

ANÁLISIS DE LA FENOLOGÍA EN LOS PRIMEROS ESTADIOS DE  
DESARROLLO DEL RETAMO ESPINOSO (*Ulex europaeus* L.) BAJO  
CONDICIONES DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA.

ÁNGELA GINET PRIETO CHITIVA

DANIELA RINCÓN GARZÓN

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGÁ, 2021

ANÁLISIS DE LA FENOLOGÍA EN LOS PRIMEROS ESTADIOS DE  
DESARROLLO DEL RETAMO ESPINOSO (*Ulex europaeus* L.) BAJO  
CONDICIONES DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA.

ÁNGELA GINET PRIETO CHITIVA  
Código: 160216229

DANIELA RINCÓN GARZÓN  
Código: 160216233

Trabajo de grado como requisito parcial para obtención del título de Ingeniero

Agrónomo

I.A., M.Sc. ARLETTE IVONNE GIL CLAVIJO

Directora

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGÁ, 2021

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>2.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	Error! Bookmark not defined.
4.1.	OBJETIVO GENERAL .....	Error! Bookmark not defined.
4.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	Error! Bookmark not defined.
<b>5.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	Error! Bookmark not defined.
5.1.	PLANTAS INVASORAS .....	Error! Bookmark not defined.
5.1.1.	REPORTE DE ESPECIES INVASORAS EN EL MUNDO	Error! Bookmark not defined.
5.1.2.	PLANTAS INVASORAS EN COLOMBIA	Error! Bookmark not defined.
5.1.3.	INTRODUCCIÓN DEL RETAMO ESPINOSO EN COLOMBIA	Error! Bookmark not defined.
5.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1.	DESCRIPCIÓN DE RETAMO ESPINOSO ( <i>U. europaeus</i> L.)	Error! Bookmark not defined.
5.2.2.	RAÍZ .....	Error! Bookmark not defined.
5.2.3.	TALLO.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.4.	HOJAS .....	Error! Bookmark not defined.
5.2.5.	FRUTOS .....	Error! Bookmark not defined.
5.2.6.	SEMILLAS .....	Error! Bookmark not defined.
5.3.	ESCALA FENOLÓGICA.....	Error! Bookmark not defined.
5.4.	FACTORES ABIÓTICOS .....	Error! Bookmark not defined.
5.4.1.	TEMPERATURA.....	Error! Bookmark not defined.
5.4.2.	HUMEDAD RELATIVA .....	Error! Bookmark not defined.
5.4.3.	LUZ.....	Error! Bookmark not defined.
5.5.	ESTRATEGIAS BÁSICAS PARA EL CONTROL DE RETAMO	Error! Bookmark not defined.
5.6.	MARCO LEGAL .....	Error! Bookmark not defined.
5.6.1.	LEGAL INTERNACIONAL .....	Error! Bookmark not defined.
5.6.2.	LEGAL NACIONAL.....	Error! Bookmark not defined.

6. **DISEÑO METODOLÓGICO**..... Error! Bookmark not defined.
  - 6.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO **Error! Bookmark not defined.**
  - 6.2. MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO **Error! Bookmark not defined.**
  - 6.3. METODOLOGÍA..... **Error! Bookmark not defined.**
7. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**..... Error! Bookmark not defined.
  - 7.1. GERMINACIÓN..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 7.2. ESTRUCTURAS VEGETATIVAS ..... **Error! Bookmark not defined.**
    - 7.2.1. DESARROLLO DE LAS HOJAS Y ELONGACIÓN DEL TALLO **Error! Bookmark not defined.**
    - 7.2.2. DESARROLLO RADICULAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
    - 7.2.3. ASPECTOS GENERALES DEL DESARROLLO DE LA PLANTA **Error! Bookmark not defined.**
    - 7.2.4. ESCALA FENOLÓGICA..... **Error! Bookmark not defined.**
8. **CONCLUSIONES**..... Error! Bookmark not defined.
9. **RECOMENDACIONES** ..... Error! Bookmark not defined.
10. **BIBLIOGRAFIA**..... Error! Bookmark not defined.

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación geográfica del lugar donde se recolectaron las semillas de retamo espinoso municipio de Soacha, Cundinamarca ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio donde se llevó acabo la descripción fenológica de retamo espinoso..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 3. Presencia de cotiledones y primer par de hojas de retamo espinoso.**Error! Bookmark not defined.**
- Figura 4. Primer par de hoja trifoliada opuestas a los cotiledones y nuevos rebrotes en retamo espinoso..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 5. Formación del segundo par de hojas trifoliadas en retamo espinoso **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 6. Pérdida total de cotiledones y presencia de quince pares de hojas verdaderas de retamo espinoso..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 7. Marchitez de hojas en la parte baja de la planta de retamo espinoso**Error! Bookmark not defined.**
- Figura 8. Presencia de nódulos en la raíz y raíces laterales de retamo espinoso**Error! Bookmark not defined.**
- Figura 9. a) Evidencia del proceso de entorchamiento de la lámina foliar. b) Formación de espinas en el tercio superior, medio y bajo de la planta de retamo espinoso..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 10. Desarrollo de los brotes axilares y presencia de espinas en toda la estructura de la planta de retamo espinoso..... **Error! Bookmark not defined.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies tipo vegetal reportadas por The Global Invasive Data Base **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 2. Comportamiento de los cambios fenológicos y las variables climáticas estudiadas en el municipio de Fusagasugá para el año 2020-2021. **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 3. Crecimiento de la radícula en plántulas de retamo espinoso **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 4. Recopilación de datos fenológicos de retamo espinoso 2020-2021 **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 5. Descripción de los cambios fenológicos para retamo espinoso 2020-2021 **Error! Bookmark not defined.**

Nota de aceptación

---

---

---

Firma del director  
I.A., M.Sc. ARLETTE IVONE GIL CLAVIJO

---

JURADO

---

JURADO

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedicamos principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos haber llegado a este momento tan importante de nuestra formación profesional.

A nuestros padres *Carmen Chitiva y Gerardo Prieto, Gloria Garzón y Marco Rincón* por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos Jaime, Karen por estar siempre presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y nos compartieron sus conocimientos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado nuestro camino.

A nuestros padres quienes son nuestro motor y mayor inspiración que a través de su amor, paciencia, buenos valores ayudan a trazar nuestro camino.

Así mismo agradecemos infinitamente a nuestros hermanos que con sus palabras nos hacían sentir orgullosas de lo que somos.

De igual forma agradecemos a nuestra directora de tesis, *Arlette Ivonne Gil Clavijo* que gracias a sus consejos y correcciones hoy podemos culminar este trabajo.

Al grupo Prosafis gracias por acogernos y brindarnos su apoyo.

## RESUMEN

El efecto que causan las especies invasoras sobre la diversidad acarrea una serie de amenazas, siendo el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) una de las malezas más agresivas a nivel mundial. En la región altoandina está generando fuerte impacto en amplias áreas del municipio de Soacha (Cundinamarca), afectando actividades agrícolas y perturbaciones en otros ecosistemas. Las investigaciones sobre diversos aspectos fisiológicos del retamo espinoso en la zona de estudio son pocos, y sumado a esto no se cuenta con un control eficiente para su erradicación, por lo cual se planteó esta investigación con el fin de describir la fenología en los primeros estadios de desarrollo de la planta, bajo las condiciones de Fusagasugá (Cundinamarca), a partir de semillas colectadas en la vereda “Alto de la Cabra” de Soacha (Cundinamarca) y basándose en las variables climáticas: Temperatura mínima, temperatura máxima y humedad relativa con datos suministrados por la NASA *Prediction of Worldwime Energy Resources*. El monitoreo fenológico en los primeros estadios de desarrollo se realizó evaluando los individuos durante un año, comprendido entre el 2020 y 2021. Los resultados mostraron que los cambios fenológicos registrados en las plantas fueron V<sub>0</sub> germinación, V<sub>1</sub> y V<sub>3</sub> desarrollo de hojas y elongación del tallo, los que se presentaron con unos rangos de temperatura ambiente entre 20,35° C y 20,77° C y una humedad relativa de 80,42 % y 82,30 %, y finalmente V<sub>2</sub> formación de espinas y brotes laterales, con una temperatura ambiente promedio de 18,76° C y H.R. de 87,29 %. Esta descripción es el inicio para la elaboración de una escala completa BBCH en fase vegetativa para retamo espinoso, ya que esta especie no cuenta con una codificación fenológica, lo cual es un gran aporte para el conocimiento de esta especie considerada de alta agresividad en los ecosistemas, en un primer paso para implementar los sistemas de control más adecuados teniendo como base su entendimiento en las diversas fases del desarrollo.

**Palabras clave:** Maleza, factores climáticos, fenología, invasiones, retamo espinoso.

## ABSTRACT

The effect that the invasive species cause on the diversity carries a series of threats, being the thorny retamo (*Ulex europaeus* L.) one of the most aggressive weeds worldwide. In the High Andean region it is generating strong impact in large areas of the municipality of Soacha (Cundinamarca), affecting agricultural activities and disturbances in other ecosystems. Research on various physiological aspects of spiny retamo in the study area is scarce, and added to this there is no efficient control for its eradication, which is why this research was designed to describe phenology in the early stages of plant development, under the conditions of Fusagasugá (Cundinamarca), from seeds collected in the "Alto de la Cabra" sidewalk of Soacha (Cundinamarca) and based on climatic variables: Minimum temperature, maximum temperature and relative humidity with data provided by NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. Phenological monitoring in the first stages of development was performed by evaluating individuals for one year, between 2020 and 2021.

The results showed that the phenological changes recorded in the plants were V0 germination, V1 and V3 leaf development and stem elongation, which were presented with an ambient temperature range between 20,35° C and 20,77° C and a relative humidity of 80,42 % and 82,30 %, and finally V2 spine formation and lateral shoots, with an average ambient temperature of 18,76° C and H.R. of 87,29 %. This description is the beginning for the elaboration of a complete scale BBCH in the vegetative phase for spiny broom, since this species does not have a phenological coding, which is a great contribution to the knowledge of this species considered to be highly aggressive in ecosystems, in a first step to implement the most appropriate control systems based on their understanding at various stages of development.

**Keywords:** Weeds, climatic factors, phenology, invasions, thorny broom.

## 1. INTRODUCCIÓN

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) hace parte de las cien especies catalogadas con mayor grado de invasión a nivel mundial, causando impactos y afectaciones como el desplazamiento de plantas nativas, alteraciones entre especies y perturbación de las condiciones del ecosistema (Osorno, 2014), caracterizada por tener una reproducción sexual y asexual con un porcentaje de germinación alto y rápido crecimiento (Ocampo & Solorza, 2017).

El retamo espinoso en Colombia desarrolló características de adaptación ya que puede crecer y florecer durante todo el año, se establece en suelos pobres en nutrientes, paisajes abiertos y en alturas entre 2000 a 3400 msnm, en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá (León & Vargas, 2009). La escala BBCH es una herramienta de codificación que ayuda a la identificación de estados fenológicos de crecimiento de las plantas ya sean monocotiledóneas o dicotiledóneas, el código decimal se segmenta inicialmente en los estados de crecimiento principales y secundarios, basado en el código desarrollado por Zadoks *et al.* (1984) con la finalidad de tener un mayor uso en las claves fenológicas (González & Ochoa, 2015). La elaboración de una escala fenológica BBCH en las especies invasoras son primordiales para la investigación por lo que se evidencia un sistema de codificación uniforme en los primeros estadios y la formación de estructuras visibles.

En retamo espinoso no se cuenta con una codificación BBCH, por esta razón se planteó la escala para las primeras fases de desarrollo. Para este trabajo se describió la

fenología en los primeros estadios para *U. europaeus*, registrando los cambios fenológicos durante un año y teniendo en cuenta las variables climáticas de temperatura promedio y humedad relativa con la finalidad de brindar información a futuras investigaciones relacionadas con-esta especie.

El retamo espinoso es una planta heliófila, requiriendo luz para desarrollarse con normalidad, provocando que las ramas inferiores (cubiertas por la sombra superior) mueran y permanezcan secas bajo los arbustos, ocasionando una acumulación de materia seca, siendo altamente inflamable (Castillo, 2008). Las plantas de retamo espinoso demandan alrededor de 18 meses para crecer y desarrollarse (etapa vegetativa) antes de producir las flores (Clements *et al.*, 2001; Torres, 2009). A través de esta investigación se generará un conocimiento básico de la fenología de *U. europaeus*, como punto clave en el control o erradicación, ya que en el municipio de Soacha (Cundinamarca) ha mostrado comportamientos agresivos afectando negativamente el ecosistema y el sector productivo agropecuario (Torres, 2009). Esta investigación tuvo como objetivo analizar la fenología en los primeros estadios de desarrollo de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) bajo condiciones de Fusagasugá, Cundinamarca, y hace parte del proyecto “Diseño de estrategias para el control de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los municipios de Sibaté, Soacha y Pasca” de la Convocatoria COLCIENCIAS 802 Proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica departamento de Cundinamarca.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) está clasificado dentro de las cien especies nocivas invasoras a nivel global, y en el territorio nacional se introdujo como cercas vivas, dispersándose en linderos de fincas, dentro de los cultivos y ecosistemas o zonas de reserva en la región andina (Milquez, 2017). Se ha posicionado como una de las malezas más agresivas de la cual se desconoce un mecanismo o sistema de control eficiente, además de la carencia en las investigaciones dirigida a los primeros estadios fenológicos (Moraste, 2017). Las características morfofisiológicas y ecológicas permiten la adaptabilidad en las nuevas zonas de colonización ya que desplaza las especies de flora y fauna nativas en este espacio (Sanguino, 2018). Lo anteriormente descrito conlleva a la formulación de la siguiente pregunta de investigación:

¿El conocimiento de los primeros estadios fenológicos de desarrollo de *Ulex europaeus* L. bajo condiciones del municipio de Fusagasugá, permitirá posteriormente la implementación de diversas estrategias de manejo de esta especie en las zonas afectadas por su rápida dispersión?

### 3. JUSTIFICACIÓN

Las especies invasoras generan amenazas sobre la diversidad vegetal y especies nativas, perturbando las interacciones de los elementos ambientales (D'Antonio *et al.*, 1992). Una planta exótica es invasora cuando altera el entorno que ha colonizado, teniendo perturbaciones en las especies nativas e influyendo directamente en actividades agrícolas y pastoreo intensivo (Repizzo, 1993; Benavides *et al.*, 2017). Por lo tanto, el retamo espinoso es considerado un grave problema por la influencia nociva sobre los habitantes (plantas y animales) cercanos a los bosques y linderos de fincas.

La escasa información reportada para esta especie en la zona de Soacha limita el desarrollo de mecanismos de control para su erradicación, ya que presenta una afectación en los cultivos aledaños debido a su alta velocidad de dispersión en el territorio. Por ende, esta investigación buscó analizar y describir el comportamiento de esta especie vegetal, creando una escala del tipo BBCH de los primeros estadios de la fenofase vegetativa, con la finalidad de evidenciar los puntos clave para efectuar el manejo de esta y posteriormente contribuir con resultados para el beneficio de la comunidad académica y la zona rural de Soacha, con planes de restauración ecológica contribuyendo a los ecosistemas que han sido degradados por su presencia.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la fenología en los primeros estadios de desarrollo de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) bajo condiciones de Fusagasugá, Cundinamarca.

### **4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Describir la fenología de retamo espinoso (*U. europaeus* L.) en los primeros estadios de la planta.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1. PLANTAS INVASORAS

Uno de los factores de extinción de especies, es atribuido a la aparición de especies invasoras, las cuales causan desequilibrio en el ecosistema entre las especies nativas, con los cambios en la composición, estructura trófica, desplazamiento o establecimiento de las especies nativas en otros ambientes, pérdida en la biodiversidad e incremento del contagio de enfermedades (Gutiérrez, 2006).

La definición de especie invasora ha sido un poco polémica Colautti (2004) y Camelo (2015) definen que *“una planta invasora es aquella que ha sido introducida recientemente y genera impactos de forma negativa sobre las poblaciones nativas donde se presenta la invasión”*. La convención de Diversidad Biológica define una especie exótica invasora como *“Especies no nativas que de forma deliberada o accidental son introducidas en otro hábitat natural”*, donde ellas no pertenecen, realizando una proliferación y dispersión de la población de tal forma causando daños en zonas o en labores del hombre (Convenio de Diversidad Biológica (C.D.B) 1992; Camelo, 2015).

Las especies invasoras tienen peculiaridades de tipo biológico, conllevando a una alta adaptabilidad en diversos ambientes (Hellmann *et al.*, 2008.; Atlan, 2015) argumentan que las especies invasoras exhiben cuatro ciclos fundamentales para la invasión: 1. Fase de transporte, 2. Colonización, 3. Establecimiento, 4. Propagación en el nuevo

hábitat o ecosistema (Camelo, 2015), generando altos costos en el impacto negativo que causan las especies invasoras, por ende los gobiernos generan medidas y restricciones legales con el objetivo de mitigar o prevenir, ya que estas especies se encuentran en todas las categorías de los organismos vivos por lo tanto su capacidad de colonización es alta en el mundo (Gutiérrez, 2006).

### 5.1.1. REPORTE DE ESPECIES INVASORAS EN EL MUNDO

The Global Invasive Data Base (GIDB) cataloga 834 organismos incluyendo grupos biológicos como: insectos, plantas, anfibios, reptiles, en las especies de flora identificadas en la tabla 1, en donde reportan a retamo espinoso en el número 111 en las especies de arbustos.

**Tabla 1.** Especies tipo vegetal reportadas por The Global Invasive Data Base (GIDB 2013; Camelo, 2015).

Numero	Tipo de especie vegetal
45	Plantas del medio acuáticos
4	Especies de palmas
115	Especies de árboles
111	Especies de arbustos
53	Especies de pastos
1	Especie de junco
3	Especies de cañas
124	Especies de hierbas
47	Especies de hierbas
8	Especies de helechos

10	Especies de suculentas
Total	529 especies de tipo vegetal reportados

Conjuntamente otras entidades como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) publicó las cien especies más nocivas e invasoras del mundo, teniendo dos parámetros de selección: la severidad del impacto generado sobre la diversidad de los elementos dentro del ecosistema y actividades que comprendan el recurso humano (agropecuario) (Lowe *et al.*, 2004; Camelo, 2015).

### 5.1.2. PLANTAS INVASORAS EN COLOMBIA

El retamo espinoso (*U. europaeus* L.) es identificado como una de las especies vegetales invasoras más agresivas del mundo. Esta planta tiene una alta capacidad de combustión, ayudando así en la propagación de los incendios forestales generados en los cerros orientales de Bogotá (Castro & Cervera, 2014).

En el mundo se ha constituido una categorización de especies invasoras entre el cual se encuentra el retamo espinoso y se ha introducido en varias regiones altoandinas, con un impacto considerable en la composición y estructura de la vegetación (Amaya & Rengifo, 2010).

En Colombia, el Instituto de Investigación de recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” (2005) declaró especie invasora a la planta retamo espinoso y en el transcurso del mismo año el Jardín Botánico José Celestino Mutis publicó la “Guía

Técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital”. Se ha emitido una lista, principalmente en las resoluciones del Ministerio de Ambiente, donde contiene cuatro grupos entre ellos invertebrados (6) especies, flora (5) especies, anfibios (2) especies y peces (7) especies distribuidas en el territorio (Camelo 2015).

Entre la caracterización de las diez especies más invasoras en Colombia está el retamo espinoso (Baptiste *et al.*, 2010) que forma espesas e impenetrables zonas, muy difíciles de erradicar por sus características ecológicas y fisiológicas afectando los ecosistemas, pasturas y áreas agrícolas (Rees & Hill, 2001; León & Vargas 2009).

### **5.1.3. INTRODUCCIÓN DEL RETAMO ESPINOSO EN COLOMBIA**

Especies como el retamo espinoso fueron traídas a Colombia con la finalidad recuperar suelos, estabilizar terrenos y construir cercas vivas, pero actualmente esta especie vegetal ha causado daños tales como desplazamiento de plantas nativas, la obstaculización de crecimiento de árboles aledaños y el incremento de requerimientos hídricos puede ocasionar el desecamiento de riachuelos en las zonas además la madera que compone este arbusto es altamente inflamable (Torres, 2009). En Colombia generalmente se encuentra en alturas entre 2500 a 3200 msnm, limitada generalmente en la región andina. Los principales departamentos donde se encuentra establecida son Cundinamarca, Antioquia y Boyacá, generalmente se encuentra ligada a potreros en abandono y laderas erosionadas entre otros. Numerosas características

de esta especie exponen la alta capacidad competitiva y la problemática del control y erradicación (Ríos & Vargas 2003; Sánchez & Vargas 2007). Se destaca una alta producción de flores, frutos y semillas, durante todo el año. Establece un banco de semillas latente, que puede durar en el suelo cerca de 30 años, siendo reportado en zonas templadas (Mac Carter & Gaynor 1980; Díaz & Vargas, 2009). El banco puede iniciarse cuando se genera un incendio natural originado por el gran aumento de materia seca que almacena en las ramas como en el suelo (Ríos, 2002; Sánchez & Vargas, 2007), todo esto conduce en una replantación de la población. Al establecerse en un ecosistema, esta planta invasora genera un desplazamiento de las especies nativas, modificando el suelo, ya que cuenta con una gran capacidad de penetración por sus raíces y la fijación de nitrógeno atmosférico (Ríos, 2002).

## 5.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica del retamo espinoso, según Bonilla (2016) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophita

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabáceas

Género: *Ulex*

Especie: *europaeus*

### **5.2.1. DESCRIPCIÓN DE RETAMO ESPINOSO (*Ulex europaeus* L.)**

#### **5.2.2. RAÍZ**

El sistema radical de esta planta está calificado como superficial, dado que en su gran mayoría sus raíces se encuentran en los primeros diez centímetros, sin embargo, la raíz principal alcanza una profundidad de treinta centímetros, *U. europaeus* L. cuenta con un amplio sistema de raíces laterales con nódulos fijadores de nitrógeno y además el complemento de este sistema radical son raíces adventicias las cuales descienden de las ramas más bajas (Pemberton, 1990; Duhart, 2012).

#### **5.2.3. TALLO**

*U. europaeus* L. es una planta perenne, caracterizada por ser un arbusto leñoso, que puede alcanzar una altura de 4 a 5 m (Hoshovsky 1989; Aguilar, 2010), que puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas a las que se encuentre expuesto. Esta planta tiene un crecimiento simpodial, las ramas son erectas o ascendentes y cuando cambia el estadio fenológico a la fase adulta, los tallos adquieren grosor y son fuertemente angulados (Mora, 2017).

#### **5.2.4. HOJAS**

Son estructuras fotosintéticas, presentándose en forma de roseta compacta por tres foliolos que tienen forma acicular (Ortiz, 2019), las cuales van siendo remplazadas por filodios espinosos que pueden tener una longitud entre 1 a 5 cm, las cuales son blandas en sus primeros días de formación, aunque con el pasar del tiempo son rígidas y surcadas, las cuales tienden a ramificarse en espinas secundarias y terciarias (Clements 2001; Rojas, 2020), la filotaxia de estas se encuentra distribuida en tres espinas por espiral, dispuestas por espirales en las ramas. La distancia entre espirales varía de 1 a 5 cm y el número de brotes es directamente proporcional los brotes al número de espirales (Tarayre *et al.*, 2007).

#### **5.2.5. FRUTOS**

Los frutos de retamo espinoso son legumbres, con vainas de color negro y una longitud de 1 a 2 cm, con alrededor de 6 a 7 semillas con coloraciones oscuras (verdes, café o negro) y forma oblonga con una longitud de 2 mm, la dehiscencia de las vainas generalmente es explosiva, luego ellas caen para su posterior descomposición (Tarayre *et al.*, 2007).

#### **5.2.6. SEMILLAS**

Las semillas de retamo que quedan expuestas en el suelo pueden llegar a formar bancos de semilla latentes durante 20 años aproximadamente, estas tienen un arilo y un elaiosoma en la estructura. Hay diferentes vectores que ayudan a la diseminación de las semillas, como viento, agua, animales, maquinaria y el hombre, contribuyendo a su dispersión en diferentes zonas, forma bancos de semillas persistentes, lo que implica que más de un 80% permanecen viables en el suelo. La pérdida de latencia se ve influenciada por incendios permitiendo una rápida proliferación. En Colombia aún no se presentan depredadores o controladores naturales. Un individuo puede producir entre 600 y 1800 semillas al año (León & Vargas, 2009).

### **5.3. ESCALA FENOLÓGICA**

La fenología comprende la ciencia que investiga los cambios que evidencian los organismos a lo largo del tiempo, la fenología de plantas implica la observación, registro e interpretación de eventos como la formación de hojas, flores y frutos, y el análisis de los factores bióticos y abióticos. Los patrones fenológicos incluyen el instante del suceso, la frecuencia, duración y grado de sincronía de cada fase.

El Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana y su equipo de trabajo desarrollaron el código decimal, dividiéndose en fases de crecimiento principales y secundarios, desarrollado por Zadoks *et al.* (1974). La escala BBCH se fundamenta en un código decimal estableciendo el desarrollo de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas en

sus etapas fenológicas. Los cambios fenológicos son diez: la germinación, el desarrollo vegetativo que describe el desarrollo de hojas (etapa 1) y brotes (etapa 3), incluyendo el desarrollo de flores (etapa 5), floración (etapa 6) y desarrollo del fruto (etapa 7).

Las etapas principales de crecimiento especifican ciclos amplios en el desarrollo de la planta, por lo que no son los más adecuados para definir fechas de evaluación. Los estadios secundarios se emplean en la descripción detallada de los periodos cortos de desarrollo, con una codificación de 0 a 9, la combinación de los dígitos en la etapa principal de crecimiento y el número de un estadio secundario arrojan el código digital de 2 dígitos, precisando y definiendo todos los estadios fenológicos para la mayoría de las especies de plantas (Meier, 2018).

La escala BBCH permite relacionar códigos individuales solo dentro de un estadio principal de crecimiento: *un código aritmético mayor describe con relación a un código aritmético menor un estadio fenológico más avanzado de la planta*, es decir que cuando el código es mayor señala que el individuo es más activo fisiológicamente en comparación a un código bajo. Colocando los códigos de forma ascendente, estableciendo una lista en función de la madurez fisiológica de la planta.

La descripción de un estado de crecimiento está basada en los caracteres principales de una planta individual. Si la escala es realizada para describir una fase de desarrollo en una población de plantas, la descripción debe tomar el 50% de las plantas, por lo

que, los distintos grupos de plantas arrojan mayores diferencias en el desarrollo.

## **5.4. FACTORES ABIÓTICOS**

La fenología estudia el acontecimiento de eventos biológicos repetitivos y su relación con factores bióticos y abióticos. Conocer el comportamiento fenológico de las poblaciones vegetales ayuda a entender su dinámica y a establecer la disponibilidad de recursos a lo largo del tiempo (Morellato *et al.*, 2000). Diversos estudios se han enfocado en describir la fenología de las palmas y su relación con factores ambientales en diferentes entornos (Rojas & Stiles, 2009), evidenciado que los eventos fenológicos de las plantas se asocian con distintas variables ambientales.

### **5.4.1. TEMPERATURA**

Las comunidades invasoras se caracterizan por ser bastantes complejas, sus dinámicas están estructuradas por componentes bióticos y abióticos que interactúan permanentemente con múltiples escalas ecológicas. El éxito de la invasión radica en los nutrientes, agua y luz; teniendo niveles por encima de los requeridos (Renne *et al.*, 2006).

En las semillas de retamo espinoso el proceso de germinación ocurre en cualquier época del año, una planta con más de tres años genera 600 y 1800 semillas anuales (Scott, 2005), Algunas semillas se incorporan en el suelo en una profundidad de 5 a 10 cm, lo que corresponde a un banco de semillas que puede germinar (Rees & Hill, 2001). La terminación del estado de dormancia es generada por cambios de la

temperatura y entrada de luz, estimulando la semilla para la germinación (Zabaleta, 2007).

La semilla de retamo posee una cubierta dura que es impermeable al agua, siendo un factor limitante para la germinación, es por lo que se desarrollan métodos para debilitar la capa, entre ellos la aplicación de altas temperaturas que podrían facilitar el proceso de germinación en la semilla (Keeley *et al.*, 2005).

En Nueva Zelanda han realizado diferentes pruebas para determinar la cantidad de semillas que germinan bajo diferentes tratamientos como las temperaturas disimilares y la escarificación mecánica. Los resultados arrojaron que en altas temperaturas y un proceso de escarificación mecánica se genera una mayor germinación de la semilla (Sixtus *et al.*, 2003). Investigaciones realizadas por Alpine & Timmins (2002) reportan que las semillas de retamo espinoso que han sido expuestas a temperaturas superiores a los 160 °C por diez minutos tienen una alta germinación, sin embargo, en temperaturas de 140 °C por cinco minutos ocurre un 50% de germinación.

#### **5.4.2. HUMEDAD RELATIVA**

La humedad relativa es un factor determinante en la maduración de las plántulas del retamo espinoso que generalmente crece en condiciones de luz, calor, suelos ligeramente secos y ácidos (pH 3,5 – 5,5) con porcentajes de materia orgánica que pueden alcanzar el 4%, y generalmente su distribución se da por la temperatura. Crece bien en pendientes con alta humedad y buen drenaje, como, por ejemplo, en

suelos degradados o intervenidos como al costado de carreteras y canales, pastizales, terrenos inundables y bosques despejados. Su crecimiento óptimo se encuentra en un pH entre 4,5 a 5, en condiciones de abundante humedad en el suelo y laderas sombreadas. En escalas de trabajo más pequeñas, Sánchez & Vargas (2007) determinaron que el uso de polisombra mantiene una temperatura baja y relativamente constante y una humedad relativa alta, lo cual puede limitar el establecimiento de las plántulas de retamo espinoso al interferir con las señales necesarias para que las semillas rompan la dormancia y germinen. Variables como la humedad relativa y la temperatura influyen en la inflamabilidad de las coberturas vegetales como combustible (León & Vargas, 2009).

#### **5.4.3. LUZ**

Como es fundamental la dependencia de la luz para el adecuado desarrollo del retamo espinoso, estas no colonizan lugares cubiertos por dosel y tienden a desarrollarse en lugares abiertos como lo son los bordes de carretera y corredores, por lo que uno de los controles recomendados es el sombreado que forman plantas de rápido crecimiento o por medios artificiales (Dama, 2002; Sánchez & Vargas, 2007).

El retamo espinoso es una especie heliófila, siendo necesaria la luz para desarrollarse con normalidad, lo que provoca que las ramas inferiores (cubiertas por la sombra superior) mueran y permanezcan secas bajo los arbustos, provocando acumulación de materia seca, siendo altamente inflamable (Castillo, 2008). La semilla no requiere luz para germinar, pero sí influye el aumento de temperatura ya que al eliminar la

vegetación esta permite que la luz solar se irradie desencadenando el proceso de germinación a gran escala, de 5 a 10 cm del banco de semillas (Hill, 2010).

En investigaciones realizadas por Rolston & Sineiro (1974) y Cárdenas (2004) se encontró que las semillas de *U. europaeus* L. no necesitan luz para germinar. Otros autores señalaron que en estado de plántulas dependen de la disponibilidad de luz para desarrollarse mejor y que las condiciones de plena sombra reducirán su tasa de supervivencia (Valladares *et al.*, 2003). Cuando estas se encuentran bajo condiciones de fotoperiodos cortos o poca luz, la formación de espinas es reducida, éstas son menos coriáceas y se inhibe la maduración y la formación de flores (Rees & Hill 2001; Cárdenas, 2004). El efecto del sombreamiento en retamo espinoso y la competencia intraespecífica por los fotones de luz son factores importantes para el óptimo desarrollo de las plantas al igual que el recurso hídrico y los nutrientes (Millener 1961 en Cárdenas, 2004). De acuerdo con esto, el sombreado artificial no afectaría la germinación, pero sí estuviese relacionado con el crecimiento y la resistencia de las plántulas de *U. europaeus* L.

La competencia por la luz puede ser una forma de controlar el desarrollo de especies invasoras, controlando así la trayectoria de sucesión, porque la mayoría de las especies exóticas progresan en un ambiente abierto y no toleran la falta de luminosidad (Fine, 2002). Cuando hay nutrientes y agua en el medio, la competencia por la luz es uno de los principales factores que afectan el crecimiento de las plantas. Debe tenerse en cuenta que solo un recurso que es diferente del agua y los nutrientes del suelo no está almacenado. La luz en forma de fotones está disponible por un corto

tiempo, si la hoja no usa el fotón, perderá la energía para la fotosíntesis. Por lo tanto, el factor más importante en la competencia por la luz es la ubicación de las hojas (Radosevich & Holt, 1984; Ballaré & Casal, 2000; Clark & Bullock, 2007). Dado que la luz es un recurso altamente direccional, la competencia es asimétrica, lo que significa que la especie más grande tiene un mayor impacto en las especies más pequeñas (Freckleton & Watkinson, 2001; Park *et al.*, 2003).

Algunos experimentos han demostrado que la luz es un componente muy importante en el desarrollo de *U. europaeus* L. Según la descripción Skipper (1922) y Díaz & Vargas (2009), los tallos de los arbustos son delgados y curvados en la sombra, la proporción de xilema y esclerénquima es menor, los cuerpos de clorofila en las células de empalizada se reducen, las hojas por unidad de superficie son más delgadas y estrechas, con cada vez menos estomas, lo cual está relacionado con las investigaciones realizadas por Millerer (1961) y Díaz & Vargas (2009) sobre el momento en que las plántulas reciben luz, y con el estudio de Ivens (1978) y Díaz & Vargas (2009), quienes encontraron que las plántulas de retamo espinoso a la sombra muestran el 1% de la biomasa que acopian las plantas en un área abierta.

Aunque se ha demostrado que la sombra afecta la expresión y el desarrollo de las plántulas de *U. europaeus* L. (Skipper 1922; Sánchez & Vargas, 2007), particularmente de la sombra del dosel, no solo cambiará la cantidad de luz que llega al sitio, al igual que la calidad correspondiente en la longitud de onda de rojo y rojo lejano, la cual es eficaz para la fotosíntesis (Díaz & Vargas, 2009). El aumento de elongación del tallo es el mecanismo morfofisiológico que capta mucha luz, por lo

que la morfología cambia en el caso de retamo espinoso; los folíolos se mantienen, además, no hay suficientes recursos para producir biomasa de espinas y raíces, teniendo una reducción en la longitud (Díaz & Vargas, 2009). Estas plántulas tienen menos biomasa para absorber nutrientes y agua, pueden ser susceptibles a infectarse por *Rhizobium* sp, siendo más fácil la erradicación manualmente (Sánchez & Vargas, 2007; Díaz & Vargas, 2009).

### **5.5. ESTRATEGIAS BÁSICAS PARA EL CONTROL DE RETAMO ESPINOSO**

Las plantaciones de retamo espinoso son prácticamente imposibles de erradicar. Sin embargo, la especie presenta características básicas para el control, siendo una de ellas el agotamiento del banco de semillas, juntamente con un control en las plántulas desarrolladas; estas estrategias podrían contribuir en la reducción de la propagación, ya que se interviene en la biomasa epigea de las plántulas que rebrotan (Díaz & Vargas, 2009). Otra estrategia podría ser el uso de los predadores originarios nativos, utilizados en programas de control biológico (Norambuena & Piper, 2000; Sánchez & Vargas, 2007).

## **5.6. MARCO LEGAL**

### **5.6.1. LEGAL INTERNACIONAL**

Existen algunos instrumentos internacionales que consideran de manera específica el tema de especies invasoras; la literatura menciona 45 que son vinculantes para muchos países, que deben ser conocidos por las personas interesadas en temas de introducción en el trasplante y las especies invasoras, puesto que para las actividades de comercio y transporte se generan obligaciones que los países deben dar cumplimiento.

1. Convención internacional para la protección de las plantas enmendada en 1997
2. Acuerdo sobre las medidas para la conservación de la flora y fauna antártica
3. Convención Benenleux para la conversión y la protección de la naturaleza y la tierra
4. Convención sobre especies silvestres migratorias
5. Acuerdo de los estados unidos para el libre comercio-NAFTA (1982)
6. Protocolo para la conservación y administración de las áreas marinas y costeras protegidas del pacifico sudeste.
7. Convención sobre la diversidad biológica
8. Código de conducta para la importación y liberación de agentes biológicos de control

9. Acuerdo para la aplicación de las medidas sanitarias y fitosanitarias (Marakech, 1995).
10. Directrices de la IUCN para la prevención de la pérdida de la biodiversidad, por las especies invasivas (2000) (Gutiérrez, 2006).

### **5.6.2. LEGAL NACIONAL**

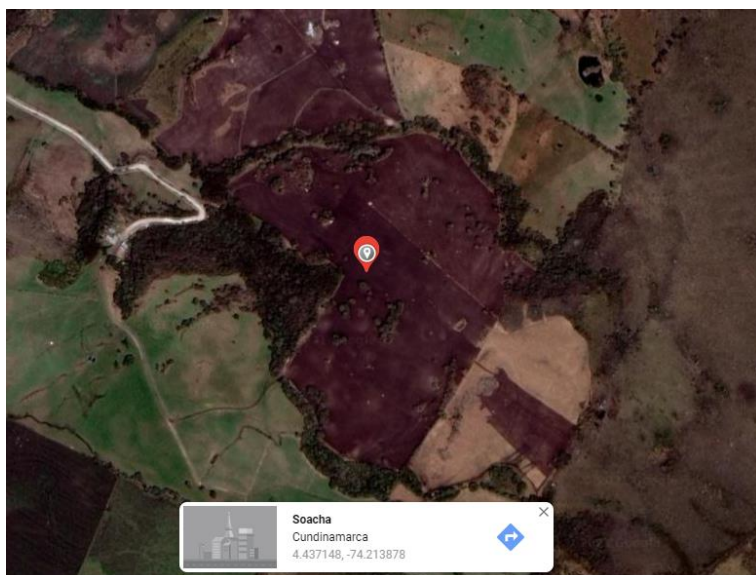
La CAR impone la resolución 469 de 2009, en la cual se especifica la prohibición en plantaciones, trasplante, venta, distribución y comercialización de las especies invasoras de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) y retamo liso (*Teline monospessulana*). La Corporación Autónoma Regional (CAR) además establece asociaciones con entidades como Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), Secretaría de Ambiente (SDA), JBBJCM (Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis), Cuerpo Oficial de Bomberos, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD), Instituto Distrital para la Protección de la Niñez y la Juventud (IDIPRON), con la finalidad de desarrollar planes de acción que contribuyan a la rehabilitación de terrenos que han sido objeto de incendios forestales, invasión de especies como retamo (Pontificia universidad Javeriana-Escuela de Restauración Ecológica, Secretaría Distrital de ambiente, 2010; Rodríguez *et al.*, 2019). La Secretaría Distrital del Ambiente prohíbe la plantación, trasplante, distribución y comercialización de las

especies de retamo consideradas como invasoras, se adoptan disposiciones según resolución 76151 de 2009 Artículo 1 (Aguilar, 2010; Rodríguez *et al.*, 2019).

## 6.DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Las semillas de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) fueron recolectadas en la zona rural del municipio de Soacha, Cundinamarca presentando una temperatura promedio de 16°C y humedad relativa de 86% (figura 1), se trasladaron posteriormente al municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, donde se desarrolló el proyecto (figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del lugar donde se recolectaron las semillas de retamo espinoso municipio de Soacha, Cundinamarca, vereda Alto de la Cabra, (4°26'13''N y 74°12'50''W).

### 6.2. MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO

- Material vegetal (semillas de retamo espinoso).
- Recipientes de almacenamiento.
- Sustrato de turba.
- Bandejas de germinación.

- Agua.
- Computador.
- Cámara fotográfica.
- Materas.

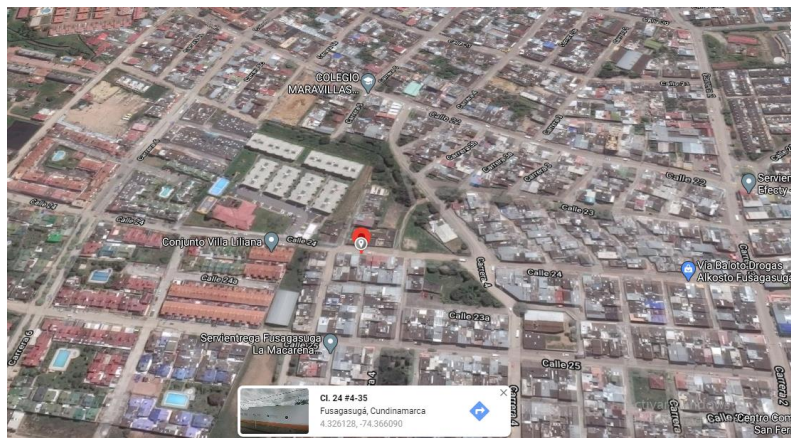
### 6.3. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca con semilla sexual de retamo espinoso (*U. europaeus* L.) proveniente de las plantas que se colectaron en el municipio de Soacha, Cundinamarca, vereda Alto de la Cabra (4°26'13''N y 74°12'50''W).

El material vegetal (vainas que contienen las semillas) se almacenó en un material plástico en campo para su posterior traslado, seguido a esto se inició al desgrane de las vainas con el fin de obtener las semillas.

Para iniciar la fase de germinación, se utilizó una bandeja de 128 alveolos, con sustrato de turba para su establecimiento y en el análisis fenológico se hizo uso de herramientas tecnológicas como cámara fotográfica y equipo de cómputo donde se registraron los cambios semanalmente.

La descripción de la fenología se llevó a cabo en el municipio de Fusagasugá con el material suministrado del municipio de Soacha, tomando como variables climáticas la temperatura mínima, la temperatura máxima y la humedad relativa promedio semanal, con datos suministrados por la NASA *Prediction of Worldwide Energy Resources* (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), con el fin de observar los cambios visibles en los primeros estadios fenológicos de las plantas (figura 2).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la zona de estudio donde se llevó a cabo la descripción fenológica de retamo espinoso bajo condiciones del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

Las plantas de retamo se ubicaron en un sitio bajo condiciones de sol directo, debido a su carácter heliófilo, en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca.

Para el análisis de la fenología se realizó un análisis visual, registrando los aspectos fenológicos que presentaron las plantas donde se contó con 75 individuos hasta el final del experimento, y de acuerdo con la literatura de escalas de desarrollo, la descripción para una población de plantas debe presentarse en el 50% de estas, es decir que, para las 75 plantas, los cambios fueron registrados cuando 38 de ellas lo presentaron (Hess *et al.*, 1997). Estos datos se tomaron semanalmente, consignado al detalle los cambios presentados por las plantas de acuerdo con las condiciones ambientales, y se consignaron en una bitácora, anotando las características en cada una de las observaciones realizadas como: pérdida de cotiledones, aumento en el

número de hojas, número de rebrotes y aparición de espinas. Tomando como base la escala BBCH en el capítulo de estadios fenológicos de desarrollo de las malas hierbas (Hess *et al.*, 1997) conjuntamente se llevó una evidencia fotográfica durante el tiempo del experimento, con lo cual se propuso una escala fenológica para retamo espinoso durante la fase de emergencia y el inicio del desarrollo vegetativo en un lapso de un año (2020-2021).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de los aspectos fenológicos de las plantas involucra la observación, registro y la interpretación de cada proceso fenológico como: formación de hojas, espinas, ramas axilares, flores y frutos, correlacionados con los factores bióticos y abióticos, que intervienen en cada etapa.

Una vez realizada la recolección de datos, enfocados hacia los cambios fenológicos de la especie *Ulex europaeus* L. bajo las variables de temperatura y humedad relativa, se procedió a describir los cambios fenológicos, catalogándolos como: V<sub>0</sub> germinación, V<sub>1</sub> y V<sub>3</sub> desarrollo de hojas y elongación del tallo, y finalmente V<sub>2</sub> formación de espinas y brotes laterales, para las condiciones ambientales de Fusagasugá, Cundinamarca, durante el lapso comprendido en los años 2020 y 2021, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Variación de los cambios fenológicos y las variables climáticas estudiadas en el municipio de Fusagasugá para el año 2020-2021 ( *Fuente: Los autores*).

<i>Etapa de desarrollo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Temperatura promedio • C</i>	<i>Humedad relativa %</i>
V <sub>0</sub>	Germinación	20,77	80,42
V <sub>1</sub> /V <sub>3</sub>	Desarrollo de las hojas (tallo principal) Elongación del tallo	20,35	82,30
V <sub>2</sub>	Formación de espinas y brotes laterales	18,76	87,29

## 7.1. GERMINACIÓN

En la etapa de desarrollo  $V_0$  correspondiente al inicio de la germinación, se registraron las condiciones de temperatura promedio de 20,77 °C y una humedad relativa del 80,42 % (tabla 2.), lo que desencadenó la etapa de germinación causando probablemente el fin del estado de latencia de la semilla. Este proceso ocurrió a los quince días después de la siembra y se extendió alrededor de doce días más, después de la primera brotación donde se obtuvo como resultado un 15,6 % de germinación de la semilla, debido a que las condiciones climáticas no favorecieron el aumento de la velocidad en el estado de germinación. Las plántulas que emergieron primero pudieron verse beneficiadas por las condiciones del lugar, algunas semillas tardan más en germinar, por lo que cambia el número de semillas germinadas. Con relación a la humedad relativa, Sánchez & Vargas (2007) determinaron que el uso de polisombra mantiene una baja temperatura que es constante y una humedad relativa alta, lo cual puede limitar el establecimiento de las plántulas de retamo espinoso al interferir con los elementos necesarios para que las semillas rompan la latencia. La germinación agrupa diferentes fenómenos por los cuales el embrión, se encuentra en estado de vida latente dentro de la semilla, reaviva su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula (Courtis, 2013). Para la germinación de una semilla deben cumplirse las siguientes condiciones: la viabilidad del embrión y condiciones externas favorables (Orellana & Valdivia, 2017).

Existen diversos factores que influyen en el proceso de la germinación tales como: temperatura, agua, oxígeno y presencia de luz. Según Ballini (1992 en Baeza, 2001) los componentes que intervienen en la maduración de las plántulas de *Ulex europaeus* L. son la temperatura y la humedad relativa. Las variaciones en temperatura pueden presentar resultados positivos o negativos sobre la germinación de la semilla, ya sea disminuyendo su viabilidad o activando la germinación. Cárdenas (2004) demostró que entre 60 y 120°C se fragmenta la dormancia por eliminación de la cubierta seminal y se estimula la germinación, en condiciones de laboratorio, lo cual también es descrito en algunos proyectos de investigación en los que se demuestra que el incremento de la temperatura actúa como estímulo para la germinación.

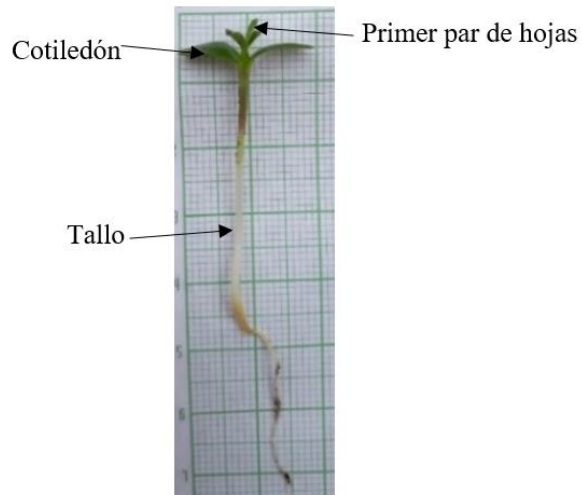
En las especies invasoras, un cambio de temperatura o una alta entrada de luz, termina el estado de dormancia de las semillas, lo que estimula la germinación en individuos que pueden permanecer en el suelo durante décadas (Zabaleta, 2007).

## **7.2. ESTRUCTURAS VEGETATIVAS**

### **7.2.1. DESARROLLO DE LAS HOJAS Y ELONGACIÓN DEL TALLO**

El desarrollo de la plántula de retamo espinoso se evidenció luego de la emergencia del hipocótilo, tomando una curvatura con sus hojas plegadas, 18 días después de la siembra (18 DDS) (figura 3), siendo esta una característica que presentan las

plántulas de las dicotiledóneas para proteger su frágil vértice del tallo cuando este emerge del suelo a la superficie (Solomon *et al.*, 2001).



**Figura 3.** Presencia de cotiledones y primer par de hojas de retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

A los 18 DDS aparecieron las hojas cotiledóneas de forma ovalada, borde liso y color verde oscuro; posteriormente en el día 25 DDS, se observó el primer par de hojas verdaderas, con forma trifoliada de tipo pédatisecta y borde entero, cuya posición es opuesta a los cotiledones, con presencia de vellosidades en la lámina foliar (figura 4).



**Figura 4.** Primer par de hoja trifoliada, opuesta a los cotiledones y nuevos rebrotes en retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

El segundo par de hojas trifoliadas apareció a los 42 DDS, siendo opuesto al primer par de hojas. Estas son trifoliadas aciculares, con intensidad en el color (figura 5).



**Figura 5.** Formación del segundo par de hojas trifoliadas en retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

A los 56 DDS la planta presentó tres pares de hojas verdaderas, con una clorosis leve en uno de los cotiledones, evidenciando la formación de un par de hojas semanalmente. Posteriormente 133 DDS la planta contó con 15 pares de hojas, ocurriendo la pérdida total de los cotiledones y el primer par de hojas verdaderas (figura 6).



**Figura 6.** Pérdida total de cotiledones y presencia de quince pares de hojas verdaderas de retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

Para el día 161 DDS la planta presentó un marchitamiento en la parte baja de la planta causando la pérdida de cuatro pares de hojas verdaderas, fenómeno presentado con una temperatura ambiente de 18,76 °C. Este cambio se atribuye al bajo nivel de temperatura, ya que el retamo espinoso es una planta heliófila y necesita de niveles óptimos para que todos sus estados fisiológicos se lleven a cabo de forma adecuada (Dama, 2002). También se observó que en el sitio donde se encontraban ubicadas las plantas, estas presentaron una curvatura en el tallo denominado fototropismo positivo debido a una fuente de luz cercana (figura 7).



**Figura 7.** Marchitez de hojas en la parte baja de la planta de retamo espinoso a los 161 DDS (Fotografía: Los autores).

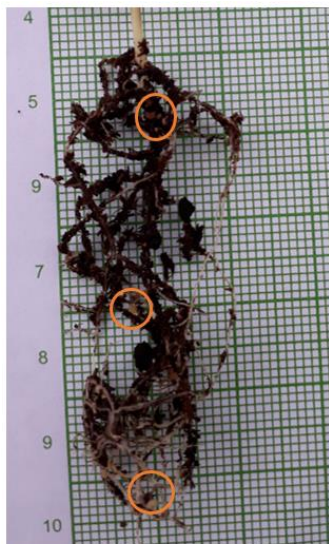
### **7.2.2. DESARROLLO RADICULAR**

A partir de la germinación, se evidenció un crecimiento constante de la radícula (tabla 3), en las plantas que fueron extraídas del sustrato, mostrando una raíz primaria, gruesa y muy profunda en los primeros meses seguidos a la germinación (Rojas, 2020).

**Tabla 3.** Crecimiento de la radícula en plántulas de retamo espinoso, desde los 18 a 49 días después de siembra (DDS) bajo condiciones de Fusagasugá (Cundinamarca) (*Fuente: Los autores*).

<i>Días después de siembra (DDS)</i>	<i>Longitud de la radícula (cm)</i>
<b>18</b>	3,7
<b>34</b>	4,2
<b>49</b>	5,0

A los 18 DDS y 34 DDS se observó la aparición de raíces laterales o de primer orden, con cortas ramificaciones en la zona basal de la raíz. A los 77 DDS la planta de retamo mostró un sistema radical con una raíz principal abundantemente ramificada y raíces secundarias con derivaciones, además de abundantes estructuras nodulares debido a que *U. europaeus* L. pertenece a la familia de las Fabáceas (figura 8). Los nódulos radiculares funcionan como órganos simbióticos y constituyen relaciones mutualistas con las bacterias fijadoras de nitrógeno. Los modos de organogénesis de los nódulos son diferentes de los del desarrollo de las raíces laterales (Soyano *et al.*, 2021).



**Figura 8.** Presencia de nódulos en la raíz y raíces laterales de retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

El desarrollo de la planta mostró un comportamiento directamente proporcional en el aumento del número de hojas y desarrollo radical. En la etapa de desarrollo  $V_1$  se presentó una temperatura promedio en el ambiente de  $20,35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $82,30\%$  (tabla 2), estas etapas estuvieron sincronizadas con el desarrollo vegetativo, de tal manera que la aparición de las primeras ramificaciones coincidió con la horizontalidad del primer par de hojas y así mismo con la formación de ramificaciones laterales y el segundo par de hojas.

Para el tercer par de hojas se observó una abundante ramificación de las raíces secundarias, y este proceso sucedió consecutivamente hasta el fin de las observaciones. El crecimiento vertical de la raíz principal y el desarrollo de las raíces

laterales en las plántulas de retamo espinoso es característico del sistema radical de las plantas dicotiledóneas, llamado sistema de raíces primarias persistentes, lo cual permite a la planta un mejor aprovechamiento de la humedad en el suelo ya que presenta mayor superficie de contacto.

### **7.2.3.ASPECTOS GENERALES DEL DESARROLLO DE LA PLANTA**

Los resultados obtenidos evidencian los tiempos de desarrollo, duración de los estadios y tiempo fisiológico de aparición de cada una de las estructuras. A los 105 DDS la planta tuvo un crecimiento continuo, con dirección ortotrópica y filotaxia opuesta decusada, mostrando un color verde oscuro debido a su actividad fotosintética.

A los 119 DDS la planta presentaba trece pares de hojas verdaderas, y al mismo tiempo ocurrió el entorchamiento de las hojas verdaderas generando la formación de espinas, las cuales tenían características poco rígidas en su conformación inicial, presentándose en el tercio superior de la planta, (figura 9a). Posteriormente en el día 154 (DDS) donde se presentaban 18 pares de hojas verdaderas, se evidenció la totalidad del entorchamiento de las hojas en todos los tercios de la planta. A medida que se desarrollaba el proceso de endurecimiento de las hojas para la formación de espinas, sucedía la pérdida de las hojas bajas (figura 9b).



**Figura 9.** a) Evidencia del proceso de entorchamiento de la lámina foliar. b) Formación de espinas en el tercio superior, medio y bajo de la planta de retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

El retamo espinoso es una especie que se caracteriza por ser heliófila, lo que significa que requiere una gran cantidad de luz para su desarrollo, por lo tanto, las ramas inferiores que se ven expuestas al sombreado por las ramas superiores sufren marchitamiento y muerte, lo que crea una acumulación de materia seca que, adicional a su contenido de aceites y semillas inflamables, produce un alto índice de riesgo a incendios (Castillo, 2008).

A los 231 DDS, la planta de retamo espinoso presentaba 27 pares de hojas y se dio la formación de la etapa de desarrollo  $V_2$ , presentándose con una temperatura ambiental promedio de  $18,76\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $87,29\%$  (tabla 2), generándose la primera rama axilar en el tercio medio de la planta.

Continuando con su crecimiento y a los 280 DDS, se observó una segunda formación axilar, contando con 34 pares de hojas (figura 10).



**Figura 10.** Desarrollo de los brotes axilares y presencia de espinas en toda la estructura de la planta de retamo espinoso (Fotografía: Los autores).

A los 315 DDS se tuvieron en las plantas, cuatro ramas axilares y 36 pares de hojas, siendo rígidas las espinas y se dio la formación de las espinas secundarias en el tercio inferior de la planta. 377 DDS, la planta contó con cuarenta pares de hojas verdaderas, nuevos rebrotes y la formación de espinas dado por el entorchamiento foliar en toda la planta, además presentando 12 estructuras de ramas axilares y una

gran formación de las espinas secundarias en la parte baja de la planta. Todos estos cambios se sucedieron consecutivamente hasta el fin de las observaciones. A continuación, en la tabla 4 se presenta el resumen de los cambios ocurridos en las plantas de retamo espinoso durante el período de evaluación.

**Tabla 4.** Recopilación de datos fenológicos de retamo espinoso (*U. europaeus* L.) durante el lapso 2020-2021 (*Fuente: Los autores*).

<b>Tiempo de aparición (Días después de siembra DDS)</b>	<b>Cambio fenológico</b>	<b>Descripción</b>
<b>18</b>	Emergencia del hipocótilo	El hipocótilo toma una curvatura con sus hojas plegadas, siendo esta una característica que presentan las plántulas dicotiledóneas para proteger su frágil vértice del tallo cuando este emerge del suelo a la superficie. Las hojas cotiledóneas son de forma ovalada, borde liso y color verde oscuro (Figura 3).
<b>25</b>	Aparición del primer par de hojas verdaderas	Se observó el primer par de hojas verdaderas, de forma trifoliada tipo pédatisecta, y borde entero, con posición opuesta a los cotiledones y presencia de vellosidades en la lámina foliar (Figura 4).
<b>42</b>	Aparición del segundo par de hojas trifoliadas	El segundo par de hojas trifoliadas son opuestas al primer par de hojas, con intensidad en el color verde oscuro (Figura 5).
<b>77</b>	Crecimiento constante y vertical de la radícula, con desarrollo de	Las plantas mostraron una raíz principal con abundante ramificación y raíces secundarias con derivaciones, las cuales desarrollaron

	estructuras nodulares.	abundantes estructuras nodulares (Figura 8).
<b>119</b>	Desarrollo de 13 pares de hojas verdaderas, ocurriendo el entorchamiento de las hojas, que generaron la formación de espinas.	La planta tuvo un crecimiento continuo, con dirección ortotrópica y filotaxis puesta decusada, mostrando un color verde, al mismo tiempo ocurrió el entorchamiento de las hojas dando como resultado la formación de espinas, siendo rígidas en su conformación y se presentaron en el tercio superior de la planta (figura 9a).
<b>133</b>	Desarrollo de 15 pares de hojas verdaderas y pérdida de cotiledones	La planta desarrolló 15 pares de hojas, ocurriendo la pérdida total de los cotiledones y el primer par de hojas verdaderas (Figura 6).
<b>154</b>	Entorchamiento de las hojas en toda la planta	Se presentaron 18 pares de hojas verdaderas y se evidenció la totalidad del entorchamiento de las hojas en todos los tercios de la planta. A medida que se desarrollaba el proceso de endurecimiento de las hojas para la formación de espinas, sucedía la pérdida de las hojas bajas (Figura 9).
<b>161</b>	Marchitez de las hojas de la parte baja de la planta	Se presentó la pérdida de cuatro pares de hojas verdaderas, atribuido al descenso de la temperatura, ya que el retamo espinoso es una planta heliófila y requiere luz directa para su desarrollo (Figura 7).
<b>377</b>	La planta cuenta con 40 pares de hojas verdaderas, nuevos rebrotes y la formación de espinas dado por el entorchamiento	La planta desarrolló 12 estructuras de ramas axilares y una gran formación de las espinas secundarias en la parte baja de la planta (Figura 10).

	foliar.	
--	---------	--

*Ulex europaeus* L. Generalmente tiene una alta tasa de crecimiento en casi todas sus etapas, incluso si el individuo detiene la producción, se puede garantizar la posibilidad de supervivencia durante muchos años, a través de la reproducción asexual que se puede dar por estolones y tallos adventicios, cuya parte pueden rebrotar y dar lugar a nuevas plantas que florecerán antes de seis meses (Barrera, 2011).

Los estudios de Tarayre (2007) y Atlan *et al.* (2015) indican que, en los trópicos al no presentar estacionalidad, los cambios en el ciclo fenológico se atribuyen a muchos factores, como el clima y las condiciones del lugar, pero debido a la heredabilidad, el factor más influyente es el genético, es decir que, entre individuos de la misma población se puede presentar un desarrollo atípico, por lo que algunos consiguen estar en etapa vegetativa y otros en fase reproductiva. Este proceso también puede verse influenciado por la altura sobre el nivel del mar u otros cambios abióticos en donde se encuentre el individuo (Ocampo & Solorza, 2017).




#### **7.2.4.ESCALA FENOLÓGICA**




La escala BBCH se establece mediante un código decimal describiendo el desarrollo de la planta en sus etapas fenológicas (Meier, 2018). En la tabla 5 se detallan los




primeros estadios de desarrollo fenológico en *U. europaeus* L. para el período de evaluación en los años 2020 y 2021.




**Tabla 5.** Descripción de los cambios fenológicos para retamo espinoso 2020-2021



(Fuente: Los autores)

Código	Días después de la siembra (DDS)	Descripción	Figura
		<i>Estadio principal 0</i>	<i>Germinación</i>
00	00	Semilla seca, de color café brillante con una forma oval peso de 6 mg y una longitud de 2 mm.	
05	15	Los órganos de multiplicación vegetativa comienzan a emerger. Las hojas cotiledonares presentaban una coloración verde, forma ovalada con borde entero.	
09	18	La yema comienza a brotar, permitiendo que el hipocótilo con los cotiledones crezca dirigiéndose a la superficie del suelo. Los cotiledones se encontraban totalmente extendidos, con coloración verde oscuro y longitud de 4 mm.	

<i>Estadio principal 1</i>		<i>Desarrollo de las hojas (tallo principal)</i>	
<i>Estadio principal 3</i>		<i>Elongación del tallo</i>	
10/30	18	Cotiledones completamente desplegados. Comienzo del crecimiento longitudinal del tallo.	
11/31	25	Primer par de hojas verdaderas, de forma trifoliada pédatisecta, su posición es opuesta a los cotiledones. con borde entero, presentando una vellosidad en toda la lámina foliar, y color verde oscuro. Primer entrenudo visible.	
12/32	42	Desarrollo del segundo par de hojas verdaderas, con la presencia de las hojas cotiledonares. Segundo entrenudo perceptible.	
13/33	56	Desarrollo del quinto par de hojas verdaderas. con la presencia de las hojas cotiledonares. Quinto entrenudo visible.	

			
15/35	63	Desarrollo del octavo par de hojas verdaderas, con la pérdida de la mitad de la lámina foliar de un cotiledón. Octavo entrenudo visible.	
19/39	105	Desarrollo de 12 o más hojas verdaderas desplegadas, sin presencia de hojas cotiledonares. Desarrollo de 12 o más entrenudos.	
<i>Estadio principal 2</i>		<i>Formación de espinas y brotes laterales</i>	

21	119	Formación de espinas por el entorchamiento foliar en el tercio superior, sin presencia de las hojas cotiledonares. El proceso de entorchamiento inició con el dobléz lateral de la lámina foliar, hasta obtener una forma acicular, generando una dureza a medida del tiempo, obteniendo como resultado la generación de espinas.	
22	133	Formación de espinas por el entorchamiento foliar en el tercio medio. En el tercio superior se presentó la formación de espinas y nuevos rebrotes.	
23	154	Formación de espinas por el entorchamiento foliar en el tercio bajo con el proceso descrito anteriormente. La planta presentó una altura de 18,5 cm.	

25	231	<p>La planta desarrolló su primer rebrote lateral de color verde oscuro, con 27 pares de hojas verdaderas trifoliadas. La elongación del tallo fue de 32 cm y la planta incrementó la formación de espinas en toda su estructura.</p>	
29	378	<p>Presencia de 12 rebrotes axilares, con 40 pares de hojas verdaderas y una longitud del tallo de 40 cm.</p>	

## 8. CONCLUSIONES

Los cambios fenológicos en retamo espinoso durante el período evaluado fueron:  $V_0$  (germinación),  $V_1$  y  $V_3$  (desarrollo de hojas y elongación del tallo), los cuales se presentaron con unos rangos de temperatura entre  $20,35^{\circ}\text{C}$  y  $20,77^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 80,42% y 82,30%. El estadio  $V_2$  correspondiente a la formación de espinas y brotes laterales, se presentó con una temperatura promedio de  $18,76^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 87,29% para las condiciones de Fusagasugá, Cundinamarca.

El proceso de entorchamiento foliar en el tercio superior de la planta se inició a los 119 DDS, que fue la primera transformación observada visualmente en el 50% de los individuos evaluados durante el experimento, para el posterior endurecimiento y formación de espinas progresivamente a los tercios medio e inferior.

Como consecuencia del entorchamiento foliar se generó la formación de espinas presentando una coloración verde oscura, dureza en su estructura y continuo crecimiento

A los 377 DDS, la planta contó con cuarenta pares de hojas verdaderas, 12 estructuras de ramas axilares y una formación del 70% de espinas secundarias.

La emergencia de las plántulas de *U. europaeus* L. inició a los 15 DDS con un 15,6% de plántulas emergidas, lo que se considera bajo, según lo reportado por la literatura el rango óptimo de temperatura en este estadio es de 15 a 19 °C. la temperatura promedio en Fusagasugá, lugar donde se encontraban ubicadas las plantas estuvo por encima del nivel (20,77 a 23,02 °C) y probablemente por esta razón se presentó una tasa baja de emergencia, teniendo en cuenta que en la investigación no se estudió la latencia de la semilla.

Los cambios en las estructuras vegetativas y elongación del tallo en retamo espinoso bajo condiciones de Fusagasugá, se inició con la aparición de los cotiledones a los 18 DDS, seguido a este se presentó a los 25 DDS el primer par de hojas. Más adelante ocurrió la pérdida de los cotiledones a los 133 DDS, y para el día 161 DDS se presentó un autosombreamiento ocasionando la marchitez de las hojas bajas de la planta. Este proceso puede ser clave en el control de la especie en las zonas donde ha sido invasora.

## **9.RECOMENDACIONES**

Llevar a cabo este tipo de trabajos fenológicos por un tiempo más largo, con el fin de comprobar cómo la estacionalidad del clima y el cambio climático influyen para cada fenofase, o si son determinadas adicionalmente por otros factores externos.

Tener una estación meteorológica en el lugar de estudio para que los datos sean más asertivos o confiables.

Realizar un seguimiento posterior para evaluar la efectividad de las medidas para el control de la propagación del retamo espinoso.

Fortalecer los vínculos entre la academia, instituciones y comunidades con el fin de realizar trabajos mancomunados para el control de esta especie invasora.

## 10. BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Garavito, M. (2010). *Restauración ecológica en áreas afectadas por Ulex europaeus L. (Retamo espinoso) en la serranía el zuque*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica De Madrid]. Archivo digital. <https://cutt.ly/WnnozYQ>

Alexander von Humboldt. (2005). *Guía Técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital*. Archivo digital. <https://cutt.ly/7mQutnr>

- Alpine, K. M & Timmins S. (2002). The effect of fire on bone-seed and gorse germination. *Science Poster No. 56*. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.
- Amaya-Villarreal, A., & Rengifo, L. M. (2010). Efecto del Retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) sobre las aves de borde en un bosque altoandino. *Ornitología Colombiana*, 10(10), 11-25.
- Atlan, A., Hornoy, B., Delerue, F., Gonzalez, M., Pierre, J & Tarayre, M. (2015). Phenotypic plasticity in reproductive traits of the perennial shrub *Ulex europaeus* in response to shading: A multi-year monitoring of cultivated clones. *Conservation Biology*, 10(9), [10.1371/journal.pone.0137500](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137500)
- Baeza, M. (2001). *Aspectos ecológicos y técnicas de control del combustible (roza y quema controlada) en matorrales con alto riesgo de incendio dominados por Ulex parviflorus*. [Tesis Doctoral, Universidad De Alicante]. Archivo digital.
- Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F.P., Gil, D.L., y Lasso C.A. (2010). Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas

para Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. *Global invasive species programme* 149-199. Archivo digital. <https://cutt.ly/RmQucgt>

Barrera-Cataño, J.L. (2011). *Restauración ecológica de bosques altoandinos sometidos a presión antrópica: de lo teórico a lo posible*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma De Barcelona]. Archivo digital. <https://cutt.ly/InDuAeD>

Benavides-Moreno, W., Tejada-Gutiérrez, A., & Ureña-Serrano, G. (2017). *Modelo Para Determinar Áreas Susceptibles A La Expansión Del Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) Mediante Herramientas Espaciales En La Localidad De Bogotá*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Archivo digital. <https://cutt.ly/JnnaR26>

Bonilla-Ocampo, A.F. (2016). *Síntesis y caracterización de copolímeros de glicina y lignina extraída de retamo espinoso (Ulex europaeus L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Archivo digital. <https://cutt.ly/GnARmCZ>

(C.D.B) Convenio de Diversidad Biológica. (1992). *Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales*. Archivo digital.

<https://cutt.ly/6mQy6vb>

Camelo-Salamanca, D. (2015). *Evaluación del estado sucesional actual de las áreas restauradas y con invasión previa de Ulex europaeus L. en los Cerros Orientales de Bogotá*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Archivo digital.

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16677>

Cárdenas, C. (2004). *Invasiones por Ulex europaeus: Germinación y Estrategias de control en fases tempranas*. [Tesis de maestría, Universidad autónoma de Barcelona]. Archivo digital. <https://n9.cl/30idj>

Cárdenas, C., Posada, C & Vargas, O. (2002). *Banco de Semillas Germinable de una Comunidad Vegetal de Páramo Húmedo Sometida a Quema y Pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital.

Castillo-Rodríguez, C. (2008). *Modelamiento de la distribución de los nichos adecuados para la invasión biológica del retamo espinoso (Ulex europaeus L.) en la cuenca alta del Río Bogotá, vulnerabilidad y escenarios futuros*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Archivo digital. <https://n9.cl/3rcia>

Castro-Gómez, J. & Cervera-Gómez, J. (2014). *Formulación de indicadores de sostenibilidad para la erradicación de la especie retamo espinoso (Ulex europaeus L.) en las áreas afectadas de los cerros orientales de Bogotá* [Tesis de maestría, Universidad Libre]. Archivo digital. <https://cutt.ly/SnnsNCa>

Clark, B., & Bullock, S. (2007). Shedding light on plant competition: Modelling the influence of plant morphology on light capture (and vice versa). *Journal of Theoretical Biology*, 244(2), 208-217. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2006.07.032>

Clements, D. R., Peterson, D. J., & Prasad, R. (2001). The biology of Canadian weeds. 112. *Ulex europaeus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(2), 325-337.

Colautti, R. & MacIsaac, H. (2004). Una terminología neutral para definir las especies 'invasoras'. *Ecology Letters*, 10(2), 135-141. 10.1111/j.1366-9516.2004.00061.x

Courtis, A. (2013). Germinación de semillas. Guía de estudios de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). *Cátedra de Fisiología Vegetal*. Argentina. 16-18. Archivo digital. <https://cutt.ly/amQu08V>

D'Antonio, C. M., & Vitousek P. M. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1), 63–87. Archivo digital. <https://n9.cl/davg>

Departamento técnico administrativo del medio ambiente (DAMA). Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá. (2002) Archivo digital. <https://cutt.ly/MmsOBKD>

Diaz E. A., & Vargas O. (2009). Efecto de la siembra de leguminosas herbáceas y arbustivas sobre el control en el establecimiento de la especie invasora *Ulex*

*europaeus* L. (*Fabaceae*), en los alrededores de Chisacá, localidad de Usme. *Researchgate*. 1(5). 93-130. Archivo digital. <https://cutt.ly/tmphCFE>

Duhart-Martínez, K.A. (2012). *Estudio de la composición de alcaloides de Ulex europaeus* L. (*Fabaceae*) en Chile y su actividad biológica [Tesis de pregrado, Universidad De Concepción]. Archivo digital. <https://cutt.ly/GnndPOr>

Fine, P. (2002). The invasibility of tropical forest by exotic plants. *Journal of Tropical Biology*. 18, 687-705. Archivo digital <https://www.jstor.org/stable/3068746>

Frecklenton, R & Watkinson, A. (2001). Asymmetric competition between plants species. *Ecology*, 15(3), 615-623.10.1046/j.0269-8463.2001.00558.x

(GIDB) The global invasive species database (2013). *100 espèces exotiques envahissantes parmi les plus néfastes au monde: une sélection de la Global Invasive Species Database*. Archivo digital. <https://cutt.ly/hmQueOY>

González, L & Orozco, A. (2017). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya* . *Botanical Sciences*, 30(58), 10.17129/botsci.1484

González-Vanegas, B., & Ochoa-Carvajal, E. (2015). *Caracterización fenológica y eco fisiológica del cultivo de aguacate (Persea americana mill.) en fase vegetativa (estado de plántula) bajo condiciones de campo del municipio de pasca, Cundinamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad De Cundinamarca]. Archivo digital. <https://cutt.ly/onDipZA>

Gutiérrez- F de P. (2006). Riesgos de las introducciones, los trasplantes y las especies invasoras. Medidas y directrices para su prevención y control en estado de conocimiento de especies invasoras. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. 45-109. Archivo digital <https://cutt.ly/3mpkA9v>

- Hellmann, J., Byers, J., Bierwagen, B & Dukes, J. (2008). Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conservation Biology*, 22(3), 534-543. 10.1111/j.1523-1739.2008.00951
- Hill R. (2010). Perfil de especie: *Ulex europaeus* L. *Base de datos mundial de especies invasoras*. Archivo digital <https://cutt.ly/XmplgVL>
- Keeley, J., Baer, M., Fotheringham, C. (2005). Alien Plant Dynamics Following Fire in Mediterranean-Climate California Shrublands. *Ecological Applications*, 15(6),2109-2125. 10.1890/04-1222
- León Olga A. & Vargas Ríos O. (2009) Caracterización espacial y conocimiento social de la invasión de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en la vereda El Hato (Localidad de Usme). *Researchgate. 1: 68 – 92* Archivo digital <https://cutt.ly/TmsI5Ns>
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., & De Poorter M. (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. *Aliens 1-12*. Archivo digital. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-126-Es.pdf>

Meier Uwe. (2018). *Etapas de desarrollo de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas*. Instituto Julius Kühn. <https://doi.org/10.5073/20180906-075743>

Milquez-Sanabria, H. A. (2017). Producción y caracterización de carbón activado a partir de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.). *Publicaciones E Investigación*, 11(2), 89 - 97.

Mora-Cuchimba, S.G. (2017). *Potencial del retamo espinoso Ulex europaeus L. como materia prima para la elaboración de agromantos, según su resistencia a la tracción* [Tesis de pregrado, Universidad De La Salle]. Archivo digital. <https://cutt.ly/Enndg7L>

Morellato, L., Talora, D., Takahasi, A., Bencke, C., Romera, E. & Zipparro, V. (2000), Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study1. *Biotropica*, 32: 811-823. 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x

NASA. (2020) *Prediction of Worldwide Energy Resources*. Archivo digital.

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Ocampo-Zuleta, K., & Solorza-Bejarano, J. (2017). Banco de semillas de retamo espinoso *Ulex europaeus* L. en bordes del matorral invasor en un ecosistema zonal de bosque altoandino, Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 89-116.

10.21068/c2017.v18s01a05

Orellana, J & Valdivia, C. (2017). La importancia del zorzal *Turdus falcklandii* en la germinación de semillas de pitra *Myrceugenia planipes*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(1),474-476. 10.1016/j.rmb.2017.03.003

Ortiz-Álzate, N. (2019). *Evaluación de una malla tejida de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) para protección de la erosión en taludes* [Tesis de pregrado, Universidad De La Salle]. Archivo digital.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/542/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/542/)

Osorno-Acosta, V. (2014). Revisión sobre los impactos generados por la competencia entre plantas nativas e introducidas como base para el control de *Ulex europaeus* L. en la Ciudad de Bogotá D.C. *Revista De Tecnología*, 13(1), 108-113.

Park, S., Laurence R., & Watkinson, A. (2003). The Theory and Application of Plant Competition Models: an Agronomic Perspective, *Annals of Botany*, 92(6) 741–748, 10.1093/aob/mcg204

Parra-Garzón, C.A. (2017). *Actividad antimicrobiana y caracterización química del aceite esencial de Ulex europaeus L. (Fabaceae)*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Archivo digital.  
<https://cutt.ly/ZnSYtBp>

Rees, M & Hill, R. (2001). Large scale disturbances, biological control, and the dynamics of gorse populations. *Applied Ecology*, 38(6),364-377.

Renne, J., Tracy, F & Colonna, I. (2006). Cambios en la invasibilidad de los pastizales: efectos de los recursos del suelo, la alteración, la composición y el

tamaño del invasor. *Ecological Applications*, 87(9),2264-2277.10.1890/0012-9658

Ríos, H. F. (2002). *Eliminación del Retamo espinoso - Ulex europaeus L. (Fabaceae), como estrategia experimental de restauración de la vegetación en el Cerro de Monserrate*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].

Ríos, H., & Vargas, O. (2003). Ecología de las especies invasoras. *Researchgate*, 14(1), 1-31. <https://cutt.ly/smQqCZY>

Rodríguez P., Ocampo R., Malambo D., Barrera J., Rojas J., Contreras R. y Moreno C. (2019.). Plan de prevención, manejo y control de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en la jurisdicción CAR. *Proceditor Ltda.* 978-958-5480-23-0. Archivo digital. <https://cutt.ly/bmscm5f>

Rojas, R., & Stiles, G. (2009). Análisis de un ciclo supraanual: fenología reproductiva de la palmera *Oenocarpus bataua* en un bosque de los Andes colombianos. *Tropical Ecology*, 25(1), 41-51. 10.1017/S026646740800552X

- Rojas-Pinzón, D. (2020). *Estudio de las características del retamo espinoso (Ulex europaeus L.) localizado en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá para su aprovechamiento como medida de minimización del impacto ambiental causado por su presencia* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y A Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36684>
- Sánchez T. A. & Vargas R. O. (2007). Efecto del sombreado artificial sobre el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en el Embalse de Chisacá. Localidad de Usme, Bogotá D.C. *Researchgate*. 368-382. Archivo digital <https://cutt.ly/FmpvYEz>
- Sanguino-Fernández, J.A. (2018). Identificación De Impactos Generados Por El Retamo Espinoso En La Vereda Santa Rosa Localidad Ciudad Bolívar. *Biota colombiana*, 12(1),160-164. Archivo digital. <https://cutt.ly/ln5FZn6>
- Scott, B. (2005). *The Temporal Effects of Ulex europaeus on soil properties, and Modeling Impact of Invasive Species with Respect to Time* [Tesis de maestría, Universidad De Washington]. Archivo digital. <https://cutt.ly/hn7cRYJ>

Sixtus, CR, GD Hill y RR Scott (2003). The effect of temperature and scarification method on gorse (*Ulex europaeus* L.) seed germination. *New Zealand Plant Protection* 201–205. Archivo digital. <https://cutt.ly/2msUDjf>

Solomon E. Berg L. Martin D. Ville C. (2001). *Biología molecular y reproducción en los seres vivos*. Sello editorial Panamericana quinta edición

Soyano, T., Liu, M., Kawaguchi, M & Hayashi, M. (2021). Leguminous nodule symbiosis involves recruitment of factors contributing to lateral root development. *Plant Biology*, 59(1), 1-8. 10.1016/j.pbi.2020.102000

Tarayre, M., Bowman, G., Schermann, A., Barat, M & Atlan, A. (2007). Fenología de la floración de *Ulex europaeus* : consecuencias ecológicas de la variación dentro y entre poblaciones. *Evolutionary Ecology*, 21(3), 395-409. 10.1007/s10682-006-9109-9

Torres-Rodríguez N. A. (2009). *Banco de semillas germinable en áreas invadidas por retamo espinoso (Ulex europaeus L.) con diferentes edades de quema*

(*alrededores del embalse de Chisacá Bogotá- localidad de Usme*. [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Archivo digital. <https://cutt.ly/ampbUv3>

Valladares, F., Hernández, L., Dobarro, I., García, C., Sanz, R & Pugnaire, F. (2003).

La relación entre la hoja y el área fotosintética total influye en la supervivencia de la sombra y la respuesta plástica a la luz de las plántulas de arbustos leguminosos de tallo verde. *Annals of botany*, 91(5),577-584.  
[10.1093/aob/mcg059](https://doi.org/10.1093/aob/mcg059)

Zabaleta A. (2007). Caracterización horizontal y vertical de los bancos de semillas germinables de *Ulex europaeus* L. (Fabaceae) en parches de diferentes tamaños en el Embalse de Chisacá. Localidad de Usme. Bogotá. D.C. En: Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme. Bogotá D.C.).  
*Universidad Nacional de Colombia. 1- 516*

