al estudio del efecto de diferentes tratamientos termomecánicos, como la temperatura, la velocidad de cizallamiento y los agentes peptizantes, sobre las propiedades reológicas del material antes, durante y después del procesamiento.

Nota: Resultados adicionales de este estudio, incluyendo el efecto Payne y comparaciones de ramificación de cadena larga, se encuentran disponibles en la publicación Rubber World. Este artículo se puede consultar en <http://www.rubberworld.com/>, edición de enero de 2019, páginas 34-39.



www.RepresentacionesGummy.com



JORNADAS CAUCHO
B O G O T Á 2 0 2 5

Gracias / Thank you

Fotos: Cortesía de:
Calendario Pirelli
PICA
Agetic
Fortaleza
Progromex