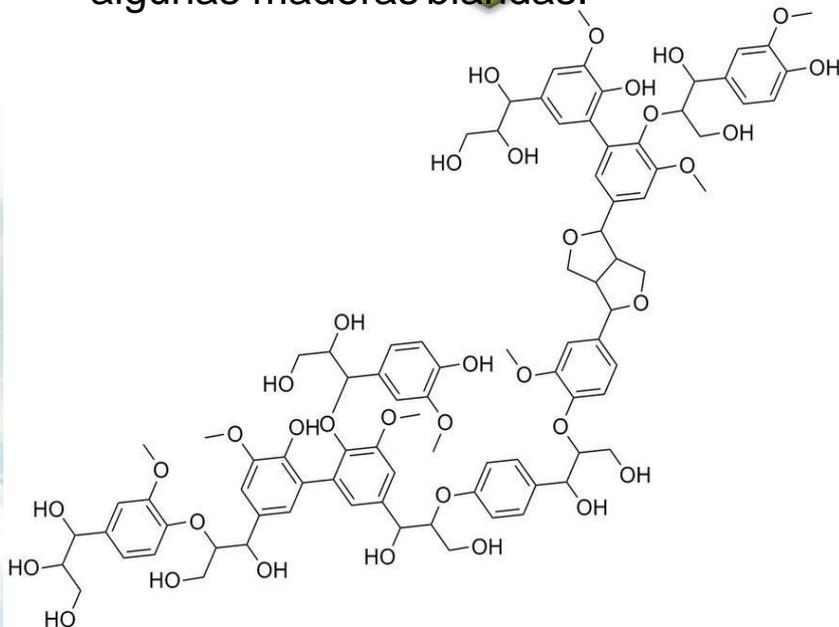


# VALORIZACIÓN DE LA LIGNINA

## La lignina

- **Uno de los componentes principales** de la madera
- **Función estructural** (aglomeración de las fibras de celulosa dotando de rigidez al árbol).
- Puede representar **entre un 15%** del **peso seco de madera** en algunas frondosas y **hasta un 40%** en algunas maderas blandas.



- **Uno de los componentes principales** de la madera
- **Función estructural** (aglomeración de las fibras de celulosa dotando de rigidez al árbol).
- Puede representar **entre un 15%** del **peso seco de madera** en algunas frondosas y **hasta un 40%** en algunas maderas blandas.



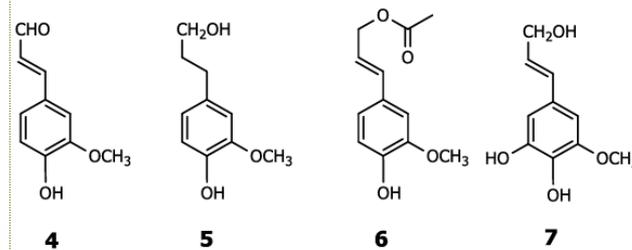
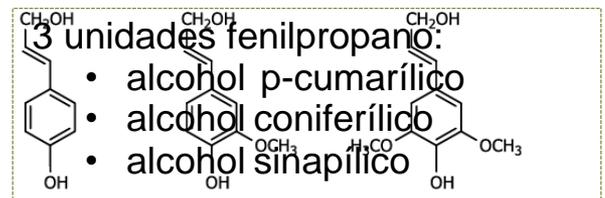
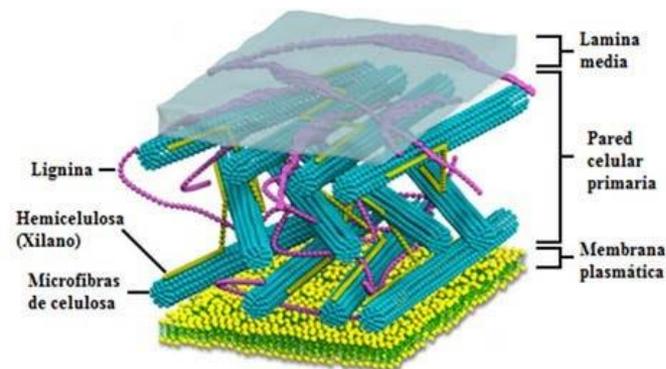
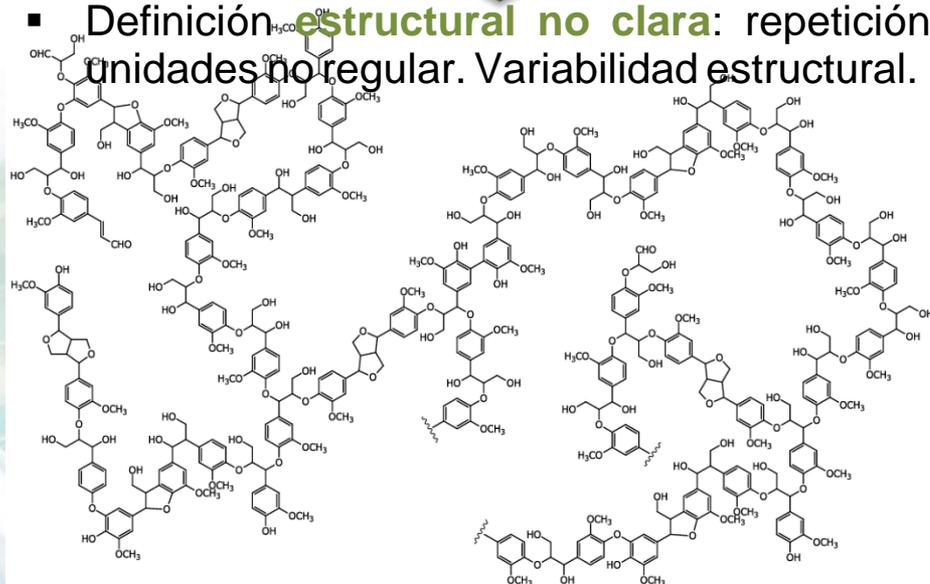
Nombre común	Nombre científico	%
Abeto Noruego	<i>Picea abies</i>	28-39
Abeto Oriental	<i>Tsuga canadensis</i>	31
Pasto varilla	<i>Panicum virgatum</i>	33
Abeto de Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	29
Pino de Escocia	<i>Pinus sylvestris</i>	28
Pino de Monterey	<i>Pinus radiata</i>	27
Almendro	<i>Prunus amygdalus</i>	26
Eucalipto rosa	<i>Eucalyptus grandis</i>	25
Eucalipto de goma azul	<i>Eucalyptus globulus</i>	22
Acacia negra	<i>Acacia mollissima</i>	21
Abedul	<i>Betula verrucosa</i>	20
Álamo europeo	<i>Populus tremula</i>	19
Olivo	<i>Olea europaea</i>	19
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	16
Bagazo de caña	<i>Saccharum species</i>	14
Paja de arroz	<i>Oryza species</i>	6,1



## Estructura química

- Material **polifenólico**, amorfo, generado por la copolimerización de unidades fenilpropano monoméricas (monodivinos)

- Definición **estructural no clara**: repetición de unidades no regular. Variabilidad estructural.



## Ventajas de lignina

La lignina presenta toda una serie de ventajas asociadas:

- ✓ De **origen renovable**: procedente de biomasa
- ✓ **Gran potencial como materia prima**: representa entre 1/4 y 1/3 de todo el carbónico orgánico renovable en la tierra
- ✓ Único **polímero natural** renovable abundante de naturaleza aromática
- ✓ Estructura con alto número de grupos hidroxilo: **reactividad**
- ✓ **Medioambientalmente** sostenible
- ✓ Pilar de una economía sostenible: **biorefinería**



Alto potencial de aplicación en diversos sectores de interés en el entramado económico-industrial nacional e internacional

## Tipos de lignina

- Pretratamiento lignina: paso inicial importante de la operación de la biorefinería.
- Tipología de **proceso de extracción** condiciona la tipología de lignina obtenida y sus características



- Ligninas comerciales **con azufre**: lignosulfonatos y lignina Kraft
- Ligninas **sin azufre** en su composición, no comerciales: proceso sosa, organosolv, de proceso de explosión de vapor, hidrólisis de biomasa



- ✓ Lignosulfonatos
- ✓ Lignina Kraft
- ✓ Lignina Klason

50 Mt/a 2010 → 100 Mt/a

730 millones €

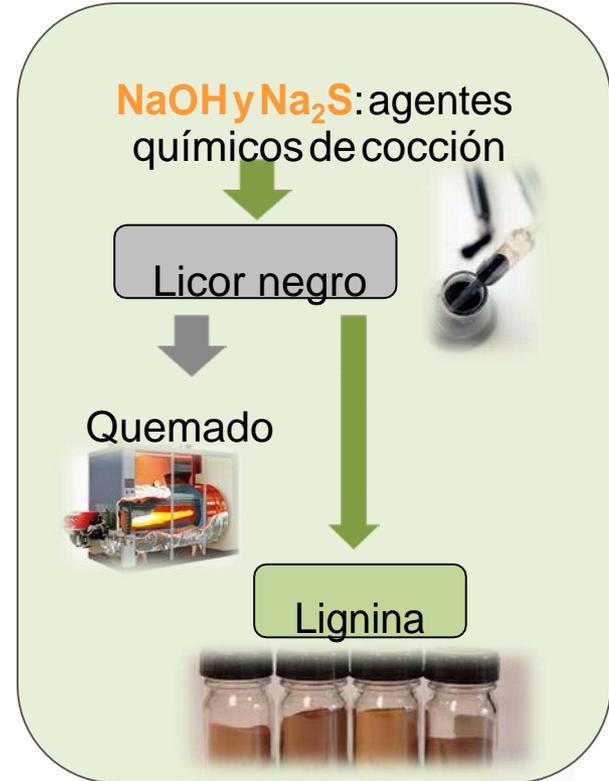
Sólo 2% productos alto valor añadido

**Alto potencial**



## Procesos de obtención

- **Lignina Kraft** – proceso al sulfato



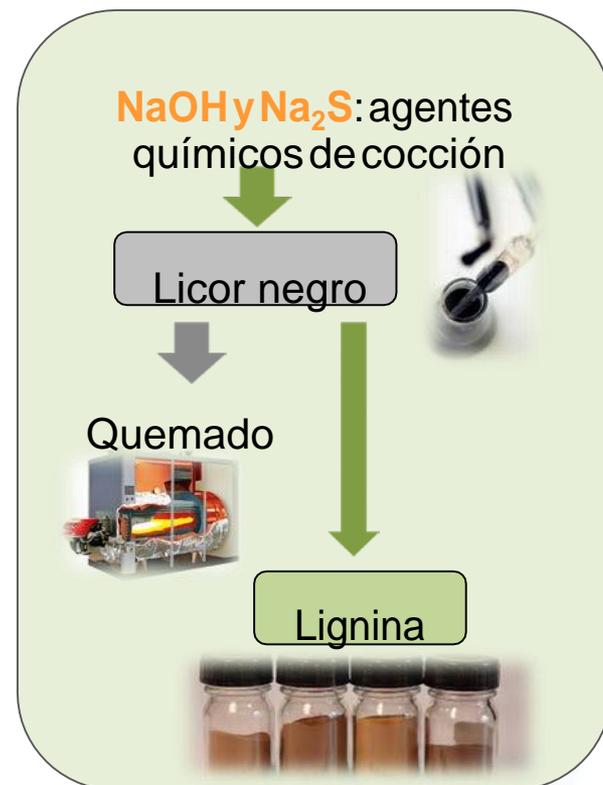
- ✓ Proceso más empleado debido a su versatilidad: **85%** de la **producción mundial**
- 5 productores a nivel mundial pero baja comercialización

↓

**Productos alto valor añadido**

## Procesos de obtención

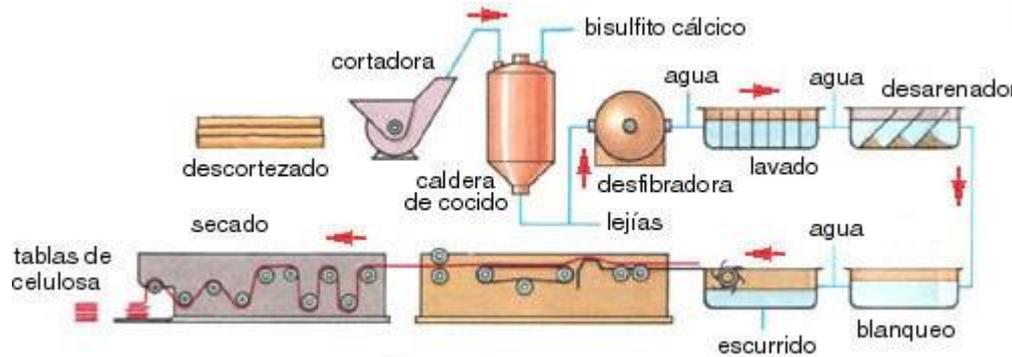
- **Lignina Kraft** – proceso al sulfato



- ✓ Proceso más empleado debido a su versatilidad: **85%** de la **producción mundial**
- 5 productores a nivel mundial pero baja comercialización

## Procesos de obtención

- **Lignosulfonato**– proceso al sulfito



- ✓ Ligninas más importantes desde el punto de vista de cantidad comercializada

**CO<sub>2</sub> + ácido sulfuroso + ión bisulfito:** agentes degradación



**Lignosulfonatos**



Lignina soluble

	País	Capacidad anual (t/a)		País	Capacidad anual (t/a)
Borregaard Ligno tech	Noruega	160.000	Westvaco	Estados Unidos	35.000
Ligno Tech Sweden	Suecia	60.000	Flambeau paper	Estados Unidos	60.000
Borregaard German	Alemania	50.000	Tembec	Canadá	20.000
Ligno Tech España	España	30.000	Avebene	Francia	40.000
Ligno Tech Finlandia	Finlandia	20.000	Tolmezzo	Italia	30.000
Ligno Tech USA	Estados Unidos	60.000	Sanyo Kokusaka	Japón	50.000
Georgia Pasicific	Estados Unidos	200.000	Otros		150.000

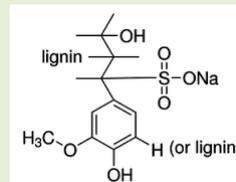
Procesos de obtención



**CO<sub>2</sub> + ácido sulfuroso + ión bisulfito:** agentes de degradación



**Lignosulfonatos**

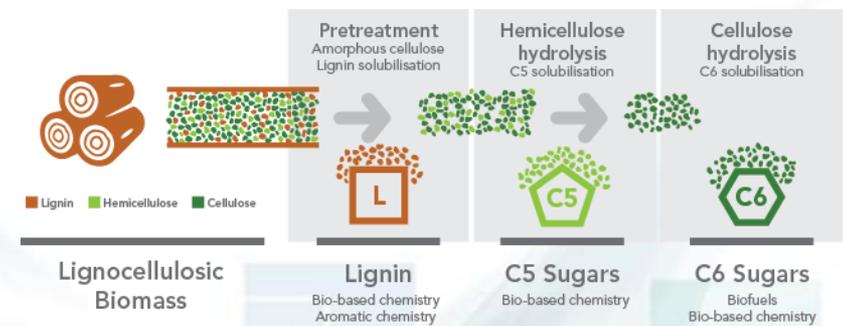


Lignina soluble

	País	Capacidad anual (t/a)		País	Capacidad anual (t/a)
Borregaard Ligno tech	<i>Noruega</i>	160.000	Westvaco	<i>Estados Unidos</i>	35.000
Ligno Tech Sweden	<i>Suecia</i>	60.000	Flambeau paper	<i>Estados Unidos</i>	60.000
Borregaard German	<i>Alemania</i>	50.000	Tembec	<i>Canadá</i>	20.000
Ligno Tech España	<i>España</i>	30.000	Avebene	<i>Francia</i>	40.000
Ligno Tech Finlandia	<i>Finlandia</i>	20.000	Tolmezzo	<i>Italia</i>	30.000
Ligno Tech USA	<i>Estados Unidos</i>	60.000	Sanyo Kokusaka	<i>Japón</i>	50.000
Georgia Pasicific	<i>Estados Unidos</i>	200.000	Otros		150.000

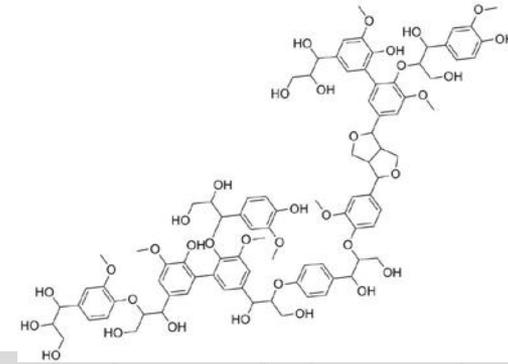
## Procesos de obtención

- Lignina **soda** – emplea NaOH como reactivo químico
- Lignina **organosolv** – deslignificación de biomasa con mezcla de agua y solventes orgánicos
- Lignina **Klason** – hidrólisis con ácido sulfúrico de los polisacáridos de la biomasa
- Lignina de **proceso de ácido diluido** – empleo de ácidos bajo alta temperatura



## Aplicaciones

☹ Solamente un **1-2%** de la **lignina generada** en procesos de fabricación de pasta se destina a otras **aplicaciones** de mayor **valor añadido**, principalmente del **tipo lignosulfonatos**.



Actualmente se somete a **procesos de combustión** para la **generación de energía**. Inconvenientes:

- ✘ **Limitación** de la **capacidad térmica** de las **calderas de recuperación**, que influye directamente en la producción de celulosa.
- ✘ **Altas inversiones** que supone una caldera de recuperación en una industria intensiva en capital (aprox. un 19% del total).
- ✘ **Desaprovechamiento** de un **producto renovable y eco-sostenible de alto valor añadido** industrial.

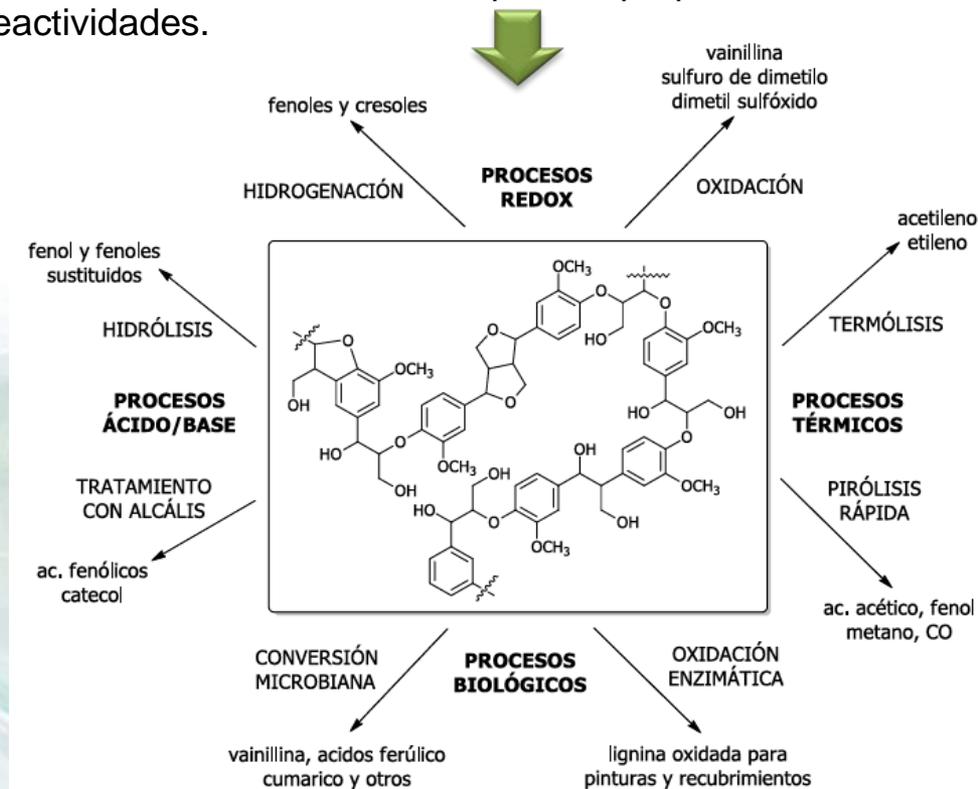


Búsqueda de alternativas en aplicaciones de valor añadido



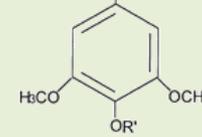
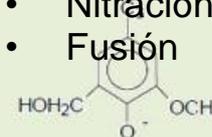
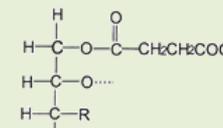
## Aplicaciones

- Sin modificar
- **Derivatización de la lignina** para la incorporación de funcionalidades adicionales que le proporcionen nuevas reactividades.



### Reacciones derivatización:

- Hidroximetilación
- Sulfometilación
- Oxipropilación
- Esterificación
- Epoxidación
- Fenolación
- Aminación
- Oxidación
- Nitración
- Fusión



## Aplicaciones

Varias son las tecnologías empleadas para la **fragmentación** de la molécula de lignina y la obtención de moléculas de alto interés.

### Despolimerización

Varios mecanismos:

- Pirólisis de ligninas
- Hidropirólisis catalítica
- Tratamientos con agua sub y supercrítica
- Tratamiento con solvente supercríticos

### Fragmentación



### Gasificación

Varios mecanismos:

- Gasificación convencional
- Formación de gaspirolítico
- Gasificación con agua supercrítica

Compuestos  
aromáticos

Fueles  
líquidos

Bio-crudos

- Producto de partida (tipología de lignina)
- Metodología abordada

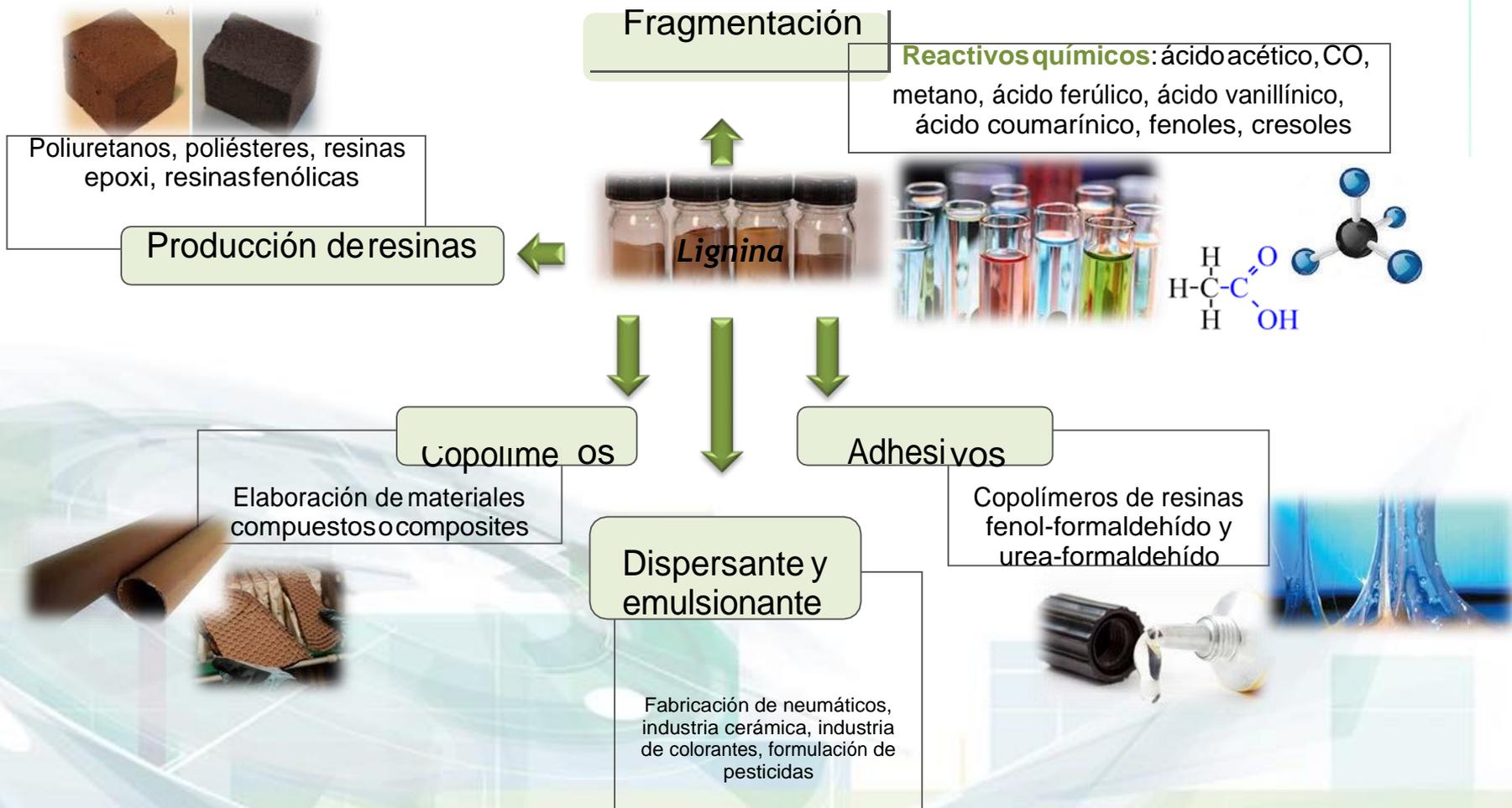
Condiciona el producto obtenido

Lignin	T (°C)	Bio-oil (%)	Gas (%)	Char (%)
Kraft	550	23	39	41
Kraft	700	44	18	38
Kraft	800	19	36	45
Lignosulfonate	550	40	15	45
Soda	530	31	6	49
Soda	650	70	15	15
Organosolv	500	16	3	81
Organosolv	550	16	21	63
Organosolv	550	34	14	33
Organosolv	560	52	28	19
Acid hydrolysis	500	58	10	27
Acid hydrolysis	650	63	20	17
Steam explosion	550	33	17	50
Pyrolytic lignin	600	32	10	58
Milled wood lignin	600	36	16	40
Enzymatic hydrolysis	500	24	7	69



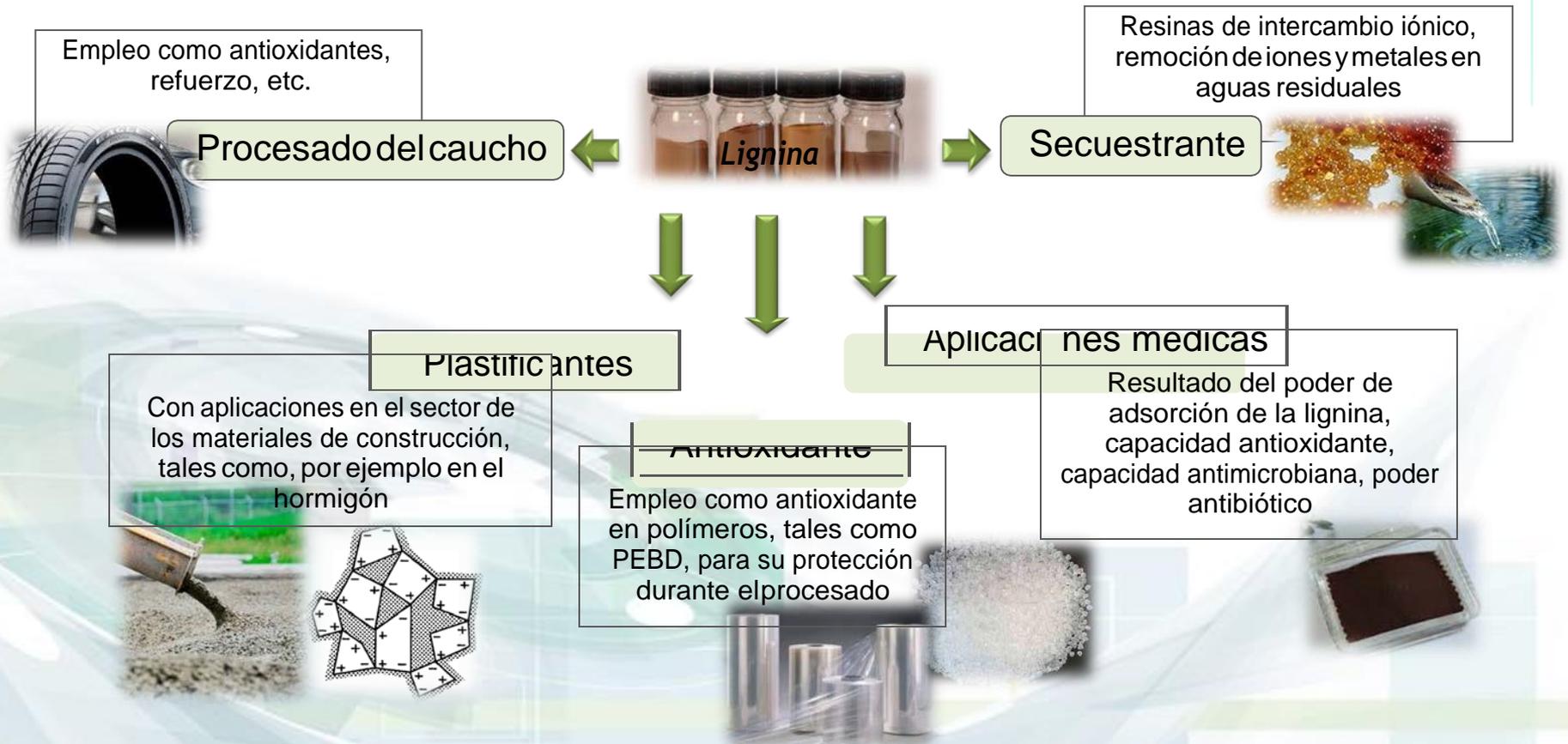
## Aplicaciones

La lignina obtenida, ya sea modificada o no, puede ser empleada en el desarrollo de diversas aplicaciones de interés y de alto valor añadido.



## Aplicaciones

Muchas de estas aplicaciones se encuentran en **fase del +D**, lo cual indica la importancia que está recibiendo la obtención y revalorización de la lignina



## Aplicaciones



- Presenta múltiples posibilidades de aplicación en campos muy diversos.
- **Gran potencial como materia prima** (representa entre 1/4 y 1/3 de todo el carbono orgánico renovable en la tierra)
- **Posibilidad de adaptar su reactividad** permitirá su aprovechamiento en campos diversos y de alto valor añadido.

