

**DOCUMENTO DE ASESORIA TECNICA – CIENTIFICA DE LAS TRES LINEAS DE  
INVESTIGACION EN DESARROLLO**

Convenio interadministrativo 1295 de 2019 suscrito entre la Secretaría Distrital de Ambiente, el Fondo de Desarrollo Local de San Cristóbal y el IDIPRON.



Julio de 2020

## Índice general

A manera de introducción.....	5
Capítulo I. Caracterización de las especies Retamo espinoso ( <i>Ulex europaeus</i> ) y retamo liso ( <i>Genista Monspessulanus</i> ).....	7
Capítulo II. Línea de investigación en Ingeniería de materiales .....	10
1. Introducción.....	10
2. Hipótesis .....	10
3. Objetivos .....	10
4. Marco teórico de referencia .....	11
4.1 Tableros de madera aglomerada .....	11
4.2 La madera y sus propiedades físicas y mecánicas .....	12
5. Materiales y Métodos .....	14
6. Resultados .....	16
7. Conclusiones y recomendaciones .....	19
8. Referencias bibliográficas .....	19
Capítulo III. Línea de investigación en Diseño industrial .....	20
1. Introducción.....	20
2. Hipótesis .....	20
3. Objetivos .....	20
4. Marco teórico de referencia .....	21
4.1 Biomasa.....	21
4.2 Las Fibras Vegetales .....	22
4.3 Resinas .....	22
5. Materiales y Métodos .....	23
5.1 Justificación de la propuesta de diseño .....	24
6. Resultados .....	24
6.1 Desarrollo del Molde.....	24
6.2 Mezcla del Material: .....	25
6.3 Desmolde de Material .....	26
6.4 Lijado del Material.....	27
7. Conclusiones y recomendaciones .....	28
8. Bibliografía.....	28
Capítulo IV. Línea de investigación Fitoquímica .....	29
1. Introducción.....	29
2. Hipótesis .....	30
3. Objetivos .....	30
4. Marco teórico de referencia .....	30
4.1 Retamo espinoso ( <i>Ulex europaeus</i> ) .....	34
4.2 Genista monspessulana ( <i>Genista monspessulana</i> ).....	36
4.3 Saponinas.....	38
5. Materiales y Métodos .....	40
5.1 Recolección de la muestra del material vegetal .....	41
5.2 Análisis físico y microbiológico del material vegetal.....	42
5.3 Análisis fitoquímico por UHPLC .....	42
5.4 Preparación de extracto para prueba de tensioactivo y contenido de fósforo .....	42
5.5 Análisis fisicoquímico y microbiológico del extracto .....	42
5.6 Determinación y Cuantificación de fósforo .....	43

5.7 Prueba de detección de tensioactivo, tipo y cuantificación en el extracto	43
<b>6. Resultados y Discusión</b>	<b>43</b>
6.1 Resultados de análisis organoléptico y microbiológico del material vegetal.	43
6.2 Resultados de UHPLC.	43
6.3 Resultados fisicoquímico y microbiológico de extracto Hidroglicólico (EHG)	47
6.4 Prueba de Cuantificación de niveles de fósforos	48
6.5 Resultados de las pruebas para tensioactivo	48
<b>7. Conclusiones</b>	<b>48</b>
<b>8. Recomendaciones</b>	<b>49</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>50</b>
<b>Marco bibliográfico General</b>	<b>51</b>

### Indice de Figuras

Figura 1. Proceso de transformación del Retamo en Ceresa.	6
Figura 2. Relación tipo de material con su respectiva línea de investigación.	6
Figura 3. Diagrama metodológico línea de investigación Ingeniería de Materiales.	14
Figura 4. Representación grafica de los valores de densidad.	17
Figura 5. Diagrama metodológico línea de investigación Diseño Industrial.	23
Figura 6. Diagrama metodológico línea de investigación Fitoquímica.	42
Figura 7. Análisis cromatográfico.	45
Figura 8. Estructura de algunos compuestos.	45

### Indice de tablas

Tabla 1. Análisis DOFA	9
Tabla 2. Valoración densidad 10 astillas.	17
Tabla 3. Las Fabáceas y sus usos.	32
Tabla 4. Las Fabáceas, compuestos / actividad.	34
Tabla 5. Actividades de compuestos reportados en <i>Ulex europaeus</i> .	36
Tabla 6. Composición de las especies diferenciando flores, hojas y ramas.	38
Tabla 7. Compuestos identificados para Retamo espinoso y retamo liso.	39
Tabla 8. Resultados de UHPLC SPECTRUM –MS.	46
Tabla 9. Características físico químicas del extracto Hidroglicólico.	48
Tabla 10. Características microbiológicas del extracto Hidroglicólico.	49

### Indice de imágenes

Imagen 1. Retamo espinoso.	8
Imagen 2. Retamo liso.	8
Imagen 3. Flores Retamo espinoso	8
Imagen 4. Flores Retamo liso.	8
Imagen 5. Tablero de partículas.	11
Imagen 6. Tablero de fibras.	12
Imagen 7. Muestras del material chipeado de origen leñoso.	15

Imagen 8. Cargue de material en Ceresa.....	15
Imagen 9. Descargue de material en Primadera.....	15
Imagen 10. Ingreso de material chipeado leñoso a la prueba experimental en las instalaciones de Primadera.....	16
Imagen 11. Lote total de tableros aglomerados elaborados incluyendo Retamo.....	17
Imagen 12. Recorte pequeño de la prueba experimental realizada con Retamo.....	18
Imagen 13. Aceptación del material chipeado de origen leñoso para elaborar tableros aglomerados en la empresa Primadera SAS.....	18
Imagen 14. Moldes para elaborar porta celulares.....	25
Imagen 15. Mezcla de biomasa residual con resina poliéster .....	26
Imagen 16. Llenado de los moldes con la mezcla preparada .....	26
Imagen 17. Secado y curado del material.....	26
Imagen 18. Porta celular elaborado con material chipeado de origen verde.....	27
Imagen 19. Porta celular elaborado con material bioextrusado .....	27
Imagen 20. Comparacion del porta celular según el material de biomasa residual.....	28

## **Anexos**

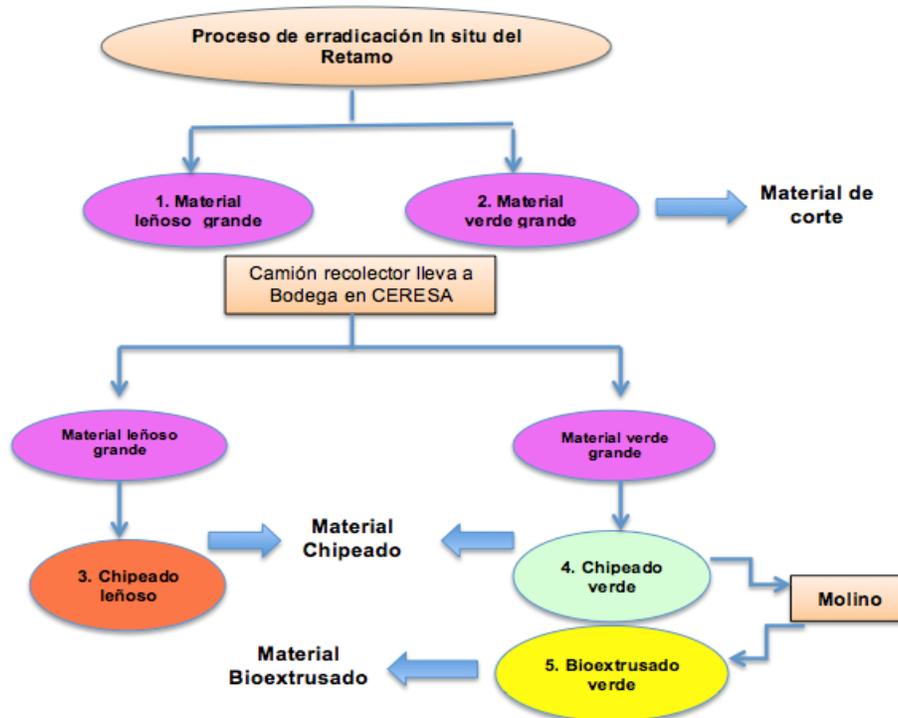
1. Bitácora General del proyecto
2. Bitácora para la línea de investigación en ingeniería de materiales
3. Informe Primadera SAS
4. Bitácora para la línea de investigación en diseño industrial
5. Bitácora para la línea de investigación Fitoquímica
6. Análisis Cromatografico. Universidad del Cauca
7. Ficha técnica del extracto hidroglicolico. Agnes de Colombia
8. Análisis microbiológico. Angel Bioindustrial
9. Determinación y cuantificación de Fosforo. MK Ingeniería
10. Detección de tensioactivos

## A manera de introducción

La falta de estacionalidad en nuestra latitud que provee una estabilidad climática en términos de temperatura, las condiciones geográficas de Colombia que configuran nuestra alta riqueza y diversidad ecosistémica, y el poco control institucional a nivel nacional, son los factores determinantes que han fomentado el aumento del fenómeno de las invasiones biológicas dentro de nuestro territorio nacional durante los últimos años (Baptiste M.P. et al, 2010). Lamentablemente, la degradación y la pérdida de biodiversidad sigue siendo una realidad nacional, los esfuerzos técnicos, normativos e investigativos no han sido suficientes para frenar esta catástrofe ambiental que sigue amenazando a los ecosistemas, ya que al introducir especies foráneas se generan nuevas comunidades ecosistémicas que modifican la distribución y la abundancia de las especies endémicas (Barrera-Cataño, J.I. et al, 2019).

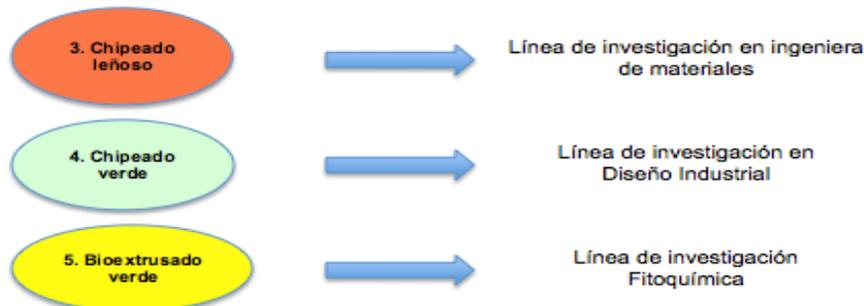
De manera particular, desde hace más de 50 años el Retamo espinoso y el retamo liso han logrado adaptarse como una especie exótica presente en los bosques andinos colombianos e incluso en los páramos, generando una presión fuerte al ser una especie con alto carácter pirófilo que rebrota con facilidad e incrementa los efectos negativos sobre la biodiversidad a tal punto de ser considerada actualmente como una especie invasora (Cárdenas T.J. et al, 2015). En el área rural y suburbana del distrito capital se pueden encontrar extensos matorrales del Retamo espinoso que crece desafortunadamente sobre suelos degradados y mal drenados; estos parches vegetativos logran desplazar las poblaciones de especies nativas debido a su masa espinosa que impide el crecimiento de cualquier otra especie de flora. Además, posee alto potencial de rebrote gracias a su activo banco de semillas y a sus extensas raíces, factores que han dificultado su erradicación (Salamanca, B.,2000).

Según el panorama anteriormente descrito, los diferentes entes ambientales con injerencia en la zona de principal afectación, vienen aunando esfuerzos para controlar la expansión del retamo; a nivel normativo la Resolución No. 0684 de abril de 2018 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible establece los lineamientos para la prevención y el manejo integral de las especies Retamo espinoso y Retamo liso dentro de procesos de restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas afectadas por estas especies en el territorio nacional. En este marco legal se consolida el protocolo de erradicación, cuyas actividades inician con la remoción física de la planta completa, los individuos son cortados y las ramas picadas sobre una polisombra con el fin de evitar la posible dispersión de propágulos en el suelo, posteriormente se seleccionan los tallos, las raíces y los tocones (parte leñosa de la planta) por separado de las ramas con flores (parte verde de la planta), ya que debido a su contenido de semillas, ésta parte de la planta debe ser empacada en lonas para evitar su dispersión por factores climáticos como el viento. Finalmente, ambas biomásas residuales son transportadas al Centro de restauración ambiental CERESA en furgones que cumplen las respectivas condiciones de bioseguridad, donde se continúa con el proceso de transformación, chipeando de manera separada estos materiales (leñoso y verde) y bioextrusando el material chipeado de origen verde que garantiza la destrucción total de cualquier semilla que pueda quedar latente (Ballesteros, M.A., 2020). A continuación, el diagrama del proceso:



**Figura 1.** Proceso de transformación del Retamo en CERESA. Elaboración propia.

En el marco del convenio interadministrativo 1295 de 2019 suscrito entre la secretaria distrital de ambiente, el fondo de desarrollo local de San Cristóbal y el IDIPRON, se desarrolla el presente documento de asesoría técnica - científica que busca proponer tres alternativas de uso de la biomasa residual resultante del proceso de transformación del Retamo, cada alternativa debe utilizar un material determinado. A continuación, se presenta cada tipo de material asociado a su respectiva línea de investigación propuesta:



**Figura 2.** Relación tipo de material con su respectiva línea de investigación. Elaboración propia

El presente documento de asesoría técnica – científica se organiza en 4 capítulos, el primer capítulo se refiere a la caracterización ecológica de las especies Retamo espinoso y retamo liso y su distribución actual dentro de la jurisdicción CAR, capítulo que provee el contexto general de las especies vegetales en cuestión. Los capítulos 2, 3 y 4 presentan de manera independiente cada una de las líneas de investigación desarrolladas dentro del proyecto, describiendo sus respectivos objetivos, marco teórico, metodología, resultados, conclusiones y bibliografía. Es así como se describe el proceso investigativo y metodológico para cada de las tres alternativas de re utilización de la biomasa residual producto del proceso de transformación del Retamo y su articulación al programa macro de restauración ecológica adelantado por los entes pertenecientes al convenio interadministrativo 1295 de 2019.

## Capítulo I. Caracterización de las especies Retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista Monspessulanus*)

El Retamo espinoso y el Retamo liso son especies arbustivas de origen europeo que llegaron a Colombia hace más de 50 años con la intención de ser implementadas para el control de la erosión y el establecimiento de cercas vivas, con el paso de los años han logrado establecerse en las zonas degradadas de los bosques andinos, altoandinos y páramos (Resolución No. 0684 de abril de 2018, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible).

El Retamo espinoso (*Ulex europaeus*) es un arbusto leguminoso de la familia Fabacea, leñoso, perenne y siempre verde, que crece hasta 4 metros formando parches densos que suelen presentar abundante necromasa en la parte baja que propicia su carácter pirófilo; su tallo principal es muy ramificado y alcanza hasta los 12 cm de diámetro que producen abundantes brotes vegetativos. Su nombre común obedece al aspecto de sus hojas modificadas en espinas de hasta 4 cm de longitud (CAR, 2016). Las flores del retamo espinoso son amarillas y se presentan individuales o en racimo hacia la parte distal de las ramas; sus semillas pueden ser dispersadas en grandes distancias por fauna, vehículos, humanos, factores climáticos como agua, viento, etc... Según la CAR (2016): “*Cuando la planta proviene de semilla alcanza a florecer entre los 12 y 14 meses, por el contrario, cuando proviene de un rebrote de la raíz, alcanza a florecer a los 6 meses*”.

El Retamo liso (*Genista Monspessulanus*), es una especie arbustiva, perenne de la familia Fabacea que crece hasta los 3 metros, se presenta conformando matorrales monoespecíficos densos o matorrales mixtos con retamo espinoso; cuando la planta esta joven su tallo es de color verde con presencia de tricomas (pelos) cortos, pero a medida que crece, se vuelve grisáceo o café claro y pierde los pelos. Sus hojas son trifoliadas con forma ovoide y con distribución alterna sobre el tallo; las flores del retamo liso son amarillas y se presentan en racimo de 3 a 9 flores en forma amariposada, su producción de semillas es alto, presentando hasta 100.000 semillas por individuo durante su fase reproductiva y pueden ser altamente dispersadas (CAR, 2016). En comparación con el retamo espinoso, el retamo liso también se puede encontrar en menores altitudes, según lo menciona Barrera-Cataño, J.I et al (2019) en su documento Plan de prevención, manejo y control de las especies retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en la jurisdicción de la CAR: “...es posible observarla en zonas con relieve variable, donde la precipitación oscila entre 500 y 700 mm, en alturas sobre nivel del mar que varían entre 0 y 1.000 metros, en suelos preferiblemente ácidos”.

El Retamo liso (*Ulex Europaeus*) y el Retamo espinoso (*Genisa Monspessulana*), han sido categorizadas como invasoras, según Resolución 0848 del 2008 del MAVDT, por su alto riesgo invasivo que se evidencia en el crecimiento exponencial de su distribución dentro de la jurisdicción CAR, específicamente entre los 2000 m.s.n.m. y los 37000 m.s.n.m. donde se ubican nuestros ecosistemas de páramo, bosque andino y altoandino, según los reportes recientes; cabe resaltar que el Retamo Liso se presenta con menor abundancia en comparación con el Retamo espinoso (CAR, 2016). Ante esta situación se han planteado medidas de prevención, contención y manejo recomendables para contrarrestar la afectación masiva de dichas plantas sobre los ecosistemas estratégicos del territorio regional, como la prohibición de la plantación, distribución y comercialización según la Resolución 469 del 2009 (CAR 2009), además se han identificado los lineamientos y las directrices técnicas y de gestión para que los diferentes actores institucionales tomadores de decisiones aúnen esfuerzos por prevenir y mitigar dicha amenaza ecológica, consignadas como tal en el documento “*El Plan de prevención, manejo y control de las especies Retamos liso y Retamo espinoso en la jurisdicción CAR*” (Barrera-Cataño, J.I et

al. 2019). Según la investigación realizada para la consolidación del documento mencionado anteriormente, se recopilaron 11663 puntos con coordenadas verificadas en campo con presencia del retamo, 11303 con retamo espinoso y 360 con retamo liso, a cada punto se le asignó 900 metros cuadrados como área de influencia para poder estimar el área aproximada con presencia actual de las especies dentro de la jurisdicción CAR: *“Como distribución actual en la jurisdicción CAR, se estimaron 32,4 hectáreas de retamo liso y 1017,3 hectáreas de retamo espinoso”*.



**Imagen 1.** Retamo espinoso  
Tomado de Barrera-Cataño, J.I et al. 2019



**Imagen 2.** Retamo liso  
Tomado de Barrera-Cataño, J.I et al. 2019



**Imagen 3.** Flores Retamo espinoso  
Tomado de Barrera-Cataño, J.I et al. 2019



**Imagen 4.** Flores Retamo liso  
Tomado de Barrera-Cataño, J.I et al. 2019

Para tener presente el panorama completo sobre las características del material residual del Retamo se procede a desarrollar un análisis DOFA con el fin de identificar sus respectivas debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas como una herramienta conceptual para el desarrollo de nuevos sub productos a partir de su biomasa residual.

**Tabla 1.** Análisis DOFA.

<b>DOFA sobre Retamo</b>			
<b>Objetivo</b>	Analizar las características del Retamo como herramienta de diseño para nuevos productos de uso cotidiano		
<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Amenazas</b>
Poco uso agrícola	Utilizado para cercas vivas	Planta perenne	Capacidad incendiaria
Inhibe la germinación de especies nativas	Generación de subproductos	Tallo leñoso	Ramas espinosas
Agotamiento de los recursos hídricos	Aprovechamiento de su biomasa	Material fibroso	Especie invasora debido a su alta capacidad de rebrote

**Fuente:** Elaboración propia

### Elaboración de tableros de madera aglomerada a partir del material chipeado de origen leñoso resultante del proceso de transformación del Retamo espinoso (*Ulex Europaeus*) y Retamo liso (*Genista Monspessulanus*)

#### 1. Introducción

La introducción de especies en nuevos ecosistemas se ha dado a lo largo de la historia de la humanidad, es un hecho real que se remonta a antiguas colonizaciones, e incluso, a la vida nómada de nuestros antepasados y que obedece a las necesidades de los grupos sociales. El panorama se complejiza cuando determinada especie introducida se convierte en una especie invasora porque empieza a afectar las condiciones ecosistémicas del nuevo lugar colonizado, disminuyendo, e incluso, extinguiendo la biodiversidad nativa, situación que se consolida como la segunda causa de pérdida de biodiversidad a nivel global. Según Gutiérrez (2006), el mejor mecanismo para controlar la propagación de especies invasoras es la prevención, pero cuando ésta fracasa, se debe planificar un programa de control, ya sea físico, químico, biológico, ó ambiental, mediante estrategias de manejo integral. En el caso particular del Retamo, su proceso de erradicación y transformación se fundamenta en la combinación del control físico gracias a la extracción manual de individuos, y el control de manejo ambiental, ya que dicha acción hace parte de un proyecto de restauración ecológica a mayor escala.

Actualmente la matriz paisajística de la zona rural y suburbana del Distrito Capital continúa presentando un alto protagonismo del Retamo, si bien los esfuerzos interinstitucionales por controlar esta proliferación vegetal han sido importantes para desmontar en gran porcentaje estas especies invasoras, las características ecológicas propias de las especies las consolidan como un gran desafío actual y futuro (Salamanca, B., 2000).

La Resolución No. 0684 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible que dictamina el manejo integral de las especies Retamo espinoso y Retamo liso, incluyendo la restauración ecológica de las áreas afectadas por estas especies invasoras, se constituye en el marco de acción para la transformación final de la biomasa residual en nuevos usos de aprovechamiento funcional y comercial. Según este contexto, la presente investigación se propone evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material chipeado de origen leñoso del Retamo, resultante del proceso de transformación del retamo, para la elaboración de tableros de madera aglomerada, con la intención de consolidar esta alternativa como una opción comercial viable que cierre el ciclo completo de restauración ecológica.

#### 2. Hipótesis

Las propiedades físicas y mecánicas del material chipeado leñoso del Retamo son probablemente adecuadas para la elaboración de tableros de madera aglomerada.

#### 3. Objetivos

##### General:

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material chipeado de origen leñoso del Retamo para la elaboración de tableros de madera aglomerada.

### **Específicos:**

- Valorar las características físicas y mecánicas del material Chipeado de origen leñoso por parte de la empresa Primadera SAS.
- Desarrollar la prueba experimental, elaborando el tablero de madera aglomerada con el material chipeado de origen leñoso del Retamo

### **4. Marco teórico de referencia**

Los conceptos teóricos que dan contexto a la presente investigación se definen según las variables analizadas para comprobar nuestra hipótesis. Las propiedades físicas y mecánicas de la madera se constituyen como la variable independiente, mientras que la variable dependiente es el tablero de madera aglomerada.

#### **4.1 Tableros de madera aglomerada**

Los tableros aglomerados son estructuras elaboradas con fibras homogenizadas o con partículas que se pueden unir con el uso de diferentes tipos de adhesivos, ya sean de origen sintético o de origen natural. Desde hace años han sido utilizados como reemplazo de los productos de madera sólida, ya que resultan más cómodos en términos económicos; además su óptima resistencia a la humedad y a los golpes, gracias a la capa que los recubre, permite su uso en múltiples funciones. (Domínguez, M. y Londoño, C.,2014). Además, la elaboración de tableros aglomerados se consolida como una alternativa ecológica al reutilizar los recursos lignocelulósicos que antes se consideraban residuos finales (Van Dam et al, 2003 en Mejía, M. 2012).

#### **➤ Clasificación**

Los tableros aglomerados pueden clasificarse según la procedencia de su material original, así:

- **Tableros de partículas:** Son aquellos elaborados con partículas de madera como viruta o aserrín que deben ir ligadas con adhesivos que se unen mediante la aplicación de altas temperaturas y presiones. Según Mejía, M. (2012): “Estas partículas son conglomerados de fibras que no han sido terminadas de separar entre sí, y que pueden tener tamaño y formas diversas”. Como aglutinantes se pueden utilizar resinas sintéticas o naturales, siendo las sintéticas las más utilizadas ya que brindan óptimas propiedades físico – mecánicas a los tableros (Domínguez, M. y Londoño, C.,2014).



**Imagen 5.** Tablero de partículas  
Tomado de Domínguez, M. y Londoño, C.,2014

- **Tableros de fibras:** Son aquellos elaborados mediante la compresión de fibras de

madera refinada previamente y se clasifican según su densidad: densidad media (MDF), densidad alta (HDF). Según Domínguez, M. y Londoño, C. (2014): “Estos paneles se fabrican mediante un proceso con fibra seca y sus espesores pueden variar desde 2,5 mm a 40 mm”. Estos tableros pueden ser aglomerados usando productos naturales, resinas sintéticas o mediante procesos termomecánicos a altas temperaturas (Halvarsson, Edlund, & Norgrena, 2008 en Domínguez, M. y Londoño, C.,2014)



**Imagen 6.** Tablero de fibras  
Tomado de Domínguez, M. y Londoño, C.,2014

#### **4.2 La madera y sus propiedades físicas y mecánicas**

La madera es un conjunto de células, que en los individuos vivos, deben cumplir 3 funciones principalmente: conducir la savia, almacenar sustancias de reserva y sostener el vegetal (Campos, 2015).

##### ➤ **Propiedades físicas de la madera**

Según Winandy (1994) citado por Campos (2015), las propiedades físicas son las características cuantitativas de la madera y su comportamiento a las influencias externas con fuerza aplicada, influyen directamente en el desempeño y la solidez de la madera usada en aplicaciones estructurales.

- **Propiedades direccionales:** Según la orientación de las fibras de la madera y el crecimiento en diámetro de un árbol, las propiedades varían a lo largo de tres ejes perpendiculares: longitudinal, radial y tangencial. Acuña y Casado (2005) citado por Campos (2015) afirman que: “...*el eje longitudinal es paralelo a la dirección de la fibra (el grano), el eje radial es perpendicular a la dirección de grano y normal a los anillos de crecimiento y el eje tangencial es perpendicular a la dirección de grano y tangente a los anillos de crecimiento*”.
- **Contenido de humedad de la madera:** La madera es un material higroscópico, es decir, que cuenta con la capacidad de absorber agua de la atmosfera. Kollman (1959) citado por Campo (2015) afirma que: “...*además, las plantas internamente utilizan el agua para transportar nutrientes necesarios para su desarrollo fisiológico; ambas condiciones le confieren a la madera su respectivo contenido de humedad*”. Según lo anterior, el contenido de humedad de la madera se define como el peso

del agua en la madera expresada como un porcentaje del peso de la madera secada al horno (Campos, 2015).

- **Punto de saturación de la fibra:** Es el porcentaje de agua en el cual se ha desalojado toda el agua libre y comienza a evaporarse el agua que satura las paredes celulares, a partir de este punto comienzan las contracciones de la madera y condiciona la resistencia mecánica de la madera (Campos, 2015).
- **Encogimiento de la madera:** Según Winandy (1994) citado por Campos (2015): *“La madera cambia de dimensión así como gane o pierda humedad. Se encoge cuando pierde humedad de las paredes celulares y se hincha al ganar humedad en las paredes celulares”.*
- **Peso y densidad:** El peso de los productos de la madera es condicionado por la densidad de su estructura básica y el contenido de humedad (Campos, 2015).

### ➤ **Propiedades mecánicas de la madera**

Spavento, Keil y Monteoliva (2008) citado por Campos (2015) afirman que: *“Las propiedades mecánicas de la madera son las características de un material en respuesta a las fuerzas aplicadas externamente, ...son aquellas que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas, excluyendo los esfuerzos debidos a las tensiones internas producto de los cambios de humedad”.*

- **Propiedades elásticas:** *“Se refieren a la resistencia de un material a la deformación bajo un esfuerzo aplicado y su capacidad de recobrar sus dimensiones cuando el esfuerzo es removido”* (Forest Products Laboratory, 1999 citado por Campos, 2015). Si bien la madera no es “elástica”, las deformaciones residuales se recuperan durante un periodo de tiempo.
  - Módulo de elasticidad: Es la medida de rigidez de un material, que le permite soportar la presión de determinada fuerza que busque cambiar su forma o volumen, y por ende, es responsable de la recuperación de su forma o volumen cuando dicha fuerza deja de hacer presión (Campos, 2015).
  - Modulo de corte: Relaciona el esfuerzo de corte con la deformación del corte.
- **Propiedades de esfuerzo:** Significan la última resistencia de la madera a las cargas aplicadas, la fuerza de la carga varía dependiendo de la especie, la duración de la carga, las condiciones de la carga y los factores medioambientales. Existen tensiones internas que son las fuerzas que resisten a las cargas externas (Campos, 2015).
  - Compresión: Según Díaz (2005) citado por Campos (2015), *“...se distinguen dos tipos de fuerzas de compresión según el sentido en el que actúe la aplicación de una fuerza, siendo estos, compresión paralela y compresión perpendicular a la fibra”.* La resistencia es mayor cuando la compresión se realiza en dirección paralela a la fibra, disminuyendo a medida que se aleja de dicha dirección (Campos, 2015).
  - Flexión estática: Se refiere a la flexibilidad que tienen las maderas de ser dobladas o curvadas sin romperse, si son elásticas recuperan su forma original cuando la fuerza es retirada (Campos, 2015). Según Acuña y Casado (2005) citado por Campo (2015), la madera verde, joven y húmeda es más flexibles que la madera seca o vieja.
  - Dureza: Según Spavento et al. (2008) citado por Campos (2015), *“La dureza determina la resistencia que ofrece la madera a la penetración de cuerpos de*

mayor solidez y consistencia. Es una característica que depende de la cohesión de las fibras y de su estructura”.

## 5. Materiales y Métodos

Uno de los materiales que se obtienen, a partir del proceso de transformación y erradicación del Retamo, es el chip de origen leñoso con el cual se desarrolla la presente línea de investigación en ingeniería de materiales para la elaboración de tableros de madera aglomerada. Con el apoyo y acompañamiento de las empresas Lignus SAS y Primadera SAS, se llevó a cabo la respectiva prueba experimental en las instalaciones de su planta en el municipio de Gachancipa. El desarrollo cronológico del proyecto de puede detallar en el anexo 1. Bitácora General del proyecto y de manera particular, el desarrollo de la presente línea de investigación puede ser consultada a mayor detalle en el anexo 2. Bitácora para la línea de investigación en ingeniería de materiales.

A continuación, se presenta el diagrama metodológico que posteriormente se describe a mayor detalle:

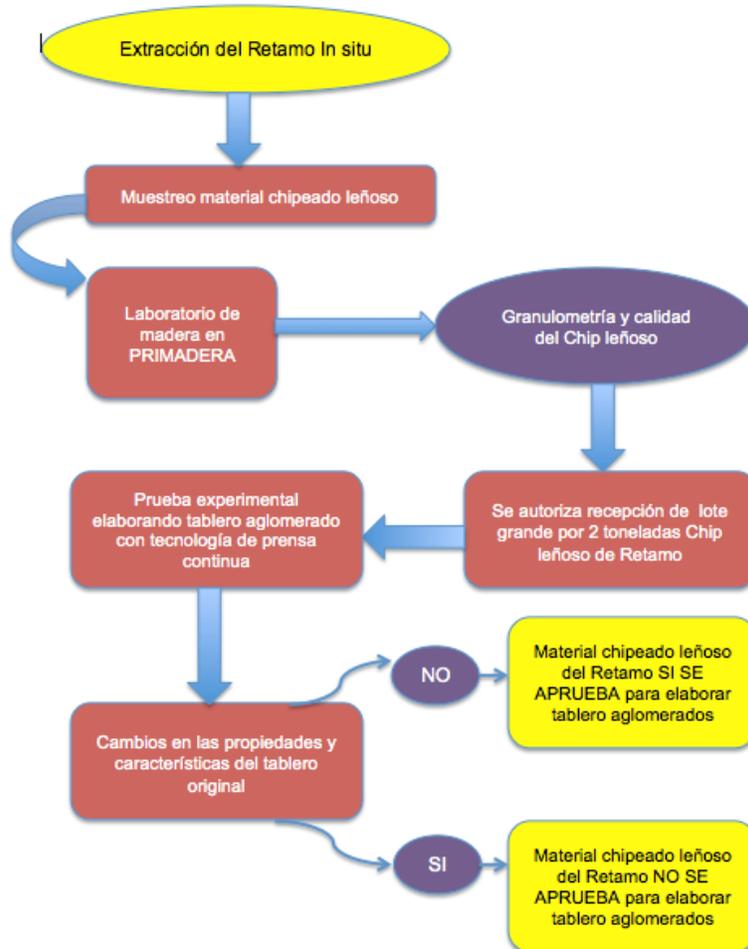


Figura 3. Diagrama metodológico línea de investigación Materiales. Elaboración propia

Se realizó el respectivo muestreo de los diferentes tipos de materiales resultantes en el proceso de transformación y erradicación del Retamo, se tomaron muestras de material

chipeado verde, material chipeado leñoso y material bioextrusado. Para los fines pertinentes de la presente línea de investigación se usa el material chipeado leñoso



**Imagen 7.** Muestras del material chipeado de origen leñoso

Posteriormente se procede a enviar una pequeña muestra del material chipeado leñoso a las instalaciones de Primadera SAS con el fin de realizar una evaluación perceptiva de la granulometría y calidad del chip, a partir de esta evaluación se autorizó la recepción de mayor cantidad de material chipeado de origen leñoso del Retamo para desarrollar la prueba experimental elaborando un lote de tablero aglomerado, entonces se carga una volqueta con 2 toneladas de material chipeado de origen leñoso para ser desplazada a la planta de Primadera SAS en Gachancipá.



**Imagen 8.** Cargue de material en CERESA



**Imagen 9.** Descargue de material en PRIMADERA

Cuando el material es descargado en la planta de Primadera SAS ingresa a la mezcla de especies vegetales que entran a la prueba experimental donde es triturado en molinos y pasado por tamices para finalmente ingresar a la prensa continua donde se emplea urea formaldehído como resina aglutinante.



**Imagen 10.** Ingreso de material chipeado leñoso a la prueba experimental en las instalaciones de Primadera.

Finalmente se evalúa si el tablero aglomerado original sufre cambios en sus propiedades y características, de ser así, el material chipeado leñoso del Retamo NO puede ser usado para la elaboración de tableros aglomerado.

## 6. Resultados

El análisis visual realizado por los expertos en maderas de la empresa Primadera SAS expresa que la muestra de material chipeado de origen leñoso del Retamo evidencia la presencia de corteza y fibras que pueden afectar el proceso de elaboración de los tableros aglomerados y observan también que los chips son de difícil fracturación. Sin embargo, se procede a las respectivas pruebas físicas del material que arrojaron los siguientes datos (Ver anexo 3. Informe Primadera):

- **Humedad:**

El porcentaje de humedad de la muestra de chipeado leñoso del Retamo es de 14,92%, se considera bajo, debido, posiblemente, a la antigüedad del chip al haber sido cortado con anterioridad y haber sido sometido a factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa del aire que pueden haber modificado la cantidad de agua. Esta baja humedad minimiza el riesgo de afectación por hongos y aumenta la resistencia mecánica del material.

- **Densidad**

Se valoró la densidad para 10 astillas de chip del material leñoso del Retamo, con el fin de obtener un valor promedio y así categorizar la madera, la tabla 2 y la figura 4 muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 2.** Valoración densidad 10

RETAMO ESPINOSO	
Astilla	Densidad km/m <sup>3</sup>
1	628.66
2	696.99
3	731.91
4	627.35
5	668.33
6	793.43
7	693.47
8	848.31
9	698.57
10	826.05
Promedio	721.31

Fuente: Anexo 3



**Figura 4.** Representación grafica de los valores de densidad.

Fuente: Anexo 3.

El material chipecado de origen leñoso del Retamo presenta un valor promedio de densidad de 721,31, categorizándolo como alta densidad de característica fibrosa que resulta poco recomendable para el proceso de elaboración de tableros aglomerados. Sin embargo se considera interesante por su potencial de dureza que permite mayor resistencia a soportar grandes pesos, pero es probable que genere un efecto negativo en el proceso de molienda para las astillas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se decide avanzar con la prueba experimental de nuestra línea de investigación en Ingeniería de materiales e incluir las 2 toneladas de material chipecado leñoso del Retamo en la elaboración y producción de un lote de tableros aglomerados en unión con otras especies vegetales, empleando Urea-Formaldehido como resina sintética aglutinante.



**Imagen 11.** Lote total de tableros aglomerados elaborados incluyendo Retamo



**Imagen 12.** Recorte pequeño de la prueba experimental realizada con Retamo

El resultado final de la prueba experimental con el material chipeado de origen leñoso del Retamo determinó que las características físicas y las propiedades mecánicas del lote de tableros aglomerados no se ven alteradas, ni modificadas; por ende, el material chipeado leñoso resultante del proceso de transformación del Retamo sí puede ser utilizado en la elaboración de los tableros de madera aglomerada de la empresa Primadera SAS, quienes manifiestan interés de continuar recibiendo dicho material en grandes cantidades para producción inmediata porque no recomiendan la acumulación prolongada de este tipo de chip debido a la fácil inflamabilidad del contenido de la corteza del Retamo que presenta alto riesgo de incendio.



**Juan Pablo Riveros Marentes**

para mí ▾

11 jun. 2020 13:15 ☆ ↶ ⋮

Jackie buen día

Mi jefe me ha dado autorización para la recepción del material con un límite inicial de 50 toneladas mensuales para evaluar las preocupaciones de combustión en almacenaje y las demás observaciones del informe.

Actualmente aceptaríamos la disposición del material leñoso chipeado desde que venga limpio y libre de contaminantes ajenos al chip, también podríamos evaluar la recepción de material rollizo macizo o leña.

Atento de tus comentarios, cordial saludo

**LIGNUS**®

Juan Pablo Riveros Marentes  
Ingeniero Forestal  
jriveros@lignus.com.co  
Carrera 19 N.92-65 | Bogotá | Colombia  
P: (+ 57 1) 6550400 ext. 10122  
M: (+ 57 1) 3172704597-3187126431  
www.lignus.com.co

**Imagen 13.** Aceptación del material chipeado de origen leñoso para elabora tableros aglomerados en la empresa Primadera SAS.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

El material chipeado de origen leñoso del Retamo se aprueba para la elaboración de tableros aglomerados, pues a pesar de que en la primera valoración se definió que esta madera no era recomendable para la producción de los mismos por su característica fibrosa que podrían generar efecto negativo en el proceso de molienda de sus astillas, cuando se desarrolla la prueba experimental como tal y se ingresa nuestro material en asociación con otras especies vegetales a la línea continua de prensado, se logró elaborar un tablero de madera aglomerada que sí cumple con las condiciones necesarias para ser comercializado, ya que en conjunto, el lote fabricado no modificó sus características físicas, ni propiedades mecánicas.

De llegar a consolidarse un acuerdo comercial entre las partes, la cantidad recibida por parte de Primadera SAS debe ser grande, de aproximadamente 50 toneladas mensuales para ser ingresadas de manera inmediata a la planta y fabricar los respectivos tableros aglomerados rápidamente, ya que mantener acumulado este material leñoso durante un largo periodo de tiempo representa un gran riesgo debido al alto contenido de corteza de fácil inflamabilidad.

Resultaría conveniente que se puedan continuar las pruebas experimentales para la elaboración de tableros aglomerados, reemplazando la resina sintética por alguna resina natural, o incluso empleando únicamente la lignina de la planta, con el fin de continuar con la vocación ecológica del proceso de transformación del Retamo y así cerrar satisfactoriamente el ciclo de restauración ecológica adelantado por el convenio interadministrativo 1295 de 2019 suscrito entre la Secretaría Distrital de Ambiente, el Fondo de Desarrollo Local de San Cristóbal y el IDIPRON.

## 8. Referencias bibliográficas

Campos, C.A. 2015. Determinación de propiedades físicas de la madera de *Pinus maximinoil*. Tesis en Ingeniería Forestal. Facultad de ciencias ambientales y agrícolas. Universidad Rafael Lendívar

Domínguez, M. y Londoño, C. 2014. Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteína de soya. Tesis. Ingeniería química. Universidad Pontificia Bolivariana

Gutiérrez F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. - Colombia. 158 p.

Mejía, M. 2012. Elaboración de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de fibra de raquis de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Facultad de ingeniería química y agroindustria. Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)

Resolución No. 0684 de abril de 2018, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.

Salamanca, B. y Camargo, G. 2000. Capítulo 12: Infestación de Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*) en Protocolo Distrital de restauración ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fé de Bogotá. Convenio DAMA – Fundación Bachaqueros.

### **Elaboración de porta celulares a partir del material chipeado de origen verde y del material bioextrusado resultante del proceso de transformación del Retamo espinoso (*Ulex Europaeus*) y Retamo liso (*Genista Monspessulanus*)**

#### **1. Introducción**

Colombia se ha caracterizado por ser un país con grandes riquezas naturales, pero desafortunadamente su gran biodiversidad se ha venido afectando por el manejo inadecuado de sus recursos, uno de los factores que más ha afectado a los ecosistemas nativos ha sido la introducción de diferentes especies catalogadas como invasoras. Dentro de estas se encuentra el Retamo Espinoso y Retamo Liso (*Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*) siendo unas de las especies que han tenido mayor crecimiento en la región debido a su gran poder de adaptación, principalmente sobre los cerros orientales y en el norte de la ciudad capital (Rodríguez, 2011). Estas plantas invasoras afectan las zonas donde se encuentran, deteriorando los suelos, desplazando especies nativas y afectando las cuencas de agua, la flora y la fauna; al ser una especie tan agresiva se convierte en un peligro para el ecosistema donde se encuentra, uno de sus principales inconvenientes para la zona es que debido a sus características es una de las principales causas de incendios forestales (Milques, 2017). Según el anterior contexto, las administraciones locales se han puesto en la tarea de generar e implementar protocolos para su adecuada erradicación, fundamentando su proceder en la Resolución 684 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

Gracias a estas normativas ambientales y a las múltiples investigaciones sobre el Retamo, surgen nuevas alternativas sobre el aprovechamiento del material una vez éste ha sido extraído del entorno y sometido a rigurosos procesos de postcorte, chipeado y bioextrusado. Este proceso de transformación del Retamo permite garantizar el adecuado manejo de esta biomasa en nuevos procesos industriales, generando alternativas de uso en diferentes áreas en donde el Diseño Industrial tiene injerencia. Es posible plantear nuevas alternativas y aplicaciones de uso del Retamo Espinoso, transformándolo en elementos u objetos cotidianos que permitan una producción masiva y a bajo costo (Milques, 2017).

#### **2. Hipótesis**

Es posible aprovechar la composición de las fibras en celulosa, ligninas y sus derivados que forman parte de la Biomasa residual proveniente de chipeado leñoso y del bioextrusado obtenidas del proceso de manejo integral de las especies de Retamo, mediante mezcla con resinas polyester en la elaboración de productos novedosos y útiles para el sector hogar o industrial.

#### **3. Objetivos**

##### **Objetivo General:**

Generar una nueva alternativa de uso de la biomasa residual del Retamo (Chipeado verde y bioextrusado) para un posible desarrollo industrial.

### **Objetivos Específicos:**

- Analizar las características físicas del material extraído (chipeado verde y bioextrusado).
- Desarrollar un método de producción idóneo para obtener un mayor rendimiento del material a gran escala.
- Plantear el desarrollo de un nuevo producto dentro del sector hogar y oficina.

## **4. Marco teórico de referencia**

Posterior al análisis referenciado y documentado sobre el Retamo, se inicia una segunda etapa en relación a la transformación del material y sus nuevos posibles usos. Aunque en esta etapa no existe una documentación específica debido a que la aplicación del material ha sido muy limitada, la presente propuesta se remite a experiencias que pueden llegar a tener características similares como las fibras vegetales en especial el cáñamo, el fique, bambú entre otras que, al ser mezcladas con celulosas, resinas naturales o polímeros, pueden manipularse para obtener nuevos productos con uso industrial.

### **4.1 Biomasa**

Para iniciar el abordaje del material vegetal de estudio se hace necesario establecer la conceptualización técnica de Biomasa; según Garrido (2012), “La *biomasa es materia orgánica de origen vegetal o animal, susceptible de ser aprovechada energéticamente, según la cual se encuentra almacenada en forma de materia orgánica.*” La biomasa se puede dividir en los siguientes:

#### ➤ **Biomasa natural:**

Según Morales (2018), la biomasa natural es la que se produce en los ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del medio ambiente, aunque sea una de las principales fuentes energéticas en países subdesarrollados. La biomasa natural se produce sin la intervención del hombre para potencializarla o para modificarla, se trata fundamentalmente de residuos forestales como:

- Derivados de Limpieza de bosques y de restos de plantaciones.
- leñas y ramas.
- Podas de Árboles.
- Coníferas Frondosas.

#### ➤ **Biomasa residual:**

La biomasa residual es la que se genera en las actividades humanas que utilizan materia orgánica. Su eliminación en muchos casos supone un problema. Este tipo de biomasa tiene asociadas unas ventajas en su utilización (Morales, 2018):

- Reduce la Contaminación y riesgos de incendios.
- Reduce el espacio en vertederos.
- Los costos de producción y transporte pueden ser bajos.
- Genera puestos de trabajo
- Evita emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Contribuye al desarrollo rural.

Esta biomasa residual se divide a su vez en:

- **Biomasa residual de excedentes agrícolas.**

Los excedentes agrícolas que no sean empleados en la alimentación humana pueden ser considerados utilizados biomasa con fines energéticos. Este uso de productos agrícolas

utilizados en la cadena de alimentación humana ha provocado una mala fama injustificada del uso de la biomasa con fines energéticos, al haberse acusado a este uso de una subida del coste de determinados productos agrícolas que son la base de la alimentación en muchos países del tercer mundo y en vías de desarrollo. Estos excedentes agrícolas pueden ser utilizados tanto como combustible en plantas de generación eléctrica como transformados en biocombustibles (Morales, 2018).

- **Biomasa Residual de Cultivos Energéticos.**

Según Morales (2018), los cultivos energéticos son cultivos específicos dedicados exclusivamente a la producción de energía. A diferencia de los agrícolas tradicionales, tienen como características principales su gran productividad de biomasa y su elevada rusticidad, expresada en características tales como resistencia a la sequía, a las enfermedades, vigor, precocidad de crecimiento, capacidad de rebrote y adaptación a terrenos marginales. Entre los cultivos energéticos se pueden incluir cultivos tradicionales (cereales, caña de azúcar, semillas oleaginosas) y otros no convencionales (cynara, pataca, sorgo dulce) que están siendo objeto de numerosos estudios para determinar sus necesidades de cultivo.

## 4.2 Las Fibras Vegetales

Se considera fibra vegetal a todo aquel material flexible, alargado y angosto que proviene de las plantas, debido a su alta capacidad de carga y la facilidad con la que pueden ser procesadas han permitido que sean la materia prima para elaborar diversos objetos, como cuerdas, telas, tejidos, papeles entre otros. Las fibras de lino (*Linum usitatissimum*) han sido usadas en Europa y Egipto desde hace más de 3000 años, las de cáñamo (*Canabis sativa*) en China durante largo tiempo. Estas fibras y las del yute (*Corchorus capsularis*) y la del ramio (*Boehmeria nivea*, una ortiga), son extremadamente suaves y elásticas, además son especialmente adecuadas para el procesamiento de textiles (Hernández-Barón, et al.).

Según Hernández-Barón, et al., desde hace mucho tiempo las fibras vegetales han sido utilizadas por el hombre y por tal motivo tienen gran importancia económica; comercialmente, las fibras se clasifican en:

- **Fibras suaves**

Son aquellas en las que las células pueden o no estar lignificadas y son flexibles; se obtienen de los tejidos de conducción de nutrientes de la planta.

- **Fibras duras**

Aquellas que tienen células con paredes fuertemente lignificadas y provienen tanto de los haces vasculares (tejidos de conducción) como de las células que los rodean.

## 4.3 Resinas

La resina es una sustancia de consistencia viscosa de origen vegetal o sintético que generalmente es convertible en polímeros. Una de sus características es que es insoluble en el agua, pero soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, capaz de solidificarse en contacto con el aire.

- **Resinas Naturales:**

Son aquellas que se extraen de arboles y plantas. Son altamente valoradas por sus propiedades químicas y sus usos asociados.

- **Resinas Sintéticas:**

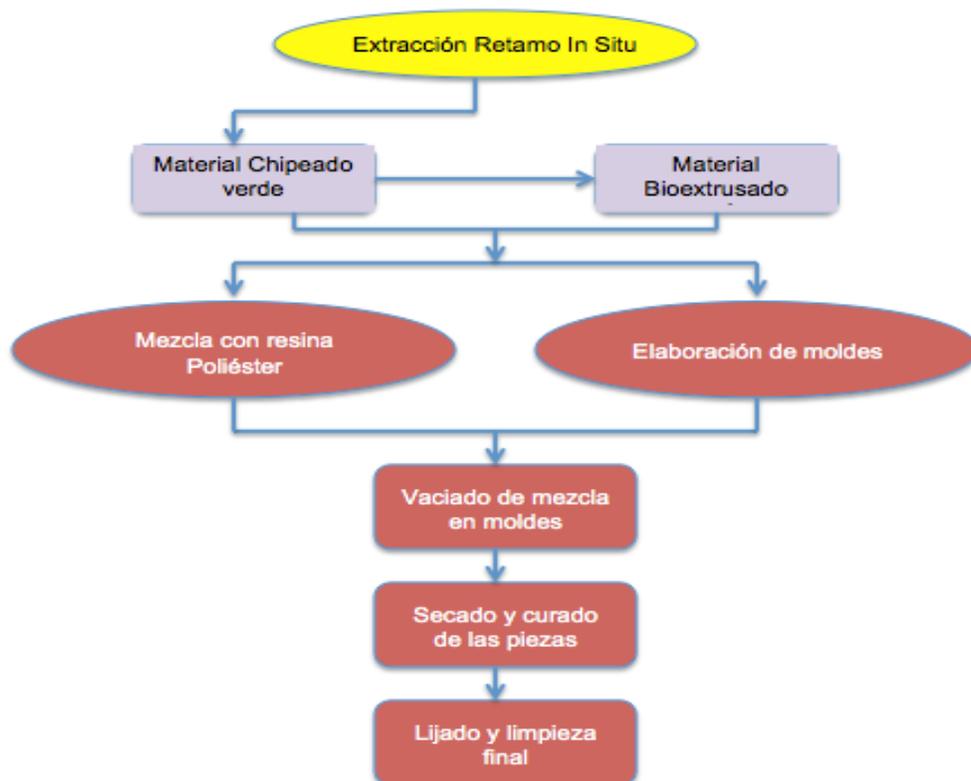
Son materiales químicamente sintetizados con propiedades similares a las naturales que provienen de las plantas.

- **Resina Poliéster**

Las resinas de poliéster son líquidas a temperatura ambiente y pueden ser llevadas a estado sólido. Según Gil (2012): “El proceso de transformación de estado líquido a sólido se llama curado, polimerización o endurecimiento y viene acompañado de una reacción exotérmica (que desprende calor). Este cambio de estado no se presenta inmediatamente se adicionan los promotores de curado (acelerador y catalizador), es una reacción que ocurre a medida que transcurre el tiempo y se genera de forma gradual, pasando de estado líquido a estado gelatinoso (conocido como estado o tiempo de gel) y finalmente a estado sólido.”

## 5. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de las pruebas experimentales sobre el material chipeado verde y el material bioextrusado se inicia con el proceso de diseño en donde se ensayan las opciones viables a desarrollar las mezclas del material, después se procede a hacer los moldes requeridos y posteriormente se inicia el vaciado del material mezclado con resina poliéster. Después de un secado de las piezas y curado del material se procede a la parte de acabados como es lijado y limpieza final. Ver anexo 4. Bitácora para la línea de investigación en Diseño Industrial. A continuación, se presenta el diagrama metodológico:



**Figura 5.** Diagrama metodológico línea de investigación Diseño Industrial. Elaboración propia

## **5.1 Justificación de la propuesta de diseño**

Dentro del planteamiento para las nuevas alternativas de elaboración de subproductos a partir de la biomasa residual del Retamo y después de analizar sus características físicas, reportadas previamente para las diferentes especies se deduce la necesidad de la Biomasa Residual mezclada con un material como la resina poliéster, la cual es un buen aglutinante obteniendo como resultado de esta mezcla, un polímero endurecido, resistente a la humedad que permite dar forma a objetos dentro de la alternativa o temática de uso cotidiano que se quiera diseñar.

Los objetos de uso cotidiano son los que dan solución a un problema o necesidad del ser humano de uso continuo, actualmente debido a la pandemia causada por el covid-19 vemos que las comunicaciones y la tecnología son primordiales para el desarrollo de nuestra vida, por lo tanto, dentro de esta área, el teléfono celular se ha convertido en un objeto indispensable dentro de las actividades frecuentes del hogar y trabajo durante este tiempo de aislamiento social preventivo y obligatorio. Actualmente se ha generado una gran dependencia a la conectividad, por lo tanto, el enfoque al que hemos llegado, es generar un objeto que permita contener y soportar este elemento de comunicación para que esté siempre disponible y cerca de las personas.

Actualmente, la tecnología enfocada hacia los celulares permite que por medio de una pantalla con sistema touch el usuario pueda manejar todas las aplicaciones de software bajo tecnologías existentes con solo mover un dedo, el teléfono celular ha trascendido dándose un status primordial de uso cotidiano, en donde siempre tiene que estar al alcance de su dueño, aparte de su principal función de comunicación por medio de la voz, actualmente se manejan otras múltiples aplicaciones en donde la interacción visual y táctil es prioritaria, es allí donde se requiere que el porta celular esté al alcance del usuario y que permita desplazarse, hacia todas las actividades cotidianas, como por ejemplo si el usuario está cocinando, en su escritorio o haciendo ejercicio en alguna máquina deportiva puede poner el porta celular cerca y encima el teléfono, evitando que este se caiga y si requiere un contacto visual constante pues se encuentra viendo algún video o en teleconferencia laboral o familiar este elemento se lo permita. Según lo anterior, los porta celulares cumplen con el objetivo de mantener a este medio de comunicación protegido, exhibido y cerca del alcance de las personas dentro de un uso cotidiano en hogar y teletrabajo, satisfaciendo una demanda creciente a la necesidad existente.

## **6. Resultados**

A continuación, se describen los resultados obtenidos durante el desarrollo del prototipo y la prueba experimental con sus respectivas imágenes de referencia, teniendo en cuenta que los porta celulares se elaboraron usando material chipeado de origen verde y material bioextrusado.

### **6.1 Desarrollo del Molde**

El primer paso en el desarrollo de la prueba piloto es la elaboración del molde que nos permite hacer varias copias del modelo inicial, garantizando que todas las piezas tengan una uniformidad y permitan su masiva reproducción.



**Imagen 14.** Moldes para elaborar porta celulares.

El material utilizado para hacer este molde es el caucho silicona, que nos permite obtener una buena precisión de copiado de los detalles, además que permite su fácil desmolde debido a la flexibilidad del material.

### **6.2 Mezcla del Material:**

Una vez que el molde está listo para usar, se procede a realizar la mezcla del material a utilizar tanto de material chipado verde como el material bioextrusado.

- **Material Chipado verde**

Debido a sus características vegetales al contar con espinas como hojas modificadas y la poca homogeneidad de la biomasa residual se procede a hacer una selección manual antes de mezclarlo con la resina. Una vez se deja listo el material se procede a mezclar con la resina poliéster en la siguiente proporción: 40% de material chipado verde y 60% restante en resina poliéster hasta obtener una mezcla pareja, posteriormente se procede a hacer el vaciado dentro del molde, y se deja secar por un tiempo aproximado de 12 horas. Después de este tiempo se procede a hacer el desmolde del material.

- **Material Bioextrusado**

Al ser un material homogéneo permite desarrollar una mejor mezcla con la resina poliéster, por tanto, después de hacer varias pruebas la proporción es la siguiente: 50% de material bioextrusado y 50% de resina poliéster, esta composición nos permite un mejor uso del material y ahorrar recursos, garantizando un material óptimo para ser vaciado en el molde, se deja secar por un tiempo aproximado de 12 horas. Después de este tiempo se procede a hacer el desmolde del material.

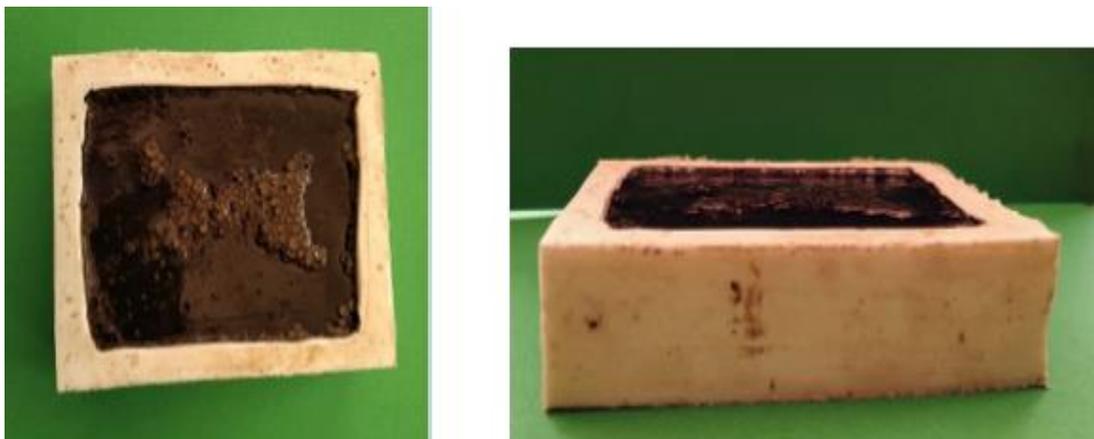




**Imagen 16.** Llenado de los moldes con la mezcla preparada

### 6.3 Desmolde de Material

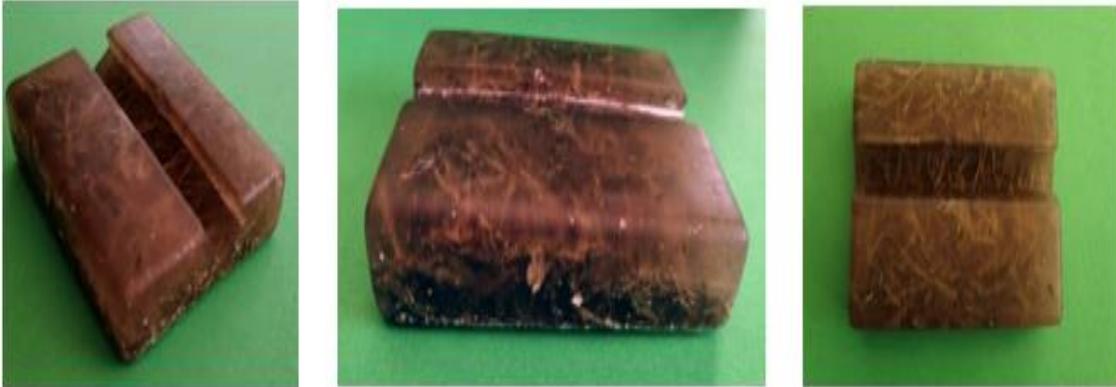
Después del secado y curado de las piezas se procede al desmolde, para ambos materiales es el mismo, después de 12 horas aproximadamente de secado, se procede a hacer el desmolde manual, ya que, como se mencionó anteriormente, el material de caucho silicona utilizado en el molde es muy flexible y permite desmoldar fácilmente.



**Imagen 17.** Secado y curado del material

#### 6.4 Lijado del Material

Para el lijado de las piezas elaboradas en las pruebas experimentales, se procede a hacer de forma manual, inicialmente con una lija No 80 para quitar asperezas de la pieza, después con una lija más suave No 240 se sigue el proceso obteniendo una pieza mucho más suave y después se procede al lijado final con una lija No 1.000 que permite dejar una superficie muy suave y brillante.



**Imagen 18.** Porta celular elaborado con material chipeado de



**Imagen 19.** Porta celular elaborado con material bioextrusado



**Imagen 20.** Comparación del porta celular según el material de biomasa residual

## 7. Conclusiones y recomendaciones

Resulta muy difícil manipular el material chipeado de origen verde durante las pruebas experimentales debido a sus espina, incluso con guantes; otro factor importante a resaltar es que el material chipiado de origen verde no es 100% homogéneo encontrándose restos de semillas y trozos de madera, lo cual genera un proceso adicional de selección manual, que conociendo las características de rebrote del material por sus semillas, se podríamos exponer a una dispersión de las mismas en suelos y áreas de tierras donde actualmente no existe la invasión del retamo espinoso.

El material idóneo para trabajar las pruebas experimentales de la línea de investigación en diseño industrial con Retamo es el material bioextrusado, gracias a su homogeneidad y al bajo riesgo de colonización en áreas nuevas, a su vez al no tener espinas este material permite su fácil manipulación y mezcla con la resina aglutinante en este caso el poliéster.

Para los procesos como lijado y brillado del sub producto resultante, que en estas pruebas experimentales se desarrollaron de forma manual, se recomienda para las siguientes producciones emplear una forma más practica para optimizar los tiempos por medio de una maquina Lijadora de banda y un esmeril con bandas de brillado en felpa que permitan resaltar las cualidades del material cuando está brillado.

Para nuestro caso del porta celular, el material se ajustó a los requerimientos que buscaban una aplicación para uso cotidiano que permitiera una producción masiva y a bajo costo en la elaboración de nuevos productos dentro de las áreas del sector industrial y del hogar.

## 8. Bibliografía

Cárdenas-López, D., Baptiste M.P. y Castaño N. (Eds). Obra completa. 2017. Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 295pp.

Gil, Alexander. 2012. Resinas de poliéster – Guía de manejo. Universidad EAFIT

L. J. Hernández-Barón, N. Martínez-Correa, I. N. Gómez-Escamilla, A. Espejo-Serna, A. R. López Ferrari y J. Ceja-Romero. Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana de México en <http://feriacienciasuami.com/semana/documentos/fibrasvegetales.pdf>

Milques Sanabria, Harvey Andrés. Producción y caracterización del carbón activado a partir de Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*). 2017. Universidad Nacional Abierta y a distancia, Escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería Bogotá, Colombia.

Morales – Villamil L. M. 2018. Otras energías renovables: Centrales termoeléctricas de biomasa. Master en Energías renovables en sistemas eléctricos. Universidad Carlos III de Madrid.

Resolución No. 0684 de abril de 2018, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible

Rodríguez, I. 2011. Investigación y desarrollo de un nuevo material a partir de un residuo natural: Retamo espinoso. Tesis. Diseño industrial. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

**Determinación de la composición fitoquímica polar de Biomasa residual obtenida a partir de *Ulex europaeus* y *Genista monspessulanus* para determinar la posibilidad de aprovechamiento como ingrediente natural en la elaboración de productos de higiene y limpieza.**

### **Descripción.**

La biomasa residual (BR) obtenida a partir de material vegetal de especies de retamo (espinoso y liso) permitió determinar aspectos básicos, entre ellos la composición fitoquímica, propiedades fisicoquímicas, condiciones microbiológicas, además de efectuar pruebas para tensioactivos, a lo cual se adelantó una revisión bibliográfica, todo, enfocado a determinar el probable uso de la biomasa residual en la elaboración de productos de higiene y limpieza, básicamente en un detergente.

### **1. Introducción**

El retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y el retamo liso (*Genista monspessulanus*) son especies vegetales de hábito arbustivo con elevada capacidad de propagación, por tal condición han sido reconocidas por la UCIN como “especies invasoras”. En Colombia fue introducida con fines ornamentales ya para propósitos de delimitación y alinderamiento (cercas vivas), de predios por su estructura morfológica. Sin embargo, las condiciones fisiológicas y su capacidad de adaptación al entorno, contribuyen a que presenten un amplio rango de adaptabilidad<sup>1</sup> y velocidad de propagación.

El crecimiento de las plantas en forma de matorral denso determina la conformación de una comunidad oligárquica, que restringe el espacio para el desarrollo de plantas nativas y el potencial pirógeno lo convierten en una especie que amenaza la flora nativa, por tanto, la Resolución 0684 del 2018 orienta y ejecuta un programa de manejo integral para mitigar el impacto ambiental ocasionado por la presencia del retamo.

En consecuencia de su arquitectura, la especie tiene la capacidad de generar elevados volúmenes de biomasa residual, aportando materia prima en el desarrollo de ensayos para determinar posibles alternativas de aprovechamiento como elemento dendroenergético generador de energía renovable de carbón y fuente de fibra; mientras que desde el punto de vista Fitoquímico, los ensayos que se han realizado al retamo son pocos, debido a que la presencia de metabolitos secundarios presenta variaciones como efecto de las condiciones edáficas y de clima. Situación análoga ocurre con los estudios relacionados con la biomasa residual obtenida de procesos de manejo y control.

Según lo anterior, surge la necesidad de adelantar estudios científicos para determinar la composición fitoquímica de la biomasa residual producida a efectos de la implementación del proceso de manejo integral en el control de la especie. El conocimiento general de las capacidades fitoquímicas permitirá establecer las opciones para el aprovechamiento en virtud a los elevados volúmenes de biomasa residual obtenidos en el proceso de transformación y manejo integral de las especies.

El punto de partida para los estudios es la oportunidad de uso que genera la muy probable presencia de metabolitos secundarios, que en caso de estar presentes en la mezcla

---

1. Las semillas pueden permanecer quiescentes (inactivas) por períodos prolongados hasta que se presenten las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, dando lugar a una nueva generación de plantas. Otro aspecto importante para su propagación es la capacidad de reproducción asexual (vía esqueje), que conlleva a que de una rama caída pueda generarse un nuevo individuo, lo que acentúa su potencial invasivo.

conlleva a determinar la factibilidad de aprovechamiento de la biomasa residual en el desarrollo de aditivos a partir de metabolitos para la elaboración y/o mejoramiento de fórmulas con fines sanitarios relacionados a la salud e higiene, con el agregado de que se trata de ingredientes cien por ciento naturales.

## 2. Hipótesis

Los géneros *Ulex* y *Genista* pertenecientes a la familia *Fabaceae*, caracterizándose por presentar elevados contenidos de metabolitos secundarios tales como: compuestos fenólicos, triterpenoides, alcaloides, y saponinas entre otros, a los cuales se les reportan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias tensioactivas con posible utilidad para los seres humanos, entonces, es probable determinar su potencial uso como ingrediente natural en la industria fitofarmacéutica (cosmética, herbicida, detergentes, antioxidantes para alimentos e ingredientes fitoterapéuticos).

## 3. Objetivos

### General.

Determinar la viabilidad de aprovechamiento de la biomasa residual como materia prima para la producción de ingredientes naturales utilizables en la elaboración de productos fitofarmacéuticos, y así reducir el impacto del retamo (*Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*) en los cerros orientales del distrito capital.

### Específicos:

- Establecer la composición fitoquímica y probable actividad biológica presente en la mezcla de la biomasa residual generada el proceso de transformación y manejo integral de *Ulex europaeus* y *Genista monspessulana* dentro del distrito capital.
- Determinar la probable acción tensioactiva presente en la biomasa residual con el fin de establecer una línea de aprovechamiento procedente de la mixtura de material vegetal de retamo (*Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*), en calidad de ingrediente natural en la elaboración de detergentes y productos de higiene y limpieza doméstica.

## 4. Marco teórico de referencia

El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que realizan las células de los seres vivos para sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o para degradar las complejas y obtener las simples. Las plantas, organismos autótrofos, además del metabolismo primario presente en todos los seres vivos que lleva a la producción de las macromoléculas (carbohidratos, lípidos, proteínas), poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular compuestos de naturaleza química diversa, los compuestos producidos se denominan metabolitos secundarios, se distribuyen diferencialmente entre grupos taxonómicos, presentan propiedades biológicas, muchos desempeñan funciones ecológicas y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes o colorantes, entre otros. Reciben también la denominación de productos naturales o fitofarmacéuticos (Ávalos A y col 2009, Sharapin N y col 2008). Todos los aspectos relacionados con la composición química de

estos productos conforman el área de acción de la fitoquímica, mientras que el estudio de las propiedades farmacológicas de la droga vegetal corresponde a la farmacognosia.

A nivel orbital, una de las familias de plantas con flores más extensa la conforman las leguminosas o *Fabaceae*, perteneciente al orden *Fabales*, siendo el tercer grupo botánico más amplio con un total de 19.400 especies identificadas, con aproximadamente 730 géneros. Los géneros prevalentes y más grandes son *Astragalus*, que cuenta con más de 2,400 especies; *Acacia*, con 950 especies; *Indigofera*, con 700 especies; *Crotalaria*, con 700 especies y *Mimosa* que cuenta con alrededor de 500 especies, agrupando aproximadamente el 9,4% de todas las angiospermas. Esta familia es a su vez una de las que presenta un mayor número de subdivisiones, 3 subfamilias *Papilionodae* (*Faboideae*), *Caesalpinioideae* y *Mimosoideae*, según M.J. Macêdo et al. 2018 quien adelantó estudios de bioprospección en el sur de Brasil utilizando herramientas etnobotánicas para establecer el uso tradicional de 26 especies de esta familia, hallando 16 grupos de usos medicinales a saber:

- Estas plantas presentan una serie de acciones farmacológicas que incluyen actividad analgésica, antiinflamatoria, antiulcerosa, anticancerígena, antidiabética, antiinflamatoria, antirreumática, antimicrobiana, antibacteriana y citotóxica.
- La familia *Leguminosea* o *Fabaceae* incluye plantas con frutos en vaina o legumbre a las cuales han reportado diferentes tipos de metabolitos secundarios con actividades biológicas y usos diversos como se puede observar en la tabla 3 siendo aprovechadas por los seres humanos para diferentes usos<sup>2</sup>.
- Resulta sobresaliente la acción herbicida de estas especies con la capacidad para generar principios activos del tipo glucósido, cianogénico, glucosinolato, alcaloide y terpeno que, dependiendo del contexto, pueden presentar un nivel de toxicidad, actuando como repelente o antinutritivo, que en las fabáceas actúan como una defensa natural, siendo muy representativo el *Dhurin* (un glicósido cianogénico), igualmente, aminoácidos no proteicos como el ácido  $\gamma$ -aminobutírico<sup>3</sup>. Es a esta familia que pertenece el género *Ulex* y *Genista*.

**Tabla 3.** Las fabaceae y sus usos

Usos	Especies utilizadas (ejemplos)		
	<b>LEGUMINOSAS ALIMENTICIAS</b>		
<b>De semillas comestibles</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <i>Pisum sativum</i> (arveja)  <i>Lens culinaris</i> (lenteja)  <i>Phaseolus vulgaris</i> (poroto común)  <i>Phaseolus lunatus</i> (poroto manteca)  <i>Phaseolus coccineus</i> (porotos de España)                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <i>Vigna sinensis</i> (poroto caupí)  <i>Glycine max</i> (soja)  <i>Arachis hypogaea</i> (maní)                 </td> </tr> </table>	<i>Pisum sativum</i> (arveja) <i>Lens culinaris</i> (lenteja) <i>Phaseolus vulgaris</i> (poroto común) <i>Phaseolus lunatus</i> (poroto manteca) <i>Phaseolus coccineus</i> (porotos de España)	<i>Vigna sinensis</i> (poroto caupí) <i>Glycine max</i> (soja) <i>Arachis hypogaea</i> (maní)
<i>Pisum sativum</i> (arveja) <i>Lens culinaris</i> (lenteja) <i>Phaseolus vulgaris</i> (poroto común) <i>Phaseolus lunatus</i> (poroto manteca) <i>Phaseolus coccineus</i> (porotos de España)	<i>Vigna sinensis</i> (poroto caupí) <i>Glycine max</i> (soja) <i>Arachis hypogaea</i> (maní)		
<b>De fruta pulposa</b>	<i>Cassia fistula</i> (lluvia de oro) <i>Geoffroea decorticans</i> (chañar)		
<b>De raíz carnosa o tubérculo comestible</b>	<i>Apios americana</i> (Norte América) <i>Pueraria thunbergiana</i> (Asia)		

2. (Macedo M.J. y col 2018, Ahmad, y col 2016)

3. Mithöfer y Boland, 2012

<b>Sucedáneos del café</b>	<i>Glycine max</i> (soja) <i>Vicia faba</i> <i>Lupinus</i> sp.	
<b>Sucedáneos del té.</b>	<i>Trifolium pratense</i> ; <i>Cajanus</i> sp	
<b>De hojas tiernas</b>	<i>Trifolium pratense</i>	
<b>De semillas brotadas comestibles</b>	<i>Glycine max</i> ; <i>Phaseolus mungo</i> (India)	
<b>Leguminosas forrajeras y de abono verde</b>	<i>Medicago</i> sp. <i>Vigna</i> sp. <i>Trifolium</i> sp. <i>Prosopis</i> sp. <i>Adesmia</i> sp	<i>Trigonella</i> sp. <i>Pisum</i> sp. <i>Centrosema</i> sp. <i>Lupinus</i> sp. <i>Senegalia</i> sp.
<b>Leguminosas melíferas</b>	<i>Medicago sativa</i> <i>Trifolium</i> sp. <i>Senegalia</i> sp. <i>Onobrychis</i> sp. <i>Prosopis</i> sp.	<i>Hedysarum</i> sp. <i>Geoffroea</i> sp. <i>Robinia</i> sp. <i>Melilotus</i> sp.
<b>Leguminosas textiles</b>	<i>Parkinsonia aculeata</i> <i>Arachis hypogaea</i>	<i>Cajanus flavus</i> <i>Desmanthus virgatus</i>
<b>Leguminosas oleaginosas</b>	<i>Arachis hypogaea</i> <i>Glycine max</i>	
<b>Leguminosas usadas en perfumería</b>	<i>Senegalia farnesiana</i> <i>Senegalia caven</i> <i>Senegalia aroma</i>	
<b>Leguminosas productoras de mucílagos</b>	<i>Ceratonia siliqua</i>	
<b>Leguminosas insecticidas e ictiotóxicas</b>	<i>Lupinus mutabilis</i>	
<b>Leguminosas productoras de cera</b>	<i>Piptadenia macrocarpa</i>	
<b>Leguminosas medicinales</b>	<i>Bauhinia forficata</i> (pata de buey) <i>Erythrina crista-galli</i> (seibo)	
<b>Leguminosas forestales: productoras de madera y leña en el país</b>	Principales géneros	
<b>Mimosoideas</b>	<i>Senegalia</i> <i>Mimosa</i> <i>Inga</i> <i>Prosopis</i>	<i>Calliandra</i> <i>Albyzia</i> <i>Enterolobium</i> <i>Piptadenia</i>
<b>Caesalpinoideas</b>	<i>Bauhinia</i> <i>Apuleia</i> <i>Gleditsia</i>	<i>Holocalix</i> <i>Copaifera</i> <i>Peltophorum</i>
<b>Papilionoideas</b>	<i>Adesmia</i> <i>Myroxilon</i>	<i>Tipuana</i> <i>Erythrina</i>

Fuente: Cabral, E. L. 2010. Pág. 127 y128

**Tabla 4: Las fabáceas compuestos / actividad**

Box 1: Medicinal species of the Fabaceae family and their biological activities.		
Family/species	Main chemical constituents/chemical classes	Biological activity
Fabaceae		Antibacterial and antifungal (Bravo and Sauvain, 1999),
<i>Amburana cearenses</i>	Amburosídeos (Canuto and Silveira, 2006), Protocatecuic acid, coumarins, flavonoids and phenolic glycosides (Canuto et al., 2010).	Control in the production of antibodies (Marinho et al., 2004), anti-inflammatory, analgesic, antispasmodic and bronchodilator (Leal et al., 2006; Almeida et al., 2010).
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Phenolic compounds, tannins and flavonoids (Monteiro et al., 2005; Monteiro et al., 2006).	Antioxidant (Desmarchelier et al., 1999).
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Flavonoids, terpenoids, steroids, triterpenes, tannins and quinones (Silva and CechineFilho, 2002).	Hypoglycemic (Almeida et al., 2006)
<i>Bowdichia virgiloides</i>	Tannins, flavonoids and alkaloids (Leite et al., 2014).	Anti-inflammatory (Barros et al., 2010), antimalarial and antioxidant (Deharo et al., 2001; Thomazzi et al., 2010).
<i>Cajanus cajan</i>	Flavonoids (Paul et al., 2003).	Abortive and teratogenic action (Lemonica and Alvarenga, 1994), larvicide (Paul et al., 2003; Zu et al., 2006).
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Caorenoic acid diterpenes (Lima et al., 2008).	Antitumoral (Oshaki et al., 1994), gastroprotector (Paiva et al., 1998), anti-inflammatory and cytotoxic (Paiva et al., 2003; Paiva et al., 2004), diuretic (Paiva et al., 2003), antioxidant (Paiva et al., 2004), antinociceptive (Gomes et al., 2007), antimicrobial (Martins et al., 2010), healing (Martins et al., 2010) and antineoplastic (Senedese et al., 2013).
<i>Dioclea grandiflora</i>	Diocleína, dioclenol and dioflorina (Almeida et al., 2000).	Vasorelaxant (Lemos, 1999), analgesic, antinociceptive, antimicrobial (Silva et al., 2010).
<i>Dimorphandra gardneriana</i>	Flavanoids, rutin, quercetin and isoquercitrin (Landim et al., 2013).	Visco-surgic ophthalmic (Pires et al., 2010).
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Bismedesidic triterpenic saponins (Mimaki et al., 2003, 2004).	Abortive (Bonel-Raposo et al., 2008).
<i>Erythrina velutina</i>	Alkaloids and flavonoids, isoflavones, pterocarps, flavanones and isoflavanones (Chacha et al., 2005).	Anti-bacterial (Pillay et al., 2001; Virtuoso et al., 2005), antinociceptive, anticonvulsive (Vasconcelos et al., 2007), anti-inflammatory (Vasconcelos et al., 2011).
Family/species	Main chemical constituents/chemical classes	Biological activity
<i>Hymenaea courbaril</i>	Triterpenes, diterpenes, flavonoids and phenolic compounds (Sales et al., 2014).	Antimicrobial (Gonc_alves and Alves Filho, 2005), anti-inflammatory and antioxidant (Jayaprakasam et al., 2007).
<i>Libidibia ferrea</i>	Tannins (Dias et al., 2013).	Antiulcerogenic (Bacchi and Sertie, 1994) Chemopreventive cancer (Nakamura et al., 2002), antimicrobial (Sampaio et al., 2009), analgesic and anti-inflammatory (Lima et al., 2012b; Dias et al., 2013),
<i>Lochocarpus araripensis</i>	Flavonoids, flavones, flavans, flavanones and auronos. (Lima et al., 2014).	Attenuation of allergic inflammation (Vasconcelos et al., 2008), Cytotoxic activity (Lima et al., 2014).
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Tannins (Camargo-Ricalde, 2000), Flavonoids, alkaloids, chalcones, steroids, terpenes and phenoxychomones, saponins and triterpenes (Souza et al., 2008).	Hallucinogenic (Schultes, 1994), anti-inflammatory (Tellez and Guitard, 1990) antiplasmodic and hemolytic (Meckes-Lozoya et al., 1990), antimicrobial (Bezerra et al., 2009), Antifungal and antimutagenic (Silva et al., 2013b).
<i>Periandra mediterranea</i>	Saponins and polysaccharides glucans (Pereira et al., 2000).	Increased immune response (Santos et al., 1997), anti-inflammatory (Pereira et al., 2000).
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Tannins, flavonoids and saponins (Bahia et al., 2005).	Anti-inflammatory (Santos et al., 2011), Radioprotector (Santos et al., 2013), Antinociceptive (Santana et al., 2012) and in the treatment of gastric ulcers (Ribeiro et al., 2013).
<i>Senna occidentalis</i>	Tannins (Lombarbo et al., 2009).	Antimicrobial, antiviral, antitumor (Lombarbo et al., 2009).
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i>	Tannins, flavonoids and alkaloids (Costa et al., 2012).	Inflammatory processes (Lima et al., 1998), wound healing (Lopes et al., 2005), antifungal (Ishida et al., 2006), anti-ulcer (Rodrigues et al., 2008), infections (Souza et al., 2009), leukorrhea and other gynecological problems (Oliveira et al., 2011) and antimicrobial (Oliveira et al., 2011).

Fuente: M.J. Macedo et al, 2018.

#### 4.1 Retamo espinoso (*Ulex europaeus*)

Arbusto de origen europeo, distribuida en diferentes países, entre ellos Chile, Argentina, Australia, y Colombia.

**Sinonimia:** *Ulex floridus*, *Ulex hibernicus*, *Ulex major*, *Ulex opistholepis*, *Ulex strictus*, *Ulex vernalis*.

**Nombres comunes<sup>4</sup>:** Tojo, Espino amarillo, Espinillo, Espinosa, Retama espinosa.

**Usos:** El material vegetal proveniente de *Ulex europaea* es utilizado como forraje, por su alto contenido de nutrientes y buena palatabilidad (agradable al gusto), aunque se han observado algunos efectos de toxicidad en los animales, por la presencia de alcaloides, situación que se evita retirando las vainas y semillas del material. El material más adecuado en la alimentación animal está representado por los brotes vegetativos y florales. Dukhart K 2012, realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de alcaloides en material foliar, flor, semilla, tallos verdes y rizoma, evaluando la actividad insecticida con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

Se estableció la presencia de esparteína, B-isoesparteína, caulofilina, citisina, 5,6-dehidrolupanina, rombifolina, lupanina, jussiaeiine B, N-formilcitisina, N-acetilcitisina, anagirina, jussiaeiine C, jussiaeiine D, Pohakulina, baptifolina, epibaptifolina y en su investigación logró identificar en semillas Anagirina, Caulofilina y Citisina. Mientras que en los tallos verdes se detectó anagirina, caulofilina, citisina y lupanina; además el extracto de semillas obtenido de *Ulex europaeus* tuvo acción insecticida en larvas, pupas e individuos adultos de *Drosophila melanogaster*. Todos los órganos de la planta registran la presencia de polifenoles, esteroles, glicósidos tiocianatos, carbamatos, mientras que el aceite obtenido de las semillas, se registran ácidos grasos y compuestos fenólicos. En igual sentido, se reportan compuestos polifenólicos y saponinas con diversidad de efectos farmacológicos tales como hipolipemiante, hipoglicémico, hipotensor, antiinflamatorio, gastroprotector, hepatoprotector, antioxidante, antiosteoartrítico, antiasmático; entre otros, sin que ello se represente toxicidad relevante (Spinola V y Col 2016).

De sus semillas se han aislado lectinas (molécula compleja que tiene tanto proteínas como azúcares). Las lectinas pueden unirse al exterior de las células y causar cambios bioquímicos en ella<sup>5</sup>, uniéndose selectivamente a las glicoproteínas y glicolípidos, para tipificar tejidos y grupos sanguíneos, sirviendo como marcador de células endoteliales por lo que se utiliza como reactivo de diagnóstico, además presenta potencial para ser utilizada en el diseño de formas farmacéuticas que permitan la administración de fármacos (Hamashin C y col 2003). También se realizó la extracción de proteasa como sustituto de cuajo en la elaboración de queso.

En un posterior estudio de caracterización fitoquímica y actividad antimicrobiana se estableció la presencia de metabolitos secundarios de tipo flavonoide y alcaloide, en los aceites esenciales de acuerdo a los patrones de componentes y su variabilidad en porcentajes según los componentes, confirmando la presencia de monoterpenos, monoterpenoides, sesquiterpenos, sesquiterpenoides e hidrocarburos alifáticos, (un grupo conformado por los monoterpenos  $\beta$ -citronelol (25.65%) y D-isomentol (31.05%), hidrocarburos eicosano (34.11%), ácido decanoico (33.19%) y 8-hexil-entadecano (34.83%), el tercer y último grupo comprende compuestos entre hidrocarburos y terpenos. Los resultados de la actividad antimicrobiana de las fracciones de polaridad creciente del

4. <https://www.lifeder.com/tojo/> (Herrera I. et al 2016).

5. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/lectina>.

extracto etanólico presentaron actividad inhibitoria frente a las cepas de bacterias *Staphylococcus aureus* (Parra L, 2017).

En investigaciones sucesivas Torres y Col 2017, reportan la presencia de ácidos grasos entre ellos láurico, mirística, palmitico, linoleico, oleico, elaidico, estearico, cis-11-icosanoico, eicosanoico y docosanoico, tocoferoles y compuestos fenólicos como el alfa tocoferol y beta tocoferol, muchos de estos ácidos grasos de extractos oleosos a partir de las semillas le confieren a la especie un gran potencial para ser utilizado como insumo en la industria alimenticia y farmacéutica dada la presencia de componentes de uso cosmético.

Pardo-Muras M y col 2018 y 2020, comprobaron la actividad como Bioherbicida en un extracto volátiles a partir de flores y hoja frescas, cuya composición era rica en compuestos orgánicos volátiles (COV) y compuestos hidrosolubles con la capacidad de inhibir proceso germinativos y/o el crecimiento temprano de dos especies de las llamadas “malezas agrícolas” (*Amaranthus retroflexus* y *Digitaria sanguinalis*). El extracto permitió identificar 20 compuestos con perfiles COV, establecidos mediante cromatografía de gases acoplada a detector e masas (GC y GC/MS); a saber: isomenthona, E-nerolidol, 10,14-trimethylpentadecanone, phytol, theaspirano A y B, eugenol, 4-vinyl-2-methoxyphenol, 1-octen-3-ol, n-heneicosane, n-docosane n-tricosane, n-tetracosane, ácido laurico, n-pentacosane, n-hexacosane, ácido mirístico, n-heptacosane, ácido palmítico. En desarrollo de las pruebas invitro sobre plántulas de las mencionadas malezas frente a un patrón, el extracto generó daños que impidieron el crecimiento incluso a bajas concentraciones.

Más tarde, el potencial fitotóxico del extracto fue evidenciado y confirmado mediante prueba in vivo, sobre cultivo de maíz a manera de enmienda registrando la inhibición del crecimiento de las tres malezas como (*Amaranthus retroflexus*, *Digitaria sanguinalis* y *Portulaca oleracea*), sin causar daño al maíz, augurando su futuro uso agrícola como una práctica agrosostenible.

**Tabla 5:** Actividades de compuestos reportados en *Ulex europaeus*

Parte de la planta	Compuestos	Actividad	Referencia
Flores y semillas	Alcaloides tipo quinolizidina	Toxina, vía oral	Sue Matthews y col 2005. Pág. 30 Programa Mundial sobre Especies Invasoras)
	Celulosa, hemicelulosa, lignina, extractos orgánicos	Las aplicaciones potenciales son en la industria alimentaria, como aditivo en la fabricación de papel, en la producción de biofilmes y en la industria farmacéutica en la producción de formas de liberación.	Ligeroa P y col 2010 Marques Mara 2018
Partes aéreas	Extracto alcohólico	actividad antimicrobiana actividad inhibitoria frente a las cepas de bacterias <i>Staphylococcus aureus</i>	Parra L 2017
Flores	Compuestos fenólicos, terpenoides y glicósidos	Actividad antioxidante	López H 2016
	Compuestos orgánicos volátiles		

Parte de la planta	Compuestos	Actividad	Referencia
Semillas	Tocoferol, ácido linoleico, compuestos fenoles. láurico, mirístico, palmítico, linoleico, oleico, elaídico, esteárico, cis-11-eicosanoico, eicosanoico y docosanoico	Posible uso en industria de alimentos	Torres J y col 2017
Semillas y flores	Alcaloide Citisina	Tratamiento de tabaquismo. Problemas gastrointestinales. Es un agonista ganglionar con alta afinidad por el receptor nicotínico	Máximo P 2006, Dukhar K 2012, Zuluaga C y col 2014
	Anagirina	Enmético	Dukhar K 2012,
	Caulofilina	emenagogas, diuréticas y antiespasmódicas, ser utilizado en el tratamiento contra el reumatismo y por ser usado como expectorante cuando existe bronquitis	
	Lectina	Las lectinas se consideran armas valiosas en los campos de la genética, biomedicina y e inmunología.	Hernández P 1999

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2 *Genista monspessulana* (***Genista monspessulana***).

Especie de botánica de hábito arbustivo, nativa del Mediterráneo, con floración perenne de color amarilla muy llamativa, sin espinas a diferencia del retamo espinoso.

**Sinonimia:** *Genista candicans* L, *Teline monspessulana*.

**Nombres comunes:** Retamo liso, escoba.

**Usos:** Se reporta un espectro de uso que abarca desde la horticultura y la agroforestería, hasta la elaboración de escobas de piso; sus hojas contienen alcaloides y por tanto pueden ser tóxicas al ser ingeridos, según se ha observado en animales (Osorio y Col 2020).

La Universidad de los Andes realizó un trabajo de investigación donde se determinó el mayor valor de calor (HHV), análisis elemental, análisis proximal, análisis termogravimétrico para obtener constituyente natural polímeros (hemicelulosa, celulosa y lignina) y extracción de aceites esenciales y otros compuestos químicos de interés a través de extracción con fluidos súper crítico. En los resultados obtenidos se encontró cercanía ecológica entre los dos especies principalmente relacionadas con HHV, carbono fijo y materia volátil, lo que requiere un potencial similar.

Las dos especies resultan adecuadas para procesos de combustión, gasificación, extracción de compuestos químicos y uso de contenido lignocelulósico; no obstante, solo el *Ulex europaeus* permite la obtención de carbón activado. La relevancia de los datos permite la constitución de una base preliminar para la formulación de estrategias sólidas para la gestión y control de la especie con fundamentos científicos.

Es aconsejable centrar los esfuerzos sobre procesos térmicos tales como pirólisis, gasificación o combustión, igualmente, la extracción de aceites esenciales de ácido acético, ácido dodecanoico, anagirina, hidrato de amileno, caulofilina y maltol. En cuanto a la materia volátil, el carbono fijo, y valores de cenizas para cada parte funcional de *Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*.

Ambas especies mostraron una composición muy elemental y similar en general. Con respecto al mayor valor de calor (HHV), los tallos, flores y semillas arrojaron valores muy cerca el uno del otro para en forma análoga, el aserrín de pino presenta un HHV de 18.84 kJ mol, mientras que para *Ulex europaeus*, el valor más alto presentó un rango entre 18.41 y 20.83 MJ / kg y el valor más alto se encontró en semillas, mientras que, para *Genista monspessulana*, el rango estuvo entre 19.33 y 21.61 MJ / kg y el valor más alto se registró en las hojas. Los resultados finales de las pruebas realizadas se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Composición de las especies diferenciando flores, hojas y ramas

**Table 1.** Proximate and elemental analysis measured for the biomass characterization of different functional parts flower, leaves and stems for *U. europaeus* (G) and *G. monspessulana* (FB).

Property	Functional Part Analyzed							
	G-Flower	FB-Flower	G-Leaf	FB-Leaf	G-Seed	FB-Seed	G-Stem	FB-Stem
HHV (MJ/kg)	18.41	19.33	19.11	21.61	20.83	20.76	19.15	19.35
C (wt. % d.b.)	42.10	42.50	45.70	45.90	45.80	46.50	44.50	44.40
H (wt. % d.b.)	5.85	6.23	6.08	6.17	6.44	6.49	5.78	5.92
N (wt. % d.b.)	2.23	2.54	2.19	3.53	5.28	4.51	1.51	1.45
S (wt. % d.b.)	0.46	0.60	0.49	0.66	0.47	0.50	0.51	0.34
O (wt. % d.b.)	49.36	48.13	45.54	43.74	42.01	42.00	47.70	47.89
Moisture (wt. % w.b.)	0.38	0.41	0.40	0.37	0.56	0.58	0.16	0.04
Volatile matter (wt. % d.b.)	85.05	96.44	81.28	93.16	88.75	96.24	82.47	97.47
Fixed carbon (wt. % d.b.)	11.12	0.21	12.30	3.84	6.76	0.003	13.05	0.54
Ashes (wt. % d.b.)	3.51	2.95	6.10	2.66	4.00	3.18	4.35	1.96

Fuente: Osorio, 2020

El análisis de aceites esenciales y otros compuestos (para las dos especies) arrojó los siguientes resultados<sup>6</sup>:

**Tabla 7.** Compuestos identificados para Retamo espinoso y retamo liso

6. Se hace necesario aclarar que este puede o no coincidir con lo que se establezca en la biomasa residual compuesta por una mezcla de las dos especies sin determinar las cantidades de cada una.

**Table 3.** Compounds detected in the different functional parts of *U. europaeus* and *G. monspessulana*.

Compound	<i>U. europaeus</i>	<i>G. monspessulana</i>
(R)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol	Seed	Flower and stem
1,2-15,16-Diepoxyhexadecane	Leaf and Seed	Flower and stem
1,2-Benzisothiazole, 3-(hexahydro-1H-azepin-1-yl)-, 1,1-dioxide	Flower, leaf and seed	
10,13-Octadecadienoic acid, methyl ester	Seed and stem	
12-Methyl-E,E-2,13-octadecadien-1-ol	Flower and leaf	stem
2,3-Butanediol		Leaf, seed and stem
2-Methoxy-4-vinylphenol	Leaf and seed	Flower and leaf
2-Methyl-3-(3-methyl-but-2-enyl)-2-(4-methyl-pent-3-enyl)-oxetane	Flower and leaf	
2-Methyl-Z,Z-3,13-octadecadienol	Flower and leaf	
2-Pyrrolidinone		Seed and stem
3-Buten-2-ol, 2-methyl-	Flower and seed	Flower and leaf
4-(2,6,6-Trimethylcyclohexa-1,3-dienyl)but-3-en-2-one		Flower, leaf and stem
4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-		Flower, leaf and seed
5,6-Dehydrolupanine		Flower, leaf and stem
9,17-Octadecadienal, (Z)-	Flower and seed	Seed
Acetic acid	All organs	Flower, seed and stem
Amylene Hydrate	All organs	Flower and seed
Anagryne	Flower	Leaf and stem
Aphylline		All organs
Benzenepropanoic acid, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-, methyl ester	Flower, seed and stem	Flower, seed and stem
Bufotenine		All organs
Butyrolactone		Flower and stem
Caulophylline	Seed	All organs
Cyclododecane	Flower	Leaf and stem
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	Seed	Leaf and stem
Cyclopentadecanone, 2-hydroxy-		Flower and stem
Cyclopropanoic acid, 2-octyl-	Flower, leaf and seed	Stem
Diethylene glycol monobutyl ether	Leaf and Seed	
Dihydroactinidiolide		Leaf and stem
Eicosane	Flower, leaf and stem	Stem
Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-	Flower, leaf and stem	Seed and stem
Heptadecane	Leaf	Flower and stem
Lauric acid	Flower and seed	Flower, leaf and stem
Linoleic Acid	Flower, leaf and seed	Flower, seed and stem
Maltol	Seed	Flower, seed and stem
Methyl linolenate	Flower and leaf	Flower and leaf
Methyl palmitate	Flower, seed and stem	Seed and stem
m-Xylene	Flower and stem	Seed
Octadecane	Flower and stem	
Oleamide		Leaf and seed
Oleic Acid	Flower and leaf	Stem
Palmitic acid	Flower, leaf and stem	Leaf, seed and stem
Phytol	Leaf and Seed	Flower, leaf and stem
Psilocin		Leaf and stem
Pyridine, 3-methoxy-	Leaf and Seed	Seed and stem
Squalene	Flower and stem	
Stearic acid	All organs	All organs
Tetracosane		Flower and stem
Tetradecanoic acid	Flower and seed	Flower and stem
Triacetin	Seed	Seed and stem
Undecane	Flower, seed and stem	
Vitamin E	Leaf and stem	
$\alpha$ -Isoaphylline		All organs

Fuente: Osorio, 2020

### 4.3 Saponinas

Para efectos de la presente investigación, resulta pertinente ahondar en este tipo de metabolitos<sup>7</sup>, en consecuencia del fin buscado, es decir el uso en la elaboración de productos de higiene y limpieza.

7. Antes de que el hombre creara la gran industria del jabón se usaban jabones naturales llamados saponinas (nombre derivado del latín *sapo*, jabón). Variedad de raíces y follajes vegetales tienen la propiedad reaccionar con el agua formando espuma, por lo que se han utilizado desde la antigüedad para el lavado de prendas de vestir. Aun en la actualidad en muchas comunidades rurales se emplean estos productos naturales para el lavado de ropa y para prevenir el deterioro en su calidad de detergente neutro perfectamente degradable (Biblioteca digital).

Los antecedentes del uso tradicional de plantas con altos contenidos de saponina conllevaron al desarrollo de investigaciones hallando metabolitos secundarios tipo glicósidos que se disuelven en agua y que disminuyen la tensión superficial, por tanto al agitar la solución forma espuma; están conformadas por un azúcar (glúcido) y una genina (sapogenina) o llamada aglicón, este último puede ser de tipo triterpénico o esteroidal (Sharapin N y col 2008). Los azúcares más frecuentes constituyentes de los dos tipos de saponósidos son la glucosa, arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa, y en los saponósidos triterpénicos también es frecuente el ácido glucurónico, con la presencia de las moléculas de glicosidos según su número va a aumentar su solubilidad. Los saponósidos se caracterizan por ser tensioactivos naturales, por ello tienen propiedad detergente lo cual ha sido utilizado por el hombre rápidamente. Las saponinas son abundantes en las dicotiledóneas son abundantes en la fabaceas, familia bajo la que se clasifican las especies de retamo (López Luengo T. 2001).

#### **4.3.1 Propiedades químicas**

Las saponinas son compuestos polares, solubles en agua fría o caliente, disminuyen la tensión superficial, presentan propiedades hemolíticas por al actuar sobre la membrana de los glóbulos rojos, causando cambios en la presión osmótica provocando fragilidad y con ello la salida de la hemoglobina por tal razón están consideradas como tóxicas por vía parenteral mientras que resultan inocuas por vía oral<sup>8</sup>. Las saponinas se encuentran en hojas, tallos mayoritariamente.

#### **4.3.2 Tipos de saponinas**

##### ***Saponinas esteroideas***

Poseen un esqueleto de base tetracíclico integrado por 27 carbonos. Resulta de interés por su relación con las hormonas sexuales; la cortisona, esteroide, se localiza mayoritariamente en hojas y tallos como las tipo furostanol, mientras que las de tipo spirostanol en semillas y raíces.

##### ***Saponinas triterpénicas.***

Este grupo es el más abundantes en la naturaleza, presente en la mayoría de dicotiledóneas; presenta una estructura de 30 carbonos y la característica de ser pentacíclicas, también son conocidas como saponinas acidas. Ampliamente presentes en la gran familia *Mimosaceae*, en especial en la *Fabaceae*, familia en la que se agrupan las variedades de retamo, así como en la mayoría de las familias<sup>9</sup> de plantas con flores.

#### **4.3.3 Usos**

##### **Usos técnicos.**

En épocas precedentes a los detergentes y jabones, las saponinas representaban el mayor recurso (una forma artesanal de elemento de aseo) para realizar las labores de lavado y blanqueamiento de la ropa. En el igual sentido y bajo la misma técnica era utilizado para el cuidado del cabello y el aseo corporal (aún prevalece la comercialización el jabón de aceituno p.e.).

##### **Usos en la industria alimenticia.**

---

8. Dicha toxicidad puede causar muerte en peces como en el caso del mata pescado (*Funastrum Clausum*)

9. Son fuente de saponinas triterpénicas infinidad de plantas clasificadas en las familias *Sapindaceae*, *Poligonaceae*, *Sapotaceae*, *Caesalpinaceae*, *Araliaceae*, y *Cariofiláceae* entre otras.

Las saponinas son ampliamente utilizadas como estabilizantes de la espuma en la elaboración de bebidas gaseosas. Mientras que en la industria farmacéutica y cosmética son utilizadas por su cualidad emulgente (líquido/líquido) y dispersante (sólido/líquido), su uso también abarca el campo de productos como talcos, polvos dentales, enjuagues bucales, champú entre otros.

#### 4.3.4 Efectos medicinales.

**Expectorante:** Las saponinas tienen un efecto expectorante, provocando disminución de la tensión superficial en las flemas, facilitando su transporte y evacuación. Ejercen un efecto irritante sobre la mucosa estomacal ocasionando la secreción glandular en las vías respiratorias superiores.

**Diurético:** Como consecuencia de su actividad osmótica tienen la capacidad de incrementar el proceso eliminación de líquido por vía renal, ya que causan irritación directa sobre los epitelios catalizando la actividad de excreción.

**Antibiótico y antimicótico:** Las saponinas con mayor efectividad lo presentan las que tienen una estructura integrada por entre 4 y 5 moléculas de azúcar, ofreciendo buenos efectos antibiótico y antifúngicos. Se presenta una buena reducción ante hongos del género *Candida* (esta variedad genera afecciones en las cavidades oral, vaginal, zona inguinal y plantas de los pies).

#### Otros efectos.

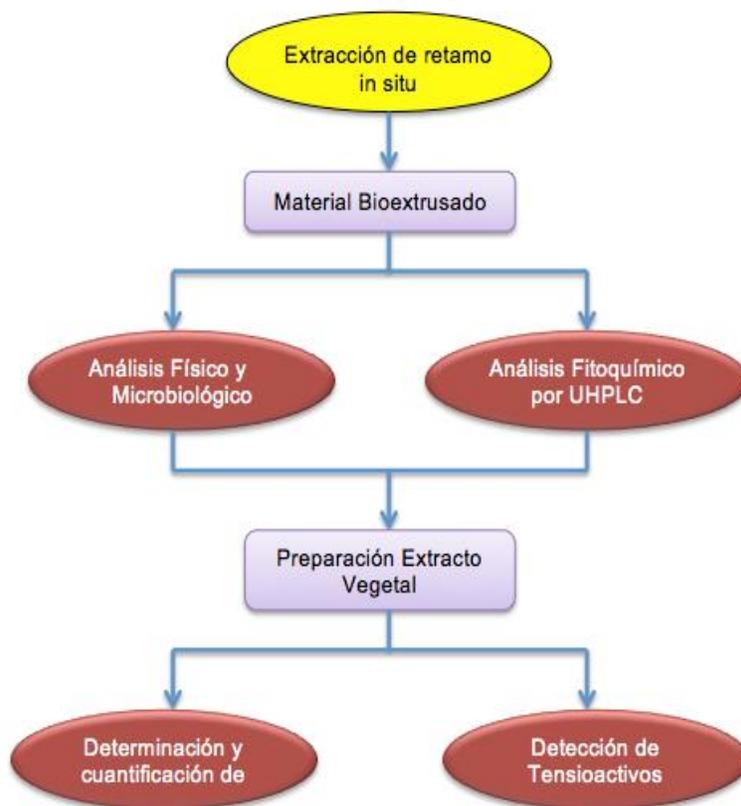
- **Aumento de la absorción.** Por su capacidad para reducir los niveles de la tensión superficial incrementa la absorción de medicamentos y principios activos, siendo esta la razón por la que en un gran porcentaje los extractos complejos de la planta pueden resultar más efectivos que un principio activo aislado.
- **Acción terapéutica.** Las saponinas tienen propiedades que se aplican en el tratamiento de diversos tipos de afecciones a la salud humana, entre ellas se pueden mencionar la capacidad antiinflamatoria, anti edemática, antiexsudativa, pudiendo prevenir y/o disminuir edemas; tienen la capacidad para inhibir las enzimas lisosómicas elastasa e hialuronidasa responsables por la permeabilidad de las paredes celulares en inflamaciones e igualmente, reducen la permeabilidad de los vasos sanguíneos, inhibiendo la agregación de trombocitos.
- **Farmacéutico.** La industria utiliza diversas drogas con adición de saponósidos dadas sus propiedades detergentes y emulsionantes.

Es de anotar que para el presente trabajo se aplicaron los conceptos adoptados según referentes técnicos y regulatorios, para ello especificamos la siguiente definición:

- **Detergente.** Toda sustancia o preparado que contenga jabón u otros tensoactivos y que se utilicen en procesos de lavado con agua. Los detergentes podrán adoptar cualquier forma (líquido, polvos, pasta, barra, pastilla, formas moldeadas, entre otros) y estar destinados a su uso doméstico e institucional o industrial, de acuerdo con las Resoluciones 0689 del 2016 y 1770 de 2018. Reglamento (Ce) No 648/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 31 de marzo de 2004 sobre detergentes.

## 5. Materiales y Métodos

El anexo 5, llamado Bitácora de la línea de investigación Fitoquímica contiene el paso a paso del desarrollo de las pruebas experimentales. A continuación, se presenta el diagrama metodológico que posteriormente se describe a mayor detalle:



**Figura 6.** Diagrama metodológico línea de investigación Fitoquímica. Elaboración propia

El procedimiento aplicado para el logro del objetivo propuesto se desarrolló de la forma en que a continuación se desglosa:

### **5.1 Recolección de la muestra del material vegetal**

A finales del mes de febrero del 2020, en las instalaciones del Centro de Restauración Ambiental –CERESA–, se adelantó el muestreo de la biomasa residual, conformada por una mezcla de las variedades de retamo (liso y espinoso), las cuáles fueron objeto de un procesamiento previo, conforme a los lineamientos del protocolo aplicado por IDIPRON. Para efectos de protocolo, se recolectaron muestras de material vegetal por triplicado alcanzando un peso de 3 Kg cada una. La constitución de cada muestra estuvo conformada por partes epigeas (ramas, hojas, semillas y flores), las cuales fueron objeto de un proceso previo de triturado – chipiado y, posteriormente pasaron por pulverización ultra fina, hasta obtener un producto consistente en un polvo verdoso, denominado bioextrusado. Se aclara que las muestras tomadas contaban con una antigüedad de 8 meses aproximadamente. No se trabajó con material fresco porque la disponibilidad estuvo supeditada al estado de los equipos y al momento del estudio éstos se encontraban en reparación y mantenimiento. Todas las muestras se ubicaron sobre papel kraft, fueron empacadas en bolsas ziploc y se rotularon, para ser almacenadas en un lugar fresco y seco hasta el momento de su procesamiento.

## 5.2 Análisis físico y microbiológico del material vegetal

La evaluación física de las muestras se determinó mediante validación organoléptica, mientras que, el análisis microbiológico se adelantó conforme la metodología planteada por USP 42, sección 62 (filtración de membrana y recuento en placa), con el objetivo de determinar la presencia y/o ausencia y cuantificación de microorganismos, específicamente de mesófilos, mohos, levaduras, escherichia Coli, salmonella sp, pseudomona aeruginosa, estafilococo y coagulasa positiva.

## 5.3 Análisis fitoquímico por UHPLC

Las muestras fueron pasadas por un tamiz con las siguientes características: malla nro. 100 (ASTM), apertura 0,149 mm. Paso seguido, se procedió a tomar una muestra con un peso de 1gr, el cual se diluyó en 25 ml de metanol grado HPLC. Acto seguido, se tomó 1ml de la solución, aforándola en 10ml de metanol. La solución fue filtrada en un tamiz con poro de 0,22  $\mu\text{m}$  y dispuesta en vial de inyección, sobre sistema de auto muestreado para iniciar la ejecución del análisis.

**Condiciones cromatográficas.** Ejecutado en un equipo UHPLC Dionex 3400 rs, acoplado a Bomba cuaternaria, con sistema de auto muestreador y horno de columna (Thermo C18 de 1.8  $\mu\text{m}$ ), detector FLED, caja de Iones con ionización por electro Spray. La elución se dió por gradiente utilizando la siguiente fase móvil:

- Solvente A: Acetonitrilo 0,1% de ácido fórmico.
- Solvente B: Metanol 0,1% ácido fórmico.
- Se llevó de 100 % A hasta 0% A en 25 min.
- Temperatura: 30°C.
- Flujo: 0,15 mL/min.
- Espectrómetro de Masas: sintonizado para masas de 100 a 1000 m/Z en Full Scan en rango, ionización positiva.

## 5.4 Preparación de extracto para prueba de tensioactivo y contenido de fósforo

Una muestra con un peso de 3 Kg fue enviada a Laboratorios Agnes, empresa dedicada a la fabricación de extractos naturales para la industria farmacéutica, donde se le aplicó el método estándar interno, consistente en:

- **Maceración cinética:** Bajo temperatura controlada, entre 65 y 70°C por 96 horas, a una parte de bioextrusado de biomasa residual equivalente al 5% de la mezcla pulverizada, utilizando como solvente una mezcla de hidroglicólicos compuesta por agua destilada y glicerina grado USP en una proporción de 80:20. La relación bioextrusado – solvente conto con una proporción 1:3.
- **Recirculación:** Se realizó con el objeto de obtener un extracto de buena calidad, filtrándolo y posteriormente, se adiciona hidantoína (preservante permitido según listados internacionales de ingredientes), por último, el producto resultante se envasa en frasco de vidrio ámbar para protegerlo de los efectos de la luz y es rotulado.

## 5.5 Análisis fisicoquímico y microbiológico del extracto

La descripción organoléptica y la determinación de características físicas se adelantó de acuerdo a los siguientes factores: densidad por gravimetría; pH por electroquímica y solubilidad.

El análisis microbiológico del extracto también fue realizado por Laboratorios Ángel mediante filtración en membrana y recuento de placa con ejecución de pruebas para determinar presencia o ausencia en algunos casos y otros se cuantificaron utilizando para ello la metodología indicada por la USP 42, sección 62.

## 5.6 Determinación y Cuantificación de fósforo

Se realizó mediante la aplicación de uno de los métodos establecidos por el ASTM<sup>10</sup> D820, 1993 (Actualizado 2016), implementando la prueba de fosfatos por método colorimétrico con azul de molibdeno. El objetivo del presente parámetro es determinante, porque se implementa para cumplir con las exigencias normativas, ambientales y sanitarias para materias primas y productos terminados del tipo jabón y detergente, establecido según resolución 1770 de 2018 que modifica la resolución 0689 del 2016.

## 5.7 Prueba de detección de tensioactivo, tipo y cuantificación en el extracto

Se envió una muestra de 500mL del extracto hidroglicólico en recipiente de vidrio a la compañía Tecnología Química internacional, empresa fabricante de materia prima e ingredientes para productos cosméticos de higiene y limpieza, para que se le adelantara la identificación cualitativa por colorimetría de tensioactivo y tipo, con su correspondiente cuantificación por volumetría usando método estándar CO-ME-GP-01 "Determinación de activos aniónicos con azul de metileno".

La muestra fue preparada mediante dilución del extracto en agua destilada, a la cual se le adicionó una cantidad conocida de la dilución a la mezcla formada por agua, formaldehído y azul de metileno y para observar en cual fase se concentra la coloración respectiva. Posteriormente, la cuantificación se efectuó titulando Lauril sulfato de sodio en preparación de diluciones del extracto en agua destilada

## 6. Resultados y Discusión

### 6.1 Resultados de análisis organoléptico y microbiológico del material vegetal.

La presentación de la droga vegetal tiene consistencia pulverulenta de coloración verdosa, suave al tacto, fluida, y olor vegetal característico. A nivel microbiológico los resultados fueron los siguientes:

- Carga microbiana de mesófilos aerobios >10.000 UFC/g-mL
- Mohos 1000 UFC/g-mL
- Levaduras 1600 UFC/g-mL

También se registró la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, por tanto el producto vegetal no cumple con parámetros para ser utilizado como materia prima, siendo este un claro indicador de la necesidad de implementar un proceso para el mejoramiento de las condiciones de manejo, procesamiento y almacenamiento del material vegetal durante la fase de control integral de la especie. El preparado además de representar cierto riesgo en el ámbito sanitario, también puede inducir a la generación de compuestos diferentes a los precedentes en estado natural por la acción microbiana. No obstante lo hallado, se continuaron con las diferentes pruebas.

### 6.2 Resultados de UHPLC.

A continuación, se presentan los cromatogramas (Figura 7) con su respectiva relación intensidad vs tiempo y masa, en los que se evidencia la presencia de más de 1000 metabolitos secundarios (Ver anexo 6).

La identificación de los compuestos se realizó mediante comparación de los patrones de fragmentación de las sustancias detectadas con la base de datos espectral NIST y confirmando por bibliografía. Se identificó un total de 78 compuestos (Tabla 8), los cuales son en su mayoría compuestos fenólicos, flavonoides y subtipos, algunos isómeros glicósidos, saponinas, que se corresponden con lo establecido por Spínola V y Col (2016).

---

10. Método de pruebas estándar para el análisis químico (por sus siglas en inglés).



**Tabla 8:** Resultados de UHPLC SPECTRUM -MS (correlación masas vs compuestos identificados )

Mass	Intensity	Assigned identity
385,6	269,69978	Sinapic acid-C-hexoside
371,4	211,846862	Coumaric acid-O-hexoside (formate adduct)
827,7	207,392728	Saponin-2
341,7	194,629089	Caffeic acid-O-hexoside
835,4	190,177739	Liquiritigenin
795,9	183,555572	Saponin-5
283,7	183,549391	Pinoresinol-O-hexoside
941,7	180,976939	Saponin-4
957,8	175,301524	Saponin-3
973,5	173,499635	Saponin-1
711,4	162,316162	Quercetin-O-hexoside-O- malonyl(hexoside
767,7	161,626187	Luteolin-6-C-hexoside
845,7	161,187226	Apigenin-C-hexoside
751,3	158,731686	Quercetin-O-hexoside-O- malonyl(hexoside)
665,0	157,572322	Liquiritigenin derivative
285,8	154,076207	Kaempferol
679,1	150,372881	Caffeic acid
683,9	134,713731	Hexose polymer
447,5	134,543021	Luteolin-O-hexoside
681,9	132,625801	Naringenin-O-acetylhexoside derivative
443,4	130,517744	Naringenin-O-hexoside
669,4	124,258972	3r 5,7-trihydroxyisoflavone-4r-methoxy-3r-O-β-diglucopyranoside
415,7	124,045079	Daidzein-O-hexoside
611,3	117,269796	Eriodictyol-O-dihexoside
444,4	117,077312	Naringenin-O-hexoside
313,8	112,662881	5,4r-dihydroxy-3,7- dimethoxyflavone
621,6	106,180188	Liquiritigenin-O-hexoside-O- acetylhexoside
640,2	106,151491	(formate adduct)
653,6	95,542441	Acacetin-O-dihexoside (formate adduct)
355,7	93,959973	Ferulic acid-O-hexoside
623,3	92,27915	Daidzein-O-dihexoside (formate adduct)
459,4	91,395229	Ferulic acid derivative
639,3	90,449303	Apigenin-C-hexoside-O- hexoside
651,2	89,866901	Coumaric acid-O-hexoside dimer
577,9	88,635784	Apigenin-C-hexoside
575,9	87,395523	Apigenin-
631,4	87,385082	Naringenin-O-hexoside derivative
609,5	87,065008	Kaempferol-O-dihexoside
488,1	85,014741	acid-O-pentosylhexoside
449,1	84,970046	Dihydrokaempferol-O- hexoside
465,9	84,808062	Taxifolin-O-hexoside
474,2	84,685672	Hexose polymer
417,2	84,542136	Liquiritin isomer
625,8	84,337128	Quercetin-O-dihexoside
591,5	83,982791	Luteolin-8-C-(hydroxy-3- methylglutaryl)

Mass	Intensity	Assigned identity
473,4	83,389009	Oligosaccharide (pentose + dihexose)
595,7	83,195714	Naringenin-O-dihexoside
487,1	82,028824	Ferulic acid-O-hexoside dimer
565,4	81,812881	4-Methyl-3-methoxy-9a- hydroxyligballinol
431,0	79,255004	Apigenin-O-hexoside
489,0	77,429031	Kaempferol-O-acetylhexoside
531,7	77,404305	Ferulic acid derivative
461,1	77,027311	Daidzein-O-hexoside
475,1	76,350467	Coumaric acid derivative (formate adduct)
579,9	74,229074	Liquiritigenin
463,0	73,626741	Quercetin-O-hexoside
476,0	71,684908	Formononetin-O-hexoside
462,0	71,070334	Caffeic acid-O-dihexoside
515,1	67,057477	3,5-O-Dicaffeoylquinic acid
551,3	66,037822	Ferulic acid-C-hexoside derivative
431,9	61,590659	Roseoside (formate adduct)
507,8	61,53837	3r 5,7-trihydroxyisoflavone-4r- methoxy-3r-O-β-glucopyranoside (formate adduct)
491,9	61,530359	Glycitein-O-hexoside (formate adduct)
519,6	61,468886	Pinoresinol-O-hexoside
477,6	61,244777	Apigenin
503,6	60,874176	Caffeic acid-O-dihexoside
381,1	60,795051	Ferulic acid derivative
351,7	57,434177	Coumaric acid
505,3	54,609526	Quercetin-O-acetylhexoside
433,5	53,716942	Kaempferol-O-acetylhexoside
367,3	41,087626	Caffeic acid derivative
191,4	38,977745	Citric acid
271,7	26,735323	Naringenin
255,5	18,518152	Liquiritigenin
269,5	17,497301	Apigenin
253,6	15,587475	Daidzein
267,8	13,944424	Formononetin
567,0	8,4432E-08	Naringenin-O-dihexoside

Fuente: Adaptado de Spinola, 2016 y Anexo 6.

Según se evidencia, los compuestos identificados pertenecen al grupo de los fenólicos, tipo flavonoides, que actúan sobre el sistema nervioso central (Estrada R 2012), igualmente, se registran isoflavonas (apigenina, quercertina, naringenina, saponinas 1,2,3,4 y 5, e isómeros del ácido cafeíco), las que a su vez, presentan propiedades reportadas tales como acción antioxidante, antiinflamatoria, coadyuvante de la circulación sanguínea, mejoradora de la fragilidad capilar; antitumoral (kaempferol), según Allen Y. Chen, 2012. La presencia de liquiritigenina resulta promisorio puesto que se adelantan pruebas enfocadas al manejo del cáncer, adicción a la cocaína, tratamiento de diabetes y es antiinflamatorio (Ji – Yeon Yu, 2015).

Las saponinas presentan acciones cardiotónicas y a su vez, son fuente de hormonas esteroideas, con una natural capacidad tensioactiva, por los efectos sobre la tensión

superficial de modo tal que forman espumas; condición que conlleva a que se proponga su uso probable en la elaboración de detergentes y jabones.

Con estos resultados obtenidos a partir de la muestra del bioextrusado, se confirma la presencia de compuestos polifenoles tipo flavonoide, subtipos flavonoles (glicósidos de quecertina), flavonas, (en su mayoría derivadas de apigenina) isoflavonas y flavanonas. Los flavonoles y el grupo de isoflavonas estaban dominados por la glicina. El grupo de flavanona estaba compuesto principalmente por derivados de liquiritigenina.

En igual sentido, se detectó la presencia de ácidos fenólicos y saponinas, como componentes menores. Dichos compuestos fueron reportadas previamente en *Ulex europaeus* por Parra L 2017, Spínola V y Col 2016, siendo las hojas y las flores los órganos donde registran mayor presencia.

Es necesario aclarar que el grado de contaminación microbiológica en el material vegetal suministrado para las pruebas resulta poco probable una afectación sobre la presencia o no de algún tipo de metabolitos, puesto que, los ya determinados en la muestra de biomasa residual coinciden con estudios previos a excepción de los alcaloides, que para la muestra resultaron ausentes.

### **6.3 Resultados fisicoquímico y microbiológico de extracto Hidroglicólico (EHG)**

La muestra de extracto hidroglicólico (EHG) elaborado a partir de órganos de la planta conformada por una mezcla de hojas, flores, semillas y hojas modificadas (espinas) de retamo liso y espinoso extruido y en polvo resulta en un líquido, fluido, pardo, traslúcido con alto contenido de saponinas y por la procedencia de los materiales resulta muy probable que se evidencia una precipitud de sólidos.

**Tabla 9.** Características físico químicas del extracto Hidroglicólico

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
Apariencia	Líquido translucido a turbio
Olor	Vegetal característico
Color	Pardo oscuro
pH directo	7,5
Densidad a 26°C	1.010 a 1.090 g/ml
Solubilidad	Soluble en agua, alcoholes

**Fuente:** Anexo 7. Resultados AGNES.

Los parámetros fisicoquímicos especialmente en relación al pH presentan valores entre 6 y 11 en solución acuosa al 1%, además su densidad y solubilidad permiten que sea empleado en la elaboración de fórmulas de productos, pues da cumplimiento a normas técnicas colombianas teniendo como referente la NTC 531/2011 para productos de higiene y limpieza (Ver Anexo 7).

En el aspecto microbiológico, la materia prima registra una alta carga microbiana (mesófilos aerobios principalmente), aunque durante el proceso de elaboración del extracto hidroglicólico se aplicó calentamiento controlado y antimicrobiano como aditivo para disminuir la carga con miras a reducir el riesgo sanitario del producto final obteniendo los resultados que a continuación se exponen:

**Tabla 10.** Características microbiológicas del extracto Hidroglicólico

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>
Recuento total de mesófilos aeróbicos	1200 UFC/ml
Recuento de mohos	< 10 UFC/ml
Recuento de levaduras	300 UFC/ml
Escherichia coli	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia
Estafilococo coagulasa positiva	Ausencia

**Fuente:** Anexo 8. Resultados Angel Bioindustrial.

La efectividad de los procedimientos aplicados a la mezcla fue alta y beneficiosa en lo relacionado a la calidad puesto que cumple con estándares farmacopólicos según la USP americana aceptada en Colombia como texto de referencia para el control de calidad de productos farmacéuticos y relacionados. Por otra parte, el procedimiento logró reducir la carga de mesófilos aerobios puesto que, de una carga inicial de 10.000 UFC/mL, ésta presentó una disminución que alcanzó los 1.200 UFC/ mL, mientras que, por otra parte, las levaduras se encuentran por fuera de la especificación establecida de 200 UFC/mL (Ver anexo 8).

#### **6.4 Prueba de Cuantificación de niveles de fósforos**

Se obtuvo un resultado de  $\geq 10$ , lo cual, se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método estándar requerido por las entidades sanitarias y ambientales para productos cosméticos de higiene y limpieza, lo que es requisito determinante por la normatividad sanitaria y ambiental vigente, mostrando que el producto tiene potencial para ser utilizado como ingrediente alternativo, en la elaboración de jabones y detergentes, además de su carácter amigable con el medio ambiente por la degradabilidad que le confiere su procedencia (Ver anexo 9).

#### **6.5 Resultados de las pruebas para tensoactivo**

Durante la prueba de identificación cualitativa, al adicionar las soluciones se observó que el color azul se concentró en la fase acuosa, claro indicador de la presencia de tensoactivo catiónico. Por su parte, la prueba de cuantificación mostró que al adicionar la solución titulante con una sola gota, la variación del color fue inmediata, a pesar de que las diluciones no permitieron obtener una estimación exacta de la cantidad de ingrediente activo presente. Posiblemente el nivel de concentración resulta muy bajo o la sensibilidad del método no es lo suficiente para permitir la obtención del número de activos presentes. También se debe considerar que la coloración durante las dos fases podría ser producto de la presencia de interferencia de otros compuestos tales como sulfonatos orgánicos, sulfatos, carboxilatos, fenoles, tiocianatos inorgánicos, cianatos, nitratos y cloruros o por un tensoactivo anfótero.

Se resalta que el método es aplicado en general para materias primas y/o productos terminados, donde el tipo de tensoactivo es conocido y se cuenta con una estimación aproximada del porcentaje del mismo.

La muestra fue analizada mediante la aplicación de esta prueba con el resultado del UHPLC, donde se evidencia la presencia de 5 saponinas, además de presentarse efectos lógicos y específicos del compuesto cuya actividad tensoactiva es reconocida tales como la formación de espuma abundante y persistente (Ver anexo 10).

## **7. Conclusiones**

La biomasa residual proveniente del material vegetal de las partes epigeas (flores, hojas, ramas y semillas), obtenida por bioextrusión, contiene metabolitos secundarios, compuestos fenólicos, flavonas, flavanonas, isoflavonoides y saponinas con diversa actividad biológica, por tanto, el material tiene potencial para considerarse como un elemento promisorio de uso en la industria fitofarmacéutica tales como cosméticos, productos de higiene y limpieza, fitoterapéuticos, reactivo de diagnóstico etc, además de una ventana para su uso en la industria alimentaria.

La elevada concentración de saponina presente en la biomasa residual de las dos especies de retamo estudiadas, le aseguran propiedades tensioactivas, que permiten su uso en la industria de productos destinados a la higiene y limpieza.

El extracto hidroglicólico producido a partir de la biomasa residual de las dos especies permitió establecer la presencia de tensioactivos catiónicos, cualidad que le brinda opciones de un muy posible aprovechamiento por su calidad de ingrediente natural, sin embargo, el extracto hidroglicólico de la biomasa residual al 5% p/v, aunque evidenció la presencia, no permitió cuantificar la cantidad de tensioactivo.

La biomasa residual se presenta como un material producido por el aprovechamiento de especies invasoras de gran impacto negativo sobre ecosistemas, que puede ser manejada y controlada mediante el aprovechamiento, en virtud a las multiplicidad de alternativas que representa la presencia de metabolitos secundarios con actividad biológicas específicas y de amplio espectro de uso industrial.

## **8. Recomendaciones.**

Aplicar medidas higiénicas durante el manejo, procesamiento y almacenamiento del material vegetal de tal manera que se reduzca la carga bacteriana en la droga vegetal con la que se prepara en extracto hidroglicólico que se va a utilizar como ingrediente natural en la elaboración de los productos cosméticos o de higiene y limpieza o en los extractos para diferentes fines.

Se hace pertinente y necesario adelantar estudios que profundicen en la caracterización fitoquímica (composición de fracción a polar), fisicoquímica, cuantificación de polienoles, pruebas de actividad biológica para definir las cualidades antioxidantes, antiinflamatoria, herbicidas, surgiendo en especial la de actividad anti adictiva, lo que generaría un alto impacto social frente a un problema de salud pública.

Se sugiere dar continuidad a los estudios de diseño y formulación de productos de higiene y limpieza, puesto que, permiten generar un amplio nicho para el aprovechamiento, a consecuencia de que los resultados obtenidos indican que los derivados de la biomasa residual (BR) si pueden ser utilizados con la ventaja representativa de ser ingredientes naturales con un alto contenido de saponinas con demostrada capacidad tensioactiva de tipo catiónico, también por su bajo contenido de fósforo, y su condición de biodegradabilidad, características que permiten el cumplimiento de los requisitos normativos para este tipo de productos conforme al anexo E de la NTC 5131 del 2011 y NTC 545.

Se deben adelantar pruebas de eficacia (detergencia) para estandarizar el extracto hidroglicólico a una mayor concentración en relación al porcentaje de material vegetal y saponinas presentes además de practicar las pruebas necesarias para determinar la ecotoxicidad.

Con el propósito de establecer estándares de producción, es necesario continuar con los estudios para determinar los parámetros de calidad de las materias primas, haciendo pruebas que conduzcan a la descripción macroscópica del material vegetal, porcentaje de materias extrañas, pérdidas por secado, porcentaje de cenizas, límite de metales pesados, toxicidad, entre otras, siguiendo las directrices emanadas por entidades reguladoras.

## 9. Bibliografía

Ahmad F; Anwar F, Hira, S. 2016. Review On Medicinal Importance Of Fabaceae Family. Pharmacology online Vol 3 Pág 151-156. <http://pharmacologyonline.silae.it>

Allen Y. Chen1,\* and Yi Charlie Chen2A. review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemo prevention Food Chem. 2013 June 15; 138(4): 2099–2107. doi:10.1016/j.foodchem.2012.11.139

Ávalos García Adolfo, Pérez-Urria Carrol Elena. 2009. Metabolismo secundario de plantas, Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145. ISSN: 1989-3620. Disponibles en [https://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo\\_secundario\\_de\\_plantas.pdf](https://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf)

Axel Mithöfer and Wilhelm Boland. 2012. Plant Defense Against Herbivores: Chemical Aspects Annu. Rev. Plant Biol. 63:431–50

Cabral, E. L. 2010. Guía de consultas diversidad vegetal. Core Eudicotiledóneas Clado Rosides. Biotaxonomía de Spermatófitas. Diversidad Vegetal. FACENA. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

Duhart Martínez Karla Andrea. 2012. Estudio de la composición de alcaloides de *Ulex europaeus* L.(Fabaceae) en Chile y su actividad biológica (Tesis). Disponible en [http://152.74.17.92/bitstream/11594/1888/1/Tesis\\_Estudio\\_de\\_la\\_composicion\\_de\\_alcaloides.pdf](http://152.74.17.92/bitstream/11594/1888/1/Tesis_Estudio_de_la_composicion_de_alcaloides.pdf)

Estrada-Reyes Rosa, Ubaldo-Suárez Denisse, Araujo Escalona Ana Gabriela. 2012. Los flavonoides y el Sistema Nervioso Central. Salud Mental; 35:375-384

Hamashin Christ, Spindler Lisa, Russel Shannon, Schink Amy, Lambki Imelda, O'Mahony Daniel, Houghten Richard y Pinilla Clemencia. 2003. Identificación de nuevos miméticos e moléculas pequeñas de *Ulex europaeus* L para la administración dirigida de fármacos. Revista Química Bioorgánica y Medicinal Vol. 11 , número 23. Pág 4991-4997

Ji-Yeon Yu, Jae Yeo Ha , Kyung-Mi Kim , Young-Suk Jung , Jae-Chul Jung and Seikwan O. 2015. Anti-Inflammatory Activities of Licorice Extract and Its Active Compounds, Glycyrrhizic Acid, Liquiritin and Liquiritigenin, in BV2 Cells and Mice Liver *Molecules*. 20, 13041-13054; doi: 10.3390/molecules200713041

López Luengo M<sup>a</sup> Tránsito. 2001. Saponósidos, Fitoterapia, Ámbito farmacéutico, disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13015492>

Macêdo Ferreira Márcia Jordana,, Alves Ribeiro Daiany, Santos de Oliveira Maria, Delmacia Gonç, alves de Macêdo, Julimery Gonç, alves Ferreira Macedo, Bianca Vilar de Almeida, Manuele Eufrazio Saraiva, Maria Natália Soares de Lacerda, Marta Maria de Almeida Souzaa. 2018. Fabaceae medicinal flora with therapeutic potential in Savanna areas in the

Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. Revista Brasileira de Farmacognosia 28. Pag. 738–750.

Norma Técnica Colombiana 5131 del 2011: Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios Para Productos Limpiadores Institucionales, Industriales y Para Uso Doméstico.

Norma Técnica Colombiana 545: Jabones y detergentes. Definiciones generales.

Osorio-Castiblanco Diego F., Peyre Gwendolyn and Saldarriaga Juan F. 2020. Physicochemical Analysis and Essential Oils Extraction of the Gorse (*Ulex europaeus*) and French Broom (*Genista monspessulana*), Two Highly Invasive Species in the Colombian Andes. Sustainability. 12, 57; doi:10.3390/su12010057.

Pardo-Muras M, Puig CG, López Nogueira A, Cavaleiro C, Pedrol N. 2018. On the bioherbicide potential of *Ulex europaeus* and *Cytisus scoparius*: Profiles of volatile organic compounds and their phytotoxic effects. PLoS ONE 13(10): e0205997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205997>.

Pardo-Muras M, Puig CG, López Nogueira A, Cavaleiro C, Pedrol N. 2020. The Phytotoxic Potential of the Flowering Foliage of Gorse (*Ulex europaeus*) and Scotch Broom (*Cytisus scoparius*), as Pre-Emergent Weed Control in Maize in a Glasshouse Pot Experiment . Plants, 9, 203; doi:10.3390/plants9020203

Parra Garzón Camilo Alexander. 2017. Actividad Antimicrobiana Y Caracterización Química Del Aceite Esencial De *Ulex Europaeus* L. (Fabaceae) Tesis. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Reglamento (CE) no 648/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, sobre detergentes. Disponible en: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2004/l\\_104/l\\_10420040408es00010035.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2004/l_104/l_10420040408es00010035.pdf)

Sharapin Nikolai y col. 2000. Editor Pinzón Roberto, CAB-CYTED. Fundamento de tecnología de productos fitoterapéuticos.

Silva Camila S, Vannucch Helio in Antioxidant Treatment and Alcoholism Molecular Aspects of Alcohol and Nutrition, 2016

Spinola V, Llorent – Martinez E.J., Gouveia – Figueira S y Castilho P. 2016. *Ulex Europaeus*\_ from noxious weed to source of valuable isoflaxones and flavanones. En Industrial crops and products

Torres José Camilo, Ortega Janeth, Rojas Pinzón Diana Marcela Rojas Pinzón, Infante-Betancour Jhon & Leal Mejía Leslie Yaneth. 2017. Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de *Ulex europaeu* Revista de Investigación Agraria y Ambiental – Volumen 8 Número 2.

## Marco bibliográfico General

Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Barrera-Cataño, J.I., J.E. Rojas Rojas, S.M. Contreras-Rodríguez, S. Basto Mercado. 2019. Plan de prevención, manejo y control de las especies de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en la jurisdicción CAR. Convenio 1837 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Ballesteros, M.A. Informe de gestión de actividades Enero de 2020. Centro de restauración ambiental CERESA. Convenio 1295 de 2019. SDA-IDIPRON-ALS

CAR. 2016. Modificación al plan de manejo reserva forestal protectora bosque oriental de Bogotá. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR Bogotá D. C. Colombia.

Salamanca, B. y Camargo, G. 2000. Capítulo 12: Infestación de Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*) en Protocolo Distrital de restauración ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fé de Bogotá. Convenio DAMA – Fundación Bachaqueros