

FORMULACIÓN DE PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL RETAMO
ESPINOSO (*Ulex europaeus* L.) PARA EL MUNICIPIO DE DUITAMA, BOYACÁ.

DIANA LISETH RIOS CAMACHO



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA U.P.T.C
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA
2022

FORMULACIÓN DE PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL RETAMO
ESPINOSO (*Ulex europaeus* L.) PARA EL MUNICIPIO DE DUITAMA, BOYACÁ.

DIANA LISETH RIOS CAMACHO

Trabajo de grado modalidad práctica con proyección empresarial para optar al título de Ingeniero
Ambiental

Director (a)

M. Sc. PABLO ANDRES GIL LEGUIZAMON

Co - Director (a)

P.h.D. DALIA SORAYA USECHE VILLAMIZAR

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA U.P.T.C

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TUNJA

2022

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, Febrero 2022

DEDICATORIA

A Dios por permitirme la salud después de esta pandemia que nos afectó a todos, a mis padres por ser el motor más grande de mi vida, mi base y enseñarme que a partir de constancia y mucho esfuerzo se pueden alcanzar las metas, además de ser ejemplo de responsabilidad y honestidad, a mis hermanos por ser inspiración para ser cada día mejor, a mi tía Mayerli por apoyarme y aconsejarme desde siempre, a mi sobrino por ser un rayo de luz e inspiración en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la alcaldía municipal de Duitama en cabeza de la secretaria de desarrollo agropecuario por permitir realizar mi pasantía y adquirir nuevos conocimientos, a su equipo de trabajo, en especial a la ingeniera Catalina Rincón por estar siempre dispuesta a colaborar en todo mi proyecto, por su entrega y profesionalismo.

A David por brindarme su apoyo incondicional, paciencia, por ser una voz de aliento cuando lo necesite, a su mamá por su colaboración y buenos consejos en este proceso.

A mi profesor y director de proyecto Pablo Leguizamón por ser un docente ejemplar, por brindarme sus conocimientos, colaboración, orientación y estar presto a escuchar cualquier inquietud siempre, a mi codirectora, la ingeniera Dalia Useche por su tiempo y ser una guía en este proceso.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO DE GRADO	14
5. OBJETIVOS	15
5.1. Objetivo General	15
5.2. Objetivos Específicos.....	15
6. MARCO REFERENCIAL.....	16
6.1. Estado del Arte.....	16
6.2. Marco teórico	17
6.3. Marco Legal	18
6.4. Marco Conceptual.....	19
7. METODOLOGIA EMPLEADA	21
8. DESARROLLO DEL TRABAJO	24
PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL RETAMO ESPINOSO (<i>Ulex europaeus</i>).....	24
INTRODUCCION	24
8.1. SINOPSIS DE LA ESPECIE.....	26
8.1.1. Descripción Taxonómica de la Especie:	27
8.1.2. Aspectos Ecológicos y Comportamiento Invasor.	29
8.1.3. Medios de Dispersión	30
8.1.4. Impactos del retamo espinoso en el ecosistema.....	31
8.1.5. Impactos del Retamo Espinoso a Nivel Social.	31
8.2. DIAGNÓSTICO DE INVASIÓN DE LA ESPECIE EN DUITAMA.	32
8.2.1. Identificación de áreas de retamo espinoso en Duitama	35
8.2.2. Coberturas de Tierra Para el Municipio	39
8.2.3. Presencia de Páramo y Áreas de Reserva en el Municipio	40
8.2.4. Especies nativas asociadas a <i>Ulex europaeus</i> en el municipio de Duitama.....	41
8.3. PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO	42
8.3.1. Métodos más utilizados.....	43
8.3.1.1. Método Físico.....	43

8.3.1.2.	Método biológico:.....	43
8.3.1.3.	Método químico:.....	43
8.3.2.	Etapas de Planificación.....	44
8.3.3.	Consideraciones especiales de pre control.....	45
8.3.4.	Medidas de control.....	46
8.3.4.1.	Primera Intervención:	46
8.3.4.2.	Control de rebrotes y plántulas	49
8.3.5.	Seguimiento	51
8.3.6.	Medidas de aprovechamiento y/o disposición final.....	52
7.2.1.1.	Medidas de aprovechamiento	52
8.3.6.1.1.	Abono orgánico	53
8.3.6.1.2.	Pacas biodigestoras.....	59
8.3.6.1.3.	Incineración	60
8.4.	Otras Consideraciones.	61
8.4.1.	Restauración ecológica	62
8.4.2.	Modelación del nicho ecológico.	62
8.5.	Formatos	63
8.6.	Glosario.....	64
9.	CONCLUSIONES	65
10.	RECOMENDACIONES.....	67
11.	REFERENCIAS.....	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de la especie.....	27
Tabla 2. Adaptación de la base de datos con registros de presencia de retamo espinoso en el departamento de Boyacá.....	33
Tabla 3. Veredas de Duitama y nomenclatura asignada.	36
Tabla 4. Áreas identificadas con presencia de retamo espinoso en el municipio de Duitama.	37
Tabla 5. Especies nativas Duitama.	41
Tabla 6. Cuadro resumen de fechas de seguimiento del retamo espinoso.....	52
Tabla 7. Materiales usados para la elaboración de abono orgánico con 10kg de retamo espinoso.	53
Tabla 8. Datos recipientes con lechuga.....	58
Tabla 9. Registro de movilización de retamo.	61
Tabla 10. Formato de intervención de retamo.	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Duitama en el departamento de Boyacá.	14
Figura 2. Aplicaciones para medición de áreas	22
Figura 3. Portada video informativo retamo espinoso.	22
Figura 4. Fotografías del retamo espinoso en el municipio de Duitama	26
Figura 5. Semillas del retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>). Detalle de vainas (legumbres) dehiscentes (abiertas).	28
Figura 6. Detalle de inflorescencias de retamo espinoso. Registro fotográfico del sector de Santa Ana, Duitama.	28
Figura 7. Vista superior predios invadidos con retamo espinoso vereda Santa Ana, municipio de Duitama.	30
Figura 8. Ubicación de retamo espinoso en el departamento de Boyacá de acuerdo con bases biológicas de información.	34
Figura 9. Ubicación de áreas de retamo espinoso en el municipio de Duitama.	36
Figura 10. Coberturas de tierra 2010-2012 sobreponiendo las áreas de retamo espinoso en el municipio de Duitama.	39
Figura 11. Zona de páramo y reservas naturales en el municipio de Duitama contrastado con las áreas de retamo espinos.	40
Figura 12. <i>Espeletia boyacensis</i> con presencia de retamo espinoso a su alrededor.	42
Figura 13. Planta de retamo espinoso con altura aproximada de 2 metros.	47
Figura 14. Tocones o corte del tallo del retamo espinoso.	48
Figura 15. Rebrotos de retamo espinoso.	50
Figura 16. Plántulas de retamo espinoso.	50
Figura 17. Retiro de plántula tirando con la mano.	51
Figura 18. Residuos de abono tamizado	55
Figura 19. Siembra de semillas de lechuga crespa	56
Figura 20. Proceso de crecimiento de plántulas de lechuga.	57
Figura 21. Elaboración de pacas biodigestoras.	60

RESUMEN

Las especies invasoras actualmente representan un gran desafío para la protección de los ecosistemas presentes en el territorio, *Ulex europaeus* L, es una de ellas, especie particular y de difícil control debido a sus características taxonómicas y formas de reproducción; está presente en gran parte de la región andina incluyendo a Boyacá y para el caso de estudio, Duitama es uno de los municipios que tiene presencia de la especie. La finalidad de este trabajo es formular un protocolo de control y seguimiento del retamo espinoso, en el cual se incluye la sinopsis de la especie, información existente para Duitama respecto a áreas invadidas teniendo en cuenta coberturas de tierra y zonas de conservación, métodos de control y seguimiento, medidas de aprovechamiento y otras consideraciones.

1. INTRODUCCIÓN

Existe gran diversidad de flora y fauna a nivel mundial y cada especie inmersa dentro cualquier grupo presenta diferentes comportamientos en el ecosistema en el que se encuentre presente, esos comportamientos se dan de una u otra manera por muchos factores, como las condiciones climáticas del lugar, por gradientes de elevación, calidad del suelo entre otros; Ahora cuando el hábitat se ha modificado o las especies son desplazadas hacia otros territorios bien sea por factores naturales o por acciones antropogénicas, deben adaptarse a las nuevas condiciones y si su resiliencia no es lo suficientemente fuerte, morirá.

El caso del retamo espinoso (*Ulex europaeus* L), es la evidencia más próxima de la alta resiliencia que presenta al adaptarse a distintos ecosistemas y que por sus características taxonómicas le es más fácil reproducirse que las mismas especies nativas del lugar donde se encuentre. El municipio de Duitama cuenta con un área total identificada hasta el momento de 93085,33 m² de invasión por esta especie, de ahí que presente una grave problemática, en cuanto a la prevención y control de la misma.

Con este trabajo se pretendió describir al *Ulex europaeus* de una manera sencilla, además de identificar y medir las áreas afectadas por la especie para en base a criterios técnicos formular una serie de estrategias o medidas que ayuden en el control y seguimiento, aunado a ello medidas de aprovechamiento que aún requieren de más estudio.

Para ello se empleó una metodología cualitativa que con ayuda de herramientas como software ArcGis, otras aplicaciones que permiten medir coordenadas en campo y con ello obtener áreas, además el uso de bases bibliográficas que muestran estudios científicos con información integra y demás como se describe más adelante.

En el presente trabajo se encuentra organizado de tal manera que, en la primera parte del ítem uno al seis, se dan los objetivos, planteamiento del problema, justificación y bases teóricas del proyecto, el ítem ocho, muestra todo lo referente a la descripción de la especie, las áreas identificadas y la formulación del protocolo como tal y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las especies foráneas han sido introducidas en ecosistemas, como medida para controlar factores tensionantes; con el fin de generar barreras para animales o cercas vivas, también se incorporan con fines productivos, de forraje u ornamentales (Cárdenas-Lopez et al., 2017); algunas, debido a su naturaleza biológica y adaptativa, se han convertido en especies invasoras, bien sea por factores bióticos propios del lugar o abióticos que contribuyen posiblemente con el asentamiento seguro y propagación de las mismas (Bateman & Vitousek, 2018).

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) o aulaga, es un arbusto caracterizado por espinas robustas, hojas resistentes, crecimiento y reproducción rápida de semillas, así como dispersión a grandes distancias; estas características hacen que la especie prolifere en distintas partes del mundo, incluso en Colombia (Caro et al., 2012).

Fue introducida en Colombia para contrarrestar problemas de erosión y degradación del suelo debido a su fácil y rápido crecimiento; *U. europaeus* es catalogada como especie invasora, porque no permite el desarrollo de especies nativas y limita el desarrollo y resiliencia de los ecosistemas que han pasado por disturbios; actualmente se distribuye en gradientes ambientales propios de ecosistemas de bosque alto andino y páramos, evidencia de esta afirmación es que existen registros entre los 2200 m.s.n.m hasta los 3700 m.s.n.m (Barrera-Cataño et al., 2019). Es importante mencionar que la normativa y las guías existentes para el manejo de la especie son limitadas ya que se requiere de investigaciones para la prevención y control de la misma.

En el municipio de Duitama, el Retamo Espinoso se ha convertido en una problemática latente debido a que ha invadido zonas importantes para el desarrollo óptimo de los ecosistemas, particularmente áreas cercanas al páramo de la Rusia (complejo de páramo) y veredas aledañas (Santa Helena, Santa Ana, Sirata, entre otras) en las que se ha registrado la distribución de la especie; por lo anterior, los entes de gobierno de la alcaldía municipal requieren tomar medidas para la contención de la especie, lo cual demanda la necesidad de protocolos que permitan generar conocimiento respecto a la especie y a su vez que aporten al control biológico.

Ante lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente pregunta:

Según la información existente, ¿qué estrategias pueden ser eficientes para el control y seguimiento del retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en el municipio de Duitama, Boyacá?

3. JUSTIFICACIÓN

Comprender el comportamiento del retamo permite visualizar e indagar a fondo por control y seguimiento del mismo, así, es pertinente realizar una búsqueda exhaustiva de información con el fin de tener claridad del modo o proceso de contención de la especie; de esta manera, presentar estrategias que las comunidades locales puedan aplicar.

Proponer medidas para el control y seguimiento de la especie en base a metodologías ya planteadas, permite un lenguaje más sencillo en la práctica respecto a la remoción del retamo espinoso, además, un adecuado manejo ambiental posibilita una mayor eficiencia en la contención y propagación de ésta.

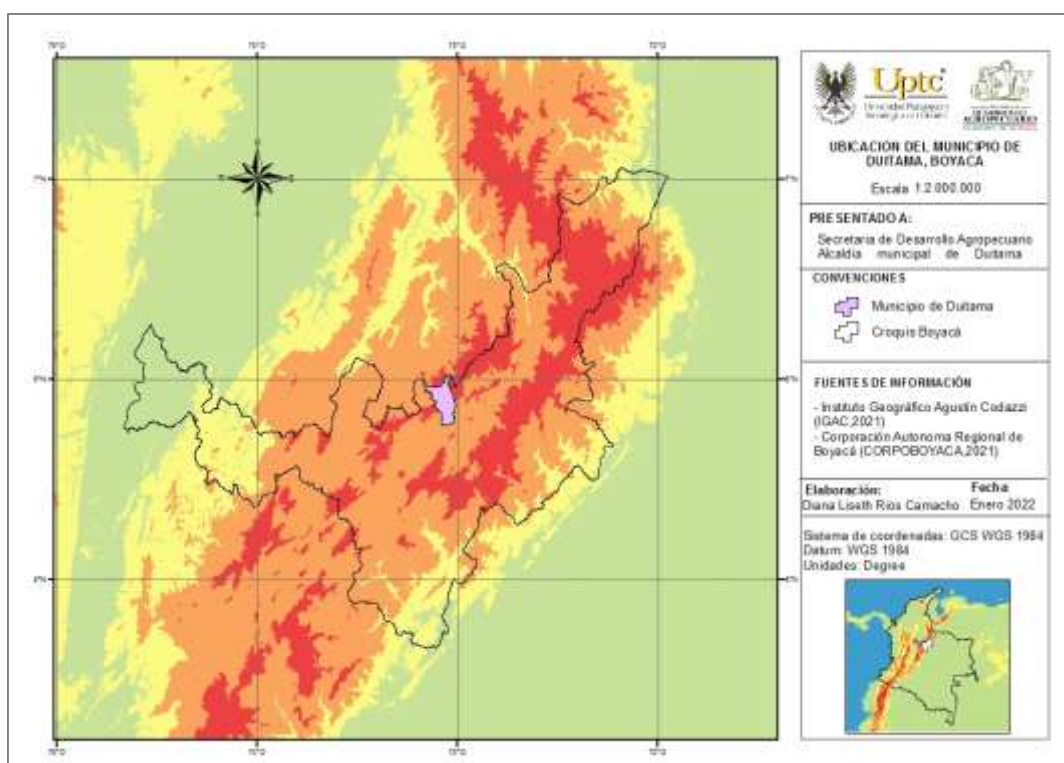
Este trabajo beneficiará a la alcaldía y las comunidades locales respecto a técnicas y procesos de erradicación de la especie; a nivel ecosistémico se aportará información significativa, que limitará la ampliación de *U. europaeus* en la zona, de esta forma, se aporta en la protección de los ecosistemas de alta montaña (la flora y la fauna propia del lugar), y desde la academia, aprender la relevancia de la restauración ecológica como estrategia adecuada para la recuperación del equilibrio y dinámica de los ecosistemas, a su vez, es parte del proceso de formación del Ingeniero Ambiental.

4. LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO DE GRADO

Corresponde al municipio de Duitama, departamento de Boyacá, “pertenece a la región geográfica Andina y se ubica en el Altiplano Cundí boyacense. Es capital de la provincia del Tundama y se encuentra sobre el corredor industrial de Boyacá” (Colombia turismo Web, S.f.; Figura 1)

Figura 1.

Ubicación geográfica del municipio de Duitama en el departamento de Boyacá.



Fuente. Elaboración propia.

Duitama limita con los municipios de Tibasosa, Paipa, Santa Rosa de Viterbo (Boyacá) y Charalá (Santander); la cabecera municipal se encuentra a 2590 m.s.n.m y en las zonas de mayor elevación (3800 m.s.n.m) se distribuyen ecosistemas de bosque alto andino y páramo, particularmente en la jurisdicción de los complejos de páramo Pan de azúcar y paramo de la Rusia. Tiene una temperatura promedio de 16 °C, con precipitaciones altas en los meses abril y octubre oscilando entre 150 a 200 mm (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2014) y más bajas en los meses de marzo, mayo y noviembre con valores entre 100 - 150 mm de precipitación.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Elaborar un protocolo de control y seguimiento del retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) para el municipio de Duitama, Boyacá.

5.2. Objetivos Específicos

- Describir el comportamiento del retamo espinoso como especie invasora.
- Identificar zonas con la presencia del retamo espinoso en el municipio de Duitama.
- Describir métodos para el control y seguimiento del retamo espinoso.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1.Estado del Arte

Barrera-Cataño (2019), menciona que el origen de *Ulex europaeus* es en el oeste europeo y norte de África; Se atribuye especie invasora debido a sus características como crecimiento y reproducción rápida, se adapta fácilmente a suelos que presentan alteraciones, altas tasas de producción de semillas, entre otras. De acuerdo con (Vargas,2009) *Ulex europaeus* se introdujo en Colombia hace 50 años, en zonas de alta montaña que corresponden a ecosistemas de páramo, de acuerdo con la descripción, uno de los primeros lugares en los cuales se introdujo la especie fue en la parte sur de la ciudad de Bogotá, específicamente en la localidad de Usme en predios de la empresa de acueducto de la ciudad, se data que la finalidad de incursionar el retamo espinoso en el lugar fue como barrera o cerca viva.

Se cuentan con estudios o guías en torno al manejo de esta especie invasora; el manual “Broom management manual” muestra diferentes estrategias para el manejo de tres especies de retamo, “retamos de escoba” -*Cytisus scoparius* (L.) Link - , “Montpellier”- *Genista monspessulana* (L.) L.A.S. Johnson - y “hojas de lino”- *Genista linifolia* L.- (Geerts et al., 2013), este, presenta la planeación, métodos de control, monitoreo, casos de estudio, y procedimientos que pueden replicarse al retamo espinoso.

El estudio titulado “Montpellier broom (*Genista monspessulana*) and Spanish broom (*Spartium junceum*) in South Africa: An assessment of invasiveness and options for management” describe la presencia de estas dos especies invasoras en sur África; según el estudio, *S. junceum* presenta mayor distribución debido a la baja efectividad del control, la abundancia y longevidad de semillas, características que hacen de la erradicación una actividad inviable. Se recomienda mejorar los métodos de control utilizados para *S. junceum* para evitar el rebrote y que las áreas se manejen para limitar el movimiento de semillas y evitar una mayor propagación y establecimiento (Geerts et al., 2013).

En el estudio “Double-edged effects of climate change on plant invasions: Ecological niche modeling global distributions of two invasive alien plants” se describen factores climáticos y de idoneidad de hábitats para especies como *U. europaeus*, a su vez, se interpreta cómo estas características influyen en la reproducción y distribución de la especie (Gong et al., 2020).

Ellison & Barreto (2004) a partir del control biológico con insectos, determinan que estos pueden

ser considerados modelos efectivos para controlar estas plantas, sin embargo, aún hacen falta investigaciones en el tema.

En Colombia aún se realizan investigaciones orientadas a identificar formas viables para lograr la contención y control del retamo espinoso, uno de ello es el documento técnico “Plan de prevención manejo y control de las especies de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en la jurisdicción CAR”, en el que se detalla las características principales de las especies, la legislación que rige este tema y el manejo que conllevan estas plantas para lograr una contención, control y mitigación.

Ocampo-Zuleta (2019) elaboró mapas conceptuales que proyectan escenarios de restauración ecológica del bosque alto andino en áreas con incendios y con ocurrencia del retamo espinoso; recalcan la necesidad del control biológico de las especies exóticas a través de mantenimientos continuos (Ocampo-Zuleta, 2019), sumado a estrategias de restauración, participación comunitaria y protocolos de manejo.

6.2. Marco teórico

El manejo del retamo espinoso se basa en fundamentos teóricos y prácticos de conservación ecosistémica, ya que, “las ventajas de la conservación se traducen en la permanencia a largo plazo de los ecosistemas, manteniendo las características naturales por medio del mantenimiento de la integridad y la funcionalidad ecológica (DeLeo & Levin, 1997).

Otras estrategias conllevan actividades de restauración ecológica, la presencia de especies invasoras (caso *U. europaeus*) crean brechas en el equilibrio natural de la zona de estudio; según Ríos (2011), una de las primeras acciones para recuperar un ecosistema es retirar factores que impiden la expresión de mecanismos de regeneración natural.

Las especies invasoras (plantas o animales), son una de las principales barreras a la regeneración natural y a la restauración ecológica, de acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) una de las plantas que limita la resiliencia de los ecosistemas en el departamento, es el retamo espinoso, originaria de Europa, presente en $\approx 35\%$ de los municipios de la jurisdicción, es una planta que pone en riesgo los ecosistemas de páramo desplazando a los frailejones (Corporacion Autonoma Regional de Boyacá [CORPOBOYACA], 2020).

Ulex europaeus es un arbusto espinoso hexaploide (Hornoy et al., 2011), perenne, fijador de nitrógeno, originario de la Península Ibérica (Gränzig et al., 2021) presenta una raíz principal y

raíces secundarias largas con disposición a profundizarse (Castro-Gomez & Cervera-Gomez, 2014); puede formar matorrales impenetrables, alcanzando alturas de hasta 4 m, con plantas individuales que sobreviven durante casi tres décadas (Ellison & Barreto, 2004). La floración es evidente entre los 12-14 meses después de germinada la semilla; si el desarrollo es por rebrote de la raíz, la floración puede ser a los 6 meses. Sus flores son amarillas, pueden apreciarse de manera individual o en racimo hacia la parte distal de las ramas, el tamaño oscila entre los 12 y 21 mm (Barrera-Cataño et al., 2019).

6.3. Marco Legal

Implica la siguiente normativa:

- La ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones” en esta ley aplica uno de los principios ambientales en los cuales habla de la protección y recuperación ambiental es una tarea conjunto con los entes territoriales y la comunidad, además también menciona la protección a la biodiversidad y su aprovechamiento de manera sostenible.
- El decreto 2811 de 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” en el libro II del decreto en la parte VIII “De la flora terrestre”, en su título I denominado “De la conservación y defensa de la flora” establece que se debe proteger aquellas especies que se encuentren en peligro de extinción y además promover medidas tendientes a la conservación de las mismas.
- La ley 165 de 1994 “Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992”, en su artículo 8 hace referencia a la conservación que se realiza in situ en la cual en el ítem “h” se menciona que se controlará o eliminará las especies exóticas que amanecen distintos escenarios a nivel ecosistema, hábitats o especies.
- Resolución 0848 de 2008 “por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones”, ya que, aquí mencionan al retamo espinoso (*Ulex europaeus*) como especie exótica que está en el territorio nacional.

- Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE), dentro de las líneas estratégicas para hacer frente a los retos climáticos en los cuales pone en peligro la biodiversidad presente en el territorio nacional, formulando planes de acción para todo lo relacionado con el cambio climático en donde se incluye el manejo de especies invasoras.
- Resolución 0684 de 2018 “por la cual se establecen lineamientos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (*Ulex europaeus* L.) y Retamo Liso (*Genista monspessulana* (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas afectadas por estas especies en el territorio nacional y se adoptan otras determinaciones”, es un lineamiento importante, ya que, establece las medidas preventivas y además de manejo para el retamo espinoso, al igual plantea la capacitación como herramienta para hacer frente a esta problemática.

6.4.Marco Conceptual

- **Arbusto:** Planta leñosa de altura generalmente no superior a los 6 metros y de ramificación desde la base cerca del nivel del suelo en varios tallos principales sin un tronco central (“shrub”,2010).
- **Contención:** Desde una perspectiva regulatoria, la contención consiste en medidas fitosanitarias dentro y alrededor de un área infestada para prevenir la propagación de una plaga (Gabrys et al.,2008)
- **Control:** Es la condición en la que se están observando procedimientos correctos y se están cumpliendo los criterios (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO),1997)
- **Conservación:** La conservación ambiental es el acto de conservar o salvar los recursos naturales a través de una gestión cuidadosa (Bakhiet,2014).
- **Área de Distribución:** Es aquella fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa en forma no efímera con el ecosistema (Zunino & Palestrini, 1991).
- **Ecosistema de páramo:** Ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino... en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones y puede haber formaciones de bosques bajos y arbustivos y

presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas (Resolución 769 de 2002)

- **Especie exótica invasora:** Especies no nativas que son introducidas deliberadamente o de manera accidental de forma que causan daños y amenazas a los ecosistemas, hábitats y especies produciendo daños ambientales, económicos y/o sociales (Resolución 0225 de 2018).
- **Especie nativa:** Especie o subespecie taxonómica, raza o variedad de animales, o plantas cuya área natural de dispersión geográfica se extiende al territorio nacional o aguas jurisdiccionales, o forma parte de los mismos (Resolución 0225 de 2018).
- **Medidas de Prevención:** Son las acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente (Decreto 2820 de 2010).
- **Restauración ecológica:** Se concibe como la práctica direccionada a devolver características de funcionalidad, diversidad y estructura a un ecosistema que pasó o experimenta algún disturbio (Vargas et al., 2012).

7. METODOLOGIA EMPLEADA

En relación con el tema de estudio, se aplicó un enfoque de investigación cualitativo, ya que, a partir de este se pudo realizar la interpretación de estudios de caso, para llevar a cabo la propuesta de trabajo, tal como lo menciona (Corona-Lisboa, 2016) “...el investigador tiene un contacto directo con el investigado u objeto de estudio,...por lo tanto es un método, analítico e interpretativo de la realidad que se presenta en dicho momento, ya sea bajo la perspectiva fenomenológica, etnográfica, de investigación-acción o biográfica”.

Para el desarrollo del trabajo se tiene en cuenta una metodología cualitativa, ya que, a partir de la búsqueda de información existente respecto a *Ulex europaeus* L. se pretende interpretar y proponer medidas que, junto con lo ya establecido por la normatividad, facilite el trabajo en campo, además, se parte de principios y bases teóricas generales para llegar a lo particular. A continuación, se describe las actividades que darán cumplimiento a los objetivos y que sintetiza la formulación del protocolo de control y seguimiento del retamo espinoso:

Descripción del retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) – comportamiento invasor:

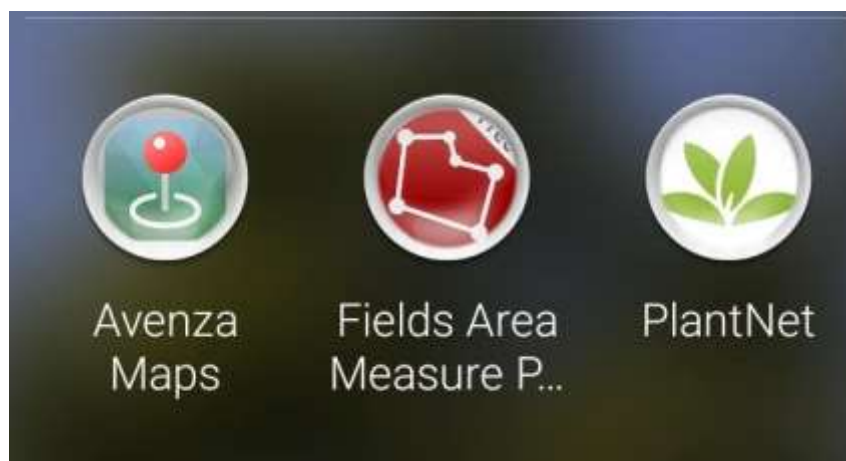
- Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en lo referente a la descripción morfológica, características biológicas y de comportamiento invasor de la especie con el fin de tener claridad en la identificación de la especie en campo, además, conocer esas condiciones en las cuales la reproducción del retamo espinoso es favorable y los impactos que esta especie puede causar. Se hizo uso de bases bibliográficas que brinda la universidad como ScienDirect entre otras.

Distribución del retamo espinoso en Duitama.

- Se realizó un diagnóstico de la distribución del retamo espinoso en el municipio de Duitama, a través de visitas de campo; las áreas de distribución fueron estimadas con la ayuda de aplicaciones como “Avenza maps” herramienta que registra coordenadas que posteriormente fueron espacializadas en el software ArcGis (10.3.1) de igual forma se usó la aplicación “Fields Area Measure Pro” útil para generar áreas automáticas en

campo. Con el fin de obtener registros de distribución previa, se realizó búsqueda en las bases de datos de registros biológicos (SIB Colombia, GBIF, I naturalist), así como de información bibliográfica e infografía suministrada por el ente territorial (por ejemplo, video divulgativo relacionado con la presencia de retamos espinoso en el municipio).

Figura 2.
Aplicaciones para medición de áreas



Fuente. Elaboración propia.

Figura 3.
Portada video informativo retamo espinoso.



Fuente. Adaptado video informativo del retamo espinoso por Rincón (2021)

- Con los registros de distribución se identificaron las veredas con mayor presencia de la especie; esta información fue superpuesta con capas de información geográfica tales como ecosistemas presentes en el municipio y áreas de reserva disponibles en portales como el SIAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Parques nacionales naturales (PNN); esta información permitió identificar zonas importantes para la planeación ambiental relacionada con el control del retamo.

Descripción de métodos para el control y seguimiento del retamo espinoso.

- A partir de búsqueda bibliográfica se propusieron estrategias de control y seguimiento sintetizadas en un protocolo que permite a la alcaldía municipal y a la comunidad en general, tener información que contribuya a la disminución de la especie y la recuperación de las zonas afectadas.

8. DESARROLLO DEL TRABAJO

PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL RETAMO ESPINOSO

(*Ulex europaeus*)

INTRODUCCION

Colombia es un país privilegiado no solo por su riqueza cultural sino por su localización a nivel geográfico, según Rangel-Ch (2015), “es uno de los dos países del globo con mayor biodiversidad”, por ende, se asume que debe existir una mayor protección a los ecosistemas, flora y fauna presentes en el territorio que engloban esa diversidad biológica.

Teniendo en cuenta el contexto anterior, se han introducido eventualmente especies de flora no nativas en todo el territorio nacional con diferentes fines, algunas como plantas ornamentales, otras para la recuperación del suelo o como cercas vivas para protección de predios a lo largo del tiempo.

Las especies invasoras son catalogadas como especies introducidas en un ecosistema en el cual presentan fuerte capacidad de adaptación generando desplazamientos de especies propias del lugar o impiden su crecimiento natural, mayor absorción de nutrientes en el suelo, etc., de manera que impacta abruptamente en el lugar donde se encuentre modificando el hábitat para los diferentes organismos presentes allí (Vargas y León, 2009).

En el país de acuerdo a la resolución 0848 de 2008, se establecen las diferentes especies exóticas invasoras presentes en el territorio; a nivel de flora se encuentran las siguientes: Buchón de agua (*Eichornia crassipes*), Alga marina (*Kappaphycus alvarezii*), Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*), Retamo Liso (*Genista monspessulana*) y Canutillo o Yaragua (*Melinis minutiflora*). El retamo espinoso (*Ulex europaeus*) es una especie leñosa, catalogada como arbusto, caracterizada por sus espinas a lo largo de su tronco, presenta flores de color amarillo intenso, puede oscilar alturas entre 4 a 6 metros, se adapta en suelos que presentan erosión o baja fertilidad, se ha evidenciado que resiste temperaturas extremas y se da muy bien en ecosistemas de clima frío mayormente en zonas de subpáramo en Colombia y municipio de Duitama no es la excepción.

El presente documento incorpora información acondicionada a la distribución del retamo espinoso en el municipio de Duitama (Boyacá) discriminada así: **1.** Morfológica del retamo espinoso, características de su comportamiento invasor, medios de dispersión e impactos en el

ecosistema; **2.** Diagnóstico en cuanto a la distribución de la especie en el municipio de Duitama, las especies nativas presente en él y una salida gráfica que expone esos puntos encontrados con invasión de la especie, entre otros; **3.** Protocolo con las medidas que se propone para el control, seguimiento y medidas de aprovechamiento del retamo y finalmente otras consideraciones o recomendaciones a tener en cuenta para este proceso.

Este protocolo será de utilidad para la alcaldía municipal de Duitama y la población en general ya que recopila información acondicionada al control de la especie, la distribución espacial y propone escenarios de investigación.

8.1.SINOPSIS DE LA ESPECIE.

Se describe el comportamiento del retamo espinoso, los aspectos ecológicos y los diferentes impactos que causa, en la figura 4 se muestran diferentes fotografías que muestran partes de la planta y un matorral establecido.

Figura 4.

Fotografías del retamo espinoso en el municipio de Duitama



Nota. a) Invasión del retamo espinoso vereda Santa Ana; b) Vaina del retamo; c) Tallo cortado del retamo espinoso y pequeños rebrotes a su alrededor; d) Raíz secundaria del retamo espinoso.

Fuente. Elaboración propia.

Según organización taxonómica la especie corresponde al grupo de eudicotiledóneas agrupada en la siguiente jerarquía:

Tabla 1.*Descripción de la especie.*

Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Familia	Fabaceae
Género	<i>Ulex</i>
Especie	<i>Ulex Europaeus</i>
Nombre científico	<i>Ulex Europaeus</i> L.
Nombre común	Retamo espinoso o aulaga o tojo, originaria de Europa

Nota. Adaptado de base de datos GBIF.org. (2021) GBIF Occurrence Download

<https://doi.org/10.15468/dl.et24vf>

8.1.1. Descripción Taxonómica de la Especie:

La familia Fabaceae incluye plantas leñosas y herbáceas (Altamirano et al., 2016), dentro de estas se encuentra *Ulex europaeus*, arbusto de altura entre 1 a 6 metros, según estado de desarrollo de los individuos evidenciados en visitas a campo, la altura máxima observada fue de 3,5 metros con rebrotes de 0,05 a 1 metro; la raíz principal es profunda y en etapas de desarrollo adulto es gruesa, de esta, se dependen raíces secundarias de forma abundante (figura 4, ítem d); el tallo es leñoso, múltiple ramificado de diámetro entre 6 a 8 cm; de acuerdo con Barrera-Cataño et al (2019), su grosor puede alcanzar de 10 a 12 cm de diámetro según la edad. Tiene ramas espinosas verdes de hasta 4 cm de longitud, las vainas miden 2 cm son de color amarillo fuerte presentan vellosidades, cada vaina puede contener hasta 12 semillas, éstas tienen forma ovoide como lo menciona Ocampo-Zuleta, Solorza-Bejarano (2017), muy similar al tamaño de un grano de lenteja, además puede presentar un color café oscuro o verde como lo evidencian en la siguiente figura 5 y 6 que se encuentran a continuación.

Figura 5.

Semillas del retamo espinoso (Ulex europaeus). Detalle de vainas (legumbres) dehiscentes (abiertas).



Fuente. Adaptado de Banco de semillas de retamo espinoso *Ulex europaeus* L. en bordes del matorral invasor en un ecosistema zonal de bosque alto andino, Colombia. Ocampo-Zuleta, K., y Solorza Bejarano, J. (2017)

Figura 6.

Detalle de inflorescencias de retamo espinoso. Registro fotográfico del sector de Santa Ana, Duitama.



Fuente. Elaboración propia.

8.1.2. Aspectos Ecológicos y Comportamiento Invasor.

Ulex europaeus presenta un comportamiento particular, debido a la gran cantidad de semillas que tienen en sus flores, de acuerdo a la literatura sus flores son hermafroditas, es decir, que pueden tener los órganos tanto femeninos como masculinos, por tanto, no es necesario un agente o individuo que la polinice para realizar su proceso reproductivo, otra manera de reproducirse es mediante el rebrote de sus raíces (Ocampo-Zuleta y Solorzano-Bejarano,2017).

La producción de las semillas de esta planta varia, entre 6000 a 12000 por año, según Ortiz (2019), la producción puede ser de 8000 semillas-año, lo que evidencia su alta tasa reproductiva y un elemento más a su resiliencia en las zonas invadidas, las semillas pueden estar presentes en el ecosistema por 30 años e incluso más si las condiciones del lugar lo permiten; estas se dispersan cuando la vaina explota naturalmente o por factores como la quema, que facilita aún más la dispersión de las mismas alcanzando distancias hasta de cinco a seis metros (Figura 7 “ Vista superior predios invadidos con retamo espinoso vereda Santa Ana, municipio de Duitama”).

El retamo espinoso se encuentra clasificado como especie pirófila, es decir, que es altamente inflamable, por ende, sus semillas son resistentes a ciertas temperaturas.

La floración es sincrónica (constante), es decir no hay un patrón que especifique en que meses se da específicamente este proceso, depende más de la manera en que se le haga control a la especie.

Figura 7.

Vista superior predios invadidos con retamo espinoso vereda Santa Ana, municipio de Duitama.



Nota. Observación de distancias entre cada grupo de retamo donde se evidencia lo expuesto en la literatura en cuanto a las distancias de dispersión de la planta madre. Fuente. Elaboración propia.

8.1.3. Medios de Dispersión

Las semillas experimentan varias formas de dispersión a saber:

Viento: usualmente el retamo en el país se ha ubicado en zonas de bosques alto andinos, zonas de sub paramo y paramo, por ende, implica que se encuentre en zonas de pronunciada pendiente en donde el viento puede desplazar con mayor facilidad las semillas de la planta.

Agua: Las lluvias y la misma influencia del viento permite desplazar las semillas hacia otros lugares por ejemplo los sedimentos los arrastra el agua y puede llegar a otras zonas y dar comienzo a una nueva invasión.

Animales: Los mamíferos pueden transportar semillas en sus extremidades o incluso en el pelaje.

Personas: Son un medio de transporte muy usual, ya que, pueden desplazar las semillas en las prendas de vestir, zapatos, por desconocimiento llevar la planta como tal a otro lugar con una finalidad distinta.

Maquinaria pesada o automóviles: Se presenta cuando se están realizando trabajos en lugares con presencia de la especie, en sus llantas o superficies transportan las semillas a largas distancias.

8.1.4. Impactos del retamo espinoso en el ecosistema

Por su naturaleza adaptativa, rápido crecimiento y producción de semillas en cualquier condición ambiental, el retamo espinoso, tiende a establecerse en zonas que han sido afectadas por incendios, también, aquellas zonas que presentan degradación en el suelo, además, influye el tipo de vegetación presente en el lugar.

Una vez se establece la especie en el lugar de invasión, se agrupa en forma de matorrales densos y generar la tensión en calidad de hábitat y espacio, en otras palabras, modifica el ecosistema; *Ulex europaeus* tiene la capacidad de fijar y absorber nitrógeno en el suelo, lo que se traduce primero en que es una planta competitiva por este elemento y no presenta ningún competidor, ya que, las especies nativas tienden a ser desplazadas o no resisten las nuevas condiciones al haber escasas de nutrientes que genera el retamo espinoso a nivel del suelo (Vargas y León, 2009).

Por otra parte, disminuye la productividad de las tierras que son destinadas para siembra, además no presenta depredador debido a la presencia de espinas, razón más que permite su permanencia en el ecosistema. Según Naylor (2003), los aportes de materia orgánica de retamo al suelo hacen que este se acidifique, de esta manera, desplaza plantas nativas o aledañas; de igual forma, puede incidir en la pérdida de hábitat y obligatoria migración de animales presentes en el ecosistema debido a la acelerada tasa de colonización, por lo tanto, es una especie invasora de alto riesgo en cualquier lugar donde se encuentre, es una amenaza latente para la flora y fauna de los ecosistemas de alta montaña.

8.1.5. Impactos del Retamo Espinoso a Nivel Social.

El desplazamiento de las especies nativas tanto a nivel de flora, fauna y el empobrecimiento del suelo por la presencia de la especie, ha generado en las comunidades impactos a nivel económico debido a que la invasión reduce primero, el área de siembra si el área es destinada a este fin y

segundo disminuye la productividad del terreno. A su vez, se presentan inconvenientes con los propietarios de terrenos aledaños, ya que la forma de dispersión de las semillas, puede alcanzar distancias hasta de seis metros cuando explota la vaina del retamo, sobrepasando barreras o cercas que separan los predios o simplemente por la acción del viento, lo que desencadena conflictos por el control de la especie.

8.2.DIAGNÓSTICO DE INVASIÓN DE LA ESPECIE EN DUITAMA.

La información existente a la fecha para el municipio procede de bases de datos suministrada por CorpoBoyacá, de esta se identificaron 11 registros de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L) y 1339 de retamo liso (*Genista monspessulana* L), sin embargo, la corroboración de estos datos en campo determinó mayor correspondencia con retamo liso.

La información suministrada por el SIB Colombia, GBIF y I Naturalist, categorizan los registros a partir de jerarquías taxonómicas tales como: reino, filo, clase, orden, familia, genero, especie, nombre, localidad, departamento y coordenadas; los registros fueron obtenidos a nivel nacional y seleccionados para el departamento de Boyacá.

En total se encontraron 255 registros de *Ulex europaeus* para Colombia, de los cuales 15 registros corresponden al departamento de Boyacá y 3 de ellos se encuentran en Duitama, en la tabla 2 “Adaptación de la base de datos con registros de presencia de retamo espinoso en el departamento de Boyacá”, se observan los registros para el departamento.

Tabla 2.

Adaptación de la base de datos con registros de presencia de retamo espinoso en el departamento de Boyacá

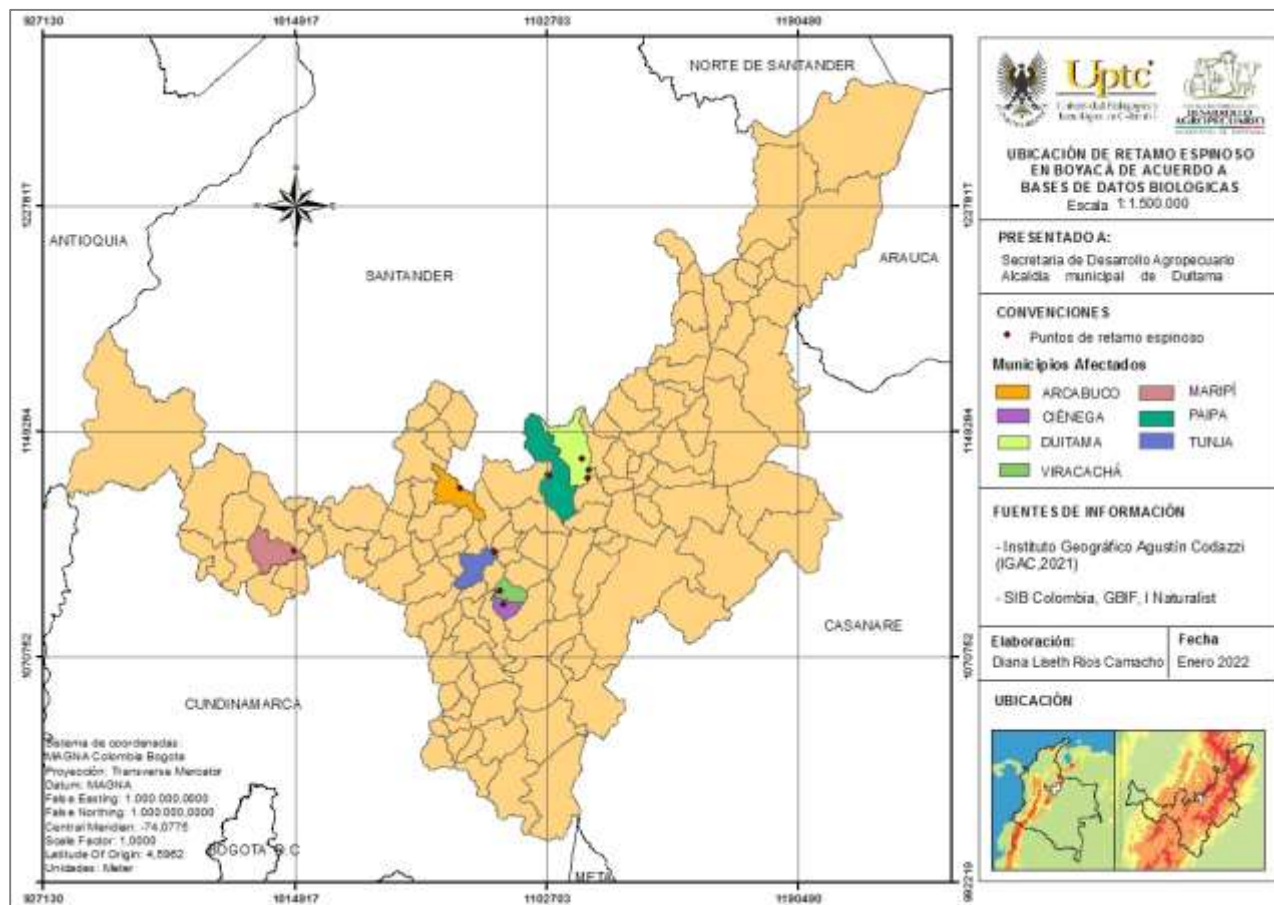
family	genus	species	scientificName	country Code	locality	state Province	decimal Latitude	decimal Longitude	elevation
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Tunja	Boyacá			
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Samacá	Boyacá			
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Paipa	Boyacá			
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Paipa	Boyacá	5.804.901	-73.143.368	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Chivata	Boyacá	5.564.305	-73.312.845	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Vereda Centro (arcabuco)	Boyacá	5.766.028	-73.422.167	2681.5
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Duitama	Boyacá	5.857.554	-73.038.573	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Duitama	Boyacá	5.821.701	-73.018.457	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Duitama	Boyacá	5.798.586	-73.022.308	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Sotaquirá	Boyacá	5.809.407	-73.146.913	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Vereda Centro (arcabuco)	Boyacá	5.766.028	-73.422.167	2681.5
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Pauna	Boyacá	5.569.864	-7.394.354	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Ciénaga	Boyacá	5.399.203	-73.285.469	
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Vereda Centro (arcabuco)	Boyacá	5.766.028	-73.422.167	2681.5
Fabaceae	Ulex	Ulex europaeus	Ulex europaeus L.	CO	Viracachá	Boyacá	5.444.436	-73.295.517	

Nota. Se omiten algunas casillas que la base de datos suministra con el fin de mostrar los datos más relevantes que se obtiene para el municipio. Fuente GBIF.org (5 December 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.rjfzxx>

Se ubican las coordenadas encontradas para Boyacá a continuación:

Figura 8.

Ubicación de retamo espinoso en el departamento de Boyacá de acuerdo con bases biológicas de información.



Nota. Puntos encontrados en el registro de la base de datos de la presencia de retamo espinoso en el departamento de Boyacá. Fuente. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 8, en el mapa se encuentran los municipios con registros de la especie, dentro de ellos, Duitama con tres registros y su respectiva ubicación, al analizar los datos y observar la elevación que tienen los registros de la vereda centro del municipio de Arcabuco, se encuentra similitud con algunos de los puntos localizados en Duitama, ya que, en los dos, el retamo espinoso se distribuye sobre los 2600 m.s.n.m. Por otra parte, el municipio de Maripí, aunque los registros de la base de datos no lo muestran, se encuentra a una altitud promedio de 1247 m.s.n.m. lo que podría concluir que en zonas más templadas también se estaría desarrollando la especie invasora (se sugiere corroboración de campo para este registro).

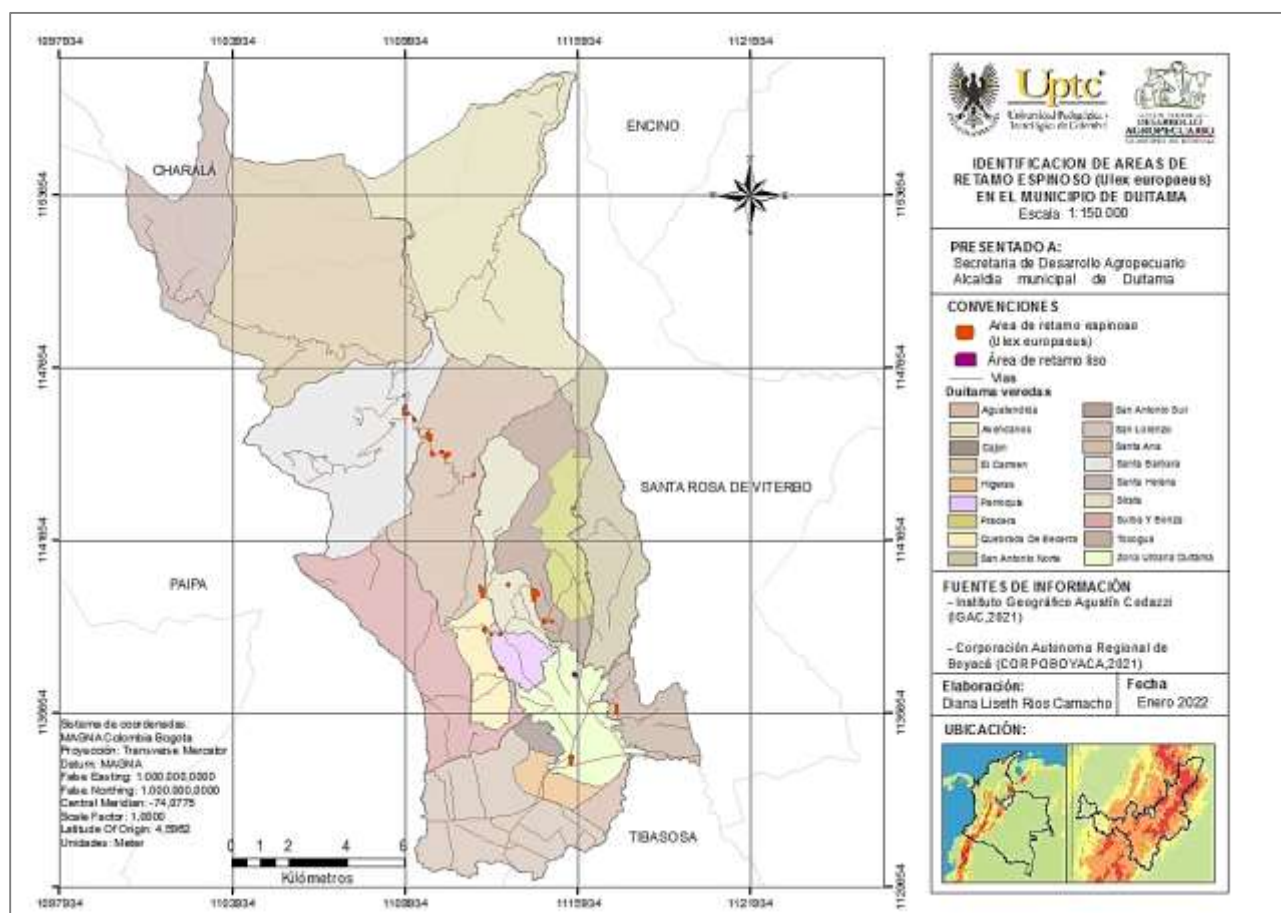
8.2.1. *Identificación de áreas de retamo espinoso en Duitama*

En Duitama, el retamo espinoso se distribuye de preferencia en la zona rural (en bordes de carretera, en interior de franjas de pastizales y contiguas a zonas naturales) y en menor medida en la zona urbana, en alturas entre 2600 a 3400 m.s.n.m. De esta forma, según división veredal de Duitama el retamo está presente en 7 de las 19 veredas más la zona urbana como se observa en la Figura 9 “Ubicación de áreas de retamo espinoso en el municipio de Duitama”. Según lo registrado en campo esta planta cubre una extensión de **94158,16 m²**. Las veredas con mayor área de distribución son Santa Ana seguido de San Antonio Sur, Zona urbana, Quebrada de Becerra, Sirata, Santa Bárbara, Parroquia y Tocogua. Tomando como referencia a Santa Ana, es seguro que sus veredas vecinas presenten *Ulex europaeus*, debido a distintos medios de dispersión como se mencionó en el ítem 8.1.3, donde uno de los mayores medios es través de escorrentía, por el viento o por diferentes medios de transporte, ya que, por la vía Duitama – Charalá se encuentran veredas como Santa Ana, Santa Bárbara, Quebrada de Becerras y una parte de la vereda Parroquia.

Además, todas las veredas que se encuentran con presencia de la especie están ubicadas entre los 2850 a 3400 m.s.n.m, algunos predios cuentan con varios registros de áreas, ya que, dentro de estos los lugares de invasión se encontraban dispersos. Para contrastar esta información se resume en la tabla 4 “áreas identificadas con presencia de retamo espinoso en el municipio de Duitama” donde se encuentra la vereda, la abreviatura asignada al predio en el que se encuentra *Ulex europaeus*, propietario, área y las debidas coordenadas.

Figura 9.

Ubicación de áreas de retamo espinoso en el municipio de Duitama.



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3.

Veredas de Duitama y nomenclatura asignada.

N°	NOMBRE	NOMENCLATURA ASIGNADA
1	Aguatendida	AG
2	Avendaños	AV
3	El Cajón	E.CJ
4	El Carmen	E.CR
5	Higuera	H
6	La Parroquia	L.PA
7	La Pradera	L.PR
8	Quebrada de Becerras	Q.B
9	San Antonio Norte	S.A.N

10	San Antonio Sur	S.A.S
11	San Lorenzo de abajo	SL.AB
12	San Lorenzo de arriba	SL.AR
13	San Luis	S.L
14	Santa Ana	S.A
15	Santa Bárbara	S.B
16	Santa Helena	S.H
17	Sirata	S
18	Surba y Bonza	SYB
19	Tocogua	T
20	Zona urbana	Z.U

Nota. Se asigna una abreviatura a cada vereda para llevar una organización de los predios que se tienen presencia de retamo espinoso. Fuente. Elaboración Propia

Tabla 4.

Áreas identificadas con presencia de retamo espinoso en el municipio de Duitama

AREAS IDENTIFICADAS CON PRESENCIA DE RETAMO ESPINOSO EN EL MUNICIPIO DE DUITAMA										
IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO			NOMBRE PROPIETARIO	AREA TOTAL AFECTADA (m ²)	COORDENADAS					
Nº	VEREDA	ABREVIATURA ASIGNADA			Longitud (X)			Latitud (Y)		
					°	'	"	°	'	"
				874,6	73	3	37,7	5	51	39,8
				37,56	73	3	38,1	5	51	38,9
				1082,01	73	3	39,2	5	51	38,4
				760,29	73	3	38,4	5	51	34,7
1		S.A 001	Jorge Samuel Corredor	186,89	73	3	37,9	5	51	35,5
				53,51	73	3	38,6	5	51	37,1
				54,16	73	3	36,4	5	51	40,1
				233,69	73	3	39,1	5	51	39,7
				22,24	73	3	39,1	5	51	40
2	SANTA ANA	S.A 002	Familia González	2179,9	73	3	40,019	5	51	43,816
3		S.A 003	Desconocido	2463,47	73	4	35,9	5	54	33,5
4		S.A 004	Desconocido	1771,5	73	4	39	5	54	36,4
5		S.A 005	Desconocido	46,8	73	4	38,62	5	54	34,41
6		S.A 006	Desconocido	357,6	73	4	34,9	5	54	14,8
7		**S.A 007	Desconocido	493,26	73	4	18,1	5	54	12,44
8		S.A 008	Desconocido	361,24	73	4	24,69	5	54	14,58
9		S.A 009	Desconocido	189,73	73	3	48,39	5	53	49,28
10		**S.A 010	Desconocido	2442,85	73	4	19,57	5	54	10,16
11		S.A 011	Desconocido	171,6	73	3	40,2	5	51	43,82
12		*S.A 012	Desconocido	10828,022	73	4	37,74	5	54	32,61

13		*S.A 013	Desconocido	5642,023	73	4	33,24	5	54	12,07
14		*S.A 014	Borde de vía	34947,18	73	3	35,4	5	50	55
Total Santa Ana				65200,13						
15		S.001	Yurjen Díaz	217,6	73	3	8,9	5	51	45,9
16		S.002	Adame	1561,56	73	2	39,49	5	51	28,41
				877,96	73	2	39,4	5	51	30,8
				51,66	73	2	40,9	5	51	32,3
17	SIRATA	S.003	Marta Chaparro	28,21	73	2	40,3	5	51	35,3
				31,28	73	2	40	5	51	34,4
				62,59	73	2	39,6	5	51	30
Total Sirata				2830,86						
18		***Z.U 001	Parque Enamorados	1609,4	73	1	54,5	5	50	5,2
				205,43	73	1	58,7	5	48	25,2
19	ZONA URBANA	Z.U 002	Terminal de transporte	35,16	73	1	58,4	5	48	23,8
				157,06	73	1	58,9	5	48	30,1
				18,95	73	1	57,1	5	48	30,8
20		*Z.U 003	Innovo	1106,208	73	1	54,5	5	51	34,22
Total Zona Urbana				3132,21						
21		S.B 001	Desconocido	127,26	73	5	6	5	55	19
22	SANTA	S.B 002	Desconocido	809,94	73	5	5,7	5	55	4,2
23	BARBARA	S.B 003	Desconocido	948,4	73	5	6,9	5	54	58,5
24		S.B 004	Desconocido	363,97	73	4	54,5	5	54	51,4
Total Santa Bárbara				2249,57						
25		L.PA 001	Desconocido	113,51	73	3	28,8	5	50	49,6
26	LA PARROQUIA	L.PA 002	Desconocido	58,79	73	3	17,6	5	50	49,8
27		L.PA 003	Desconocido	1888,24	73	3	16,1	5	50	9,2
Total La Parroquia				2060,54						
28	SAN	S.A.S 001	Desconocido	100,4	73	2	19,8	5	51	4,3
29	ANTONIO	S.A.S 002	Desconocido	12092,12	73	2	40	5	51	36,8
30	SUR	S.A.S 003	Desconocido	1940,06	73	2	29,6	5	51	4,9
Total San Antonio Sur				14132,58						
31	QUEBRADA DE BECERRA	Q.B 001	Desconocido	3479,45	73	3	35,2	5	50	52,5
Total Quebrada de Becerra				3479,45						
32	TOCOGUA	T 001	Desconocido	913,29	73	1	6,69	5	49	23,19
33		T 002	Desconocido	159,54	73	1	6,58	5	49	28,05
Total Tocogua				1072,83						
Área total Duitama				94158,16						

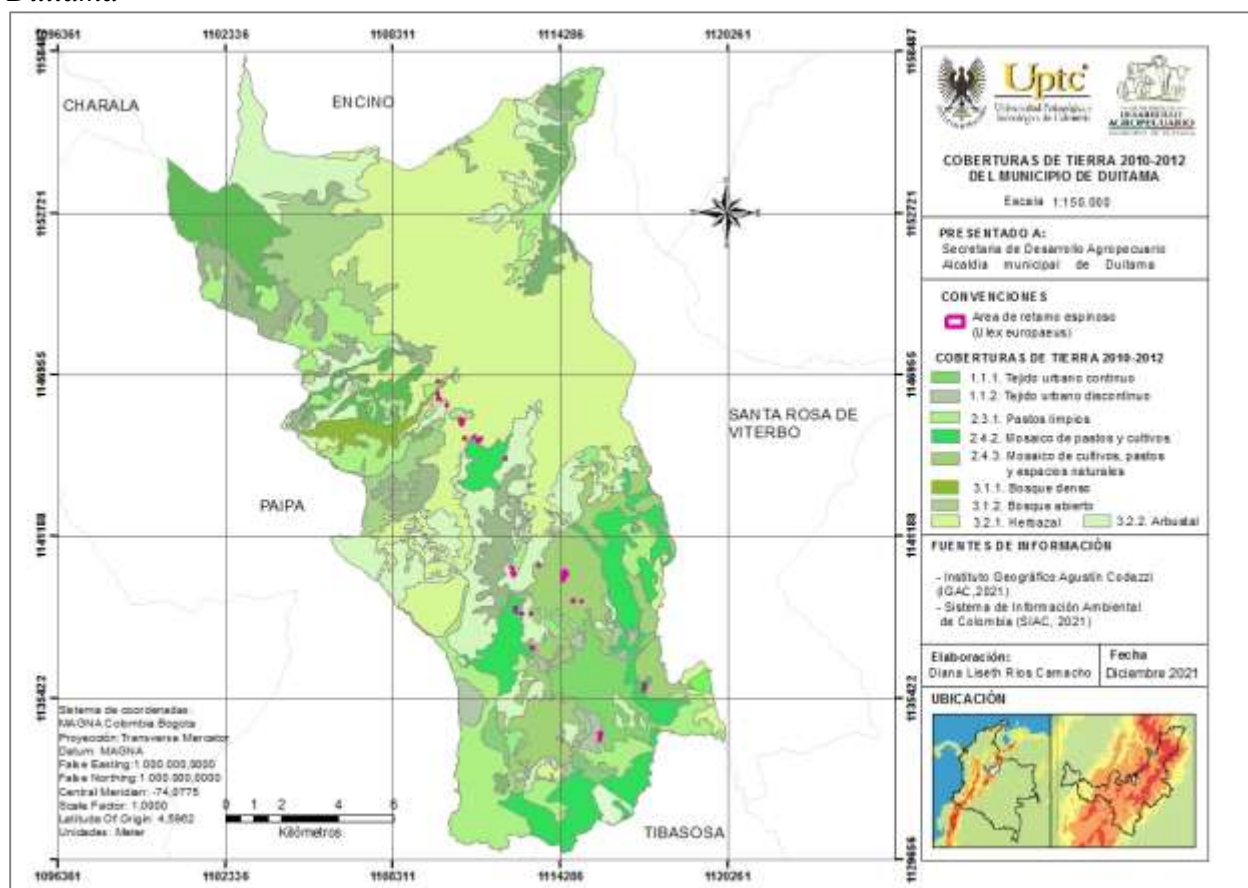
Nota. *Áreas tomadas por Gutiérrez.S,2021. **Áreas a verificar nuevamente. ***Área de retamo liso. Fuente. Elaboración Propia.

8.2.2. Coberturas de Tierra Para el Municipio

En base a la figura 10 “Coberturas de tierra del periodo 2010-2012”, se puede determinar que esta especie invasora se da en coberturas de tierra como pastos limpios, herbazal y arbustal mayormente, por otra parte, hay una mínima presencia del *Ulex europaeus* en mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, al igual que en mosaico de pastos y cultivos. Tomando estos datos, se analiza que la mayor presencia de retamo está en zonas que corresponderían a espacios naturales como páramos, ya que, en ellos predomina flora que se clasifica en herbazales y arbustales.

Figura 10.

Coberturas de tierra 2010-2012 sobreponiendo las áreas de retamo espinoso en el municipio de Duitama



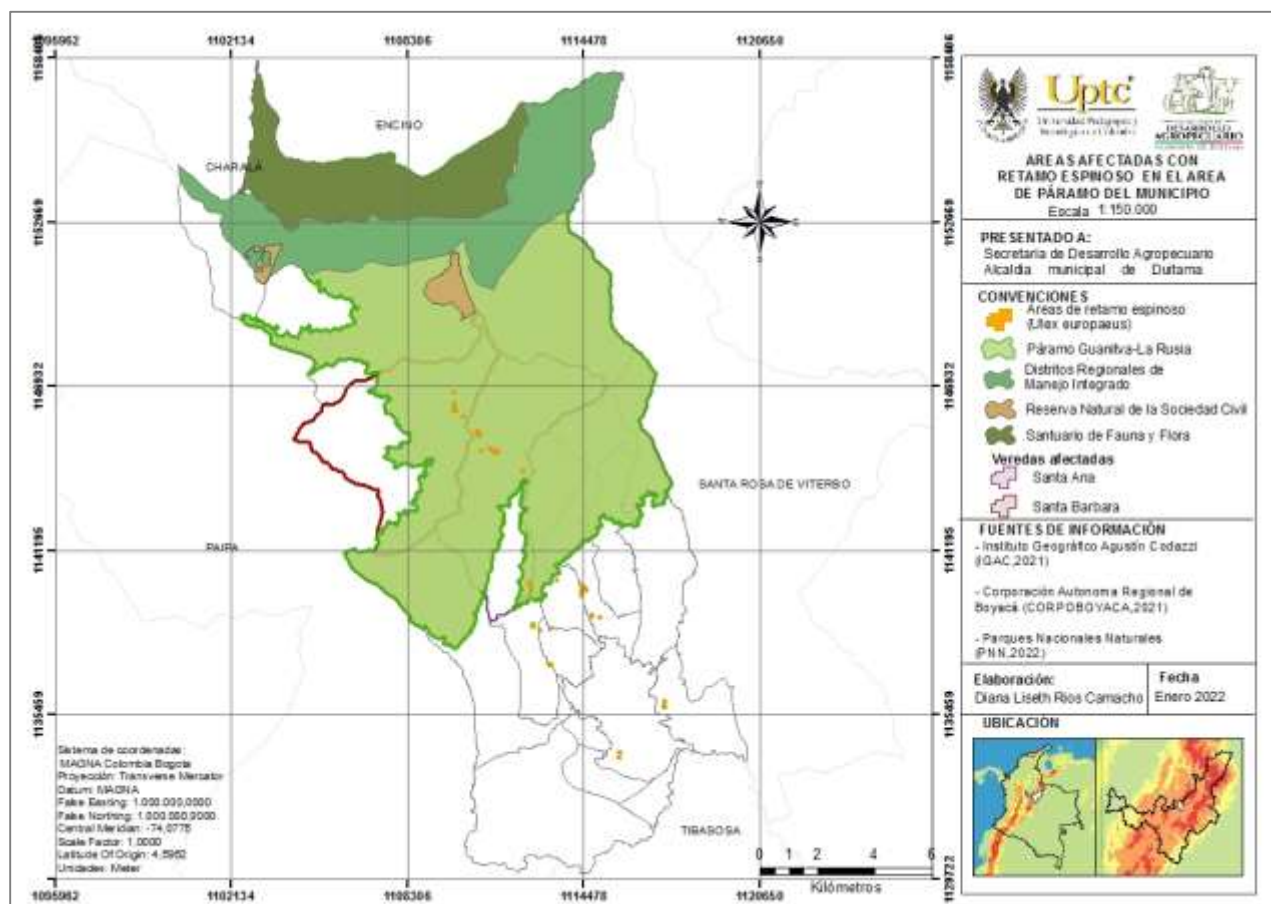
Nota. Se observan las distintas coberturas de tierra para el municipio de Duitama y se sobreponen las áreas de retamo espinoso con el fin de identificar en qué tipo de cobertura se da la especie. Fuente Propia.

8.2.3. Presencia de Páramo y Áreas de Reserva en el Municipio

Debido a la elevación estimada para el retamo (>2600 m.s.n.m), es determinante asociar su distribución a zonas típicas de páramo, también presente en áreas de reserva.

Figura 11.

Zona de páramo y reservas naturales en el municipio de Duitama contrastado con las áreas de retamo espinoso



Nota. Registros de distribución y delimitación de áreas de páramo y de reserva natural en Duitama. Fuente Elaboración Propia.

Al analizar la figura 11, el complejo de páramo Guantiva la Rusia se encuentra abarcando las veredas de: El Carmen, Avendaños, Santa Bárbara, Santa Ana, además, la parte alta de Sirata, San Antonio Sur, San Antonio Norte y una pequeña área de Santa Helena. Por otra parte, se puede asegurar que la mayoría de áreas de invasión se encuentran en la zona de páramo en las

veredas de Santa Ana y Santa Bárbara, y Sirata; de igual manera, se contrasta con lo que se observa en la figura 10 y se observa que las coberturas coinciden con la vegetación que se da en este tipo de ecosistema

La especie aún no se registra en el santuario de flora y fauna Guanentá Alto del río Fonce y reservas naturales de la sociedad civil tales como Lagunas encantadas, Altamira 1 y Altamira2, sin embargo, debido a la distribución actual, el retamo espinoso se considera un factor limitante para la zona, además es latente la tensión que puede generar en espacio y tiempo para los ecosistemas naturales en Duitama.

8.2.4. Especies nativas asociadas a *Ulex europaeus* en el municipio de Duitama.

Teniendo en cuenta que el lugar donde se encuentra la especie invasora objeto de estudio pertenece a ecosistemas de páramo y bosque alto andino en su mayoría, se identificaron especies que hacen parte del entorno del retamo, especies que pueden experimentar en el tiempo disminución de tamaños poblacionales y pérdida de hábitat (Tabla 5, Figura 12); estas son:

Tabla 5.

Especies nativas Duitama.

Nº	Nombre Científico	Nombre Común
1	<i>Tibouchina mollis</i>	Angelito
2	<i>Acaena cylindristachya</i>	Cadillo
3	<i>Hypericum juniperinum</i>	Chite, guardarocio
4	<i>Baccharis prunifolia</i>	Ciro, chilca
5	<i>Polylepis quadrijuga</i>	Colorado
6	<i>Digitalis purpurea</i>	Dedalera
7	<i>Espeletia Boyacensis</i>	Frailejon
8	<i>Rubus robustus</i>	Mora
9	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Mortiño
10	<i>Vallea stipularis</i>	Raque

Fuente. Elaboración propia.

Figura 12.

Espeletia boyacensis con presencia de retamo espinoso a su alrededor.



Nota. Se observa invasión de retamo espinoso en la vereda Santa Ana con presencia de frailejones. Fuente. Elaboración propia.

8.3.PROTOCOLO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO

El control de especies invasoras significa un reto para el país y particularmente para el municipio de Duitama; según investigaciones previas (Barrera-Cataño et al.,2019;Camargo Joya, 2020; Geerts et al., 2013,) son diferentes las estrategias que se pueden utilizar, aunque no siempre signifiquen ser las más efectivas, debido a que se deben tener en cuenta factores del terreno (topografía, coberturas de tierra, tipos y usos del suelo, etc.) e incluso factores económicos, que pueden limitar la aplicación de estas en campo. A continuación, se describen a groso modo las estrategias o métodos de control más utilizadas para especies leñosas dentro de las cuales clasifica el retamo espinoso.

8.3.1. Métodos más utilizados.

8.3.1.1.Método Físico

En este se incluyen los métodos manuales y mecánicos, siendo el primero uno de los más utilizados para control de especies, logra despejar zonas de invasión, complementa el control sobre zonas ya intervenidas, aunque representa mayor tiempo en campo, por otra parte, el segundo método, utiliza herramientas y equipos que permiten un mayor rendimiento en las zonas afectadas, pero se tienen que tener en cuenta factores como la topografía del terreno, tipo de vegetación entre otras para intervenir. Este método es una opción viable cuando las áreas de invasión no son demasiado extensas, además de que permite un control puntual sobre la especie sin maltratar vegetación aledaña propia de la zona, es de las medidas con menos impactos a nivel del suelo y se puede controlar de una mejor manera las flores para no dispersar aún más las semillas.

8.3.1.2.Método biológico:

Aplicado en países como Australia, Nueva Zelanda, Chile, entre otros (Ireson et al.,2013); para este se ha estudiado la incursión de organismos que inhiben el florecimiento de la especie y son agentes de control biológico, uno de los organismos utilizados es la polilla de brotes aulaga *Agonopterix umbellana*, sin embargo es necesario realizar experimentación direccionada a favorecer el establecimiento de la polilla para así garantizar el estrés en el retamo espinoso; otro organismo estudiado corresponde al gorgojo *Exapion ulicis* que ha presentado buenos resultados en pequeñas infestaciones aunque su manipulación y experimentación es costosa. Se aclara, que este tipo de control requiere de investigaciones según las condiciones ambientales en las que se desarrolla el retamo y la presencia de especies que pueden generar su disminución.

8.3.1.3. Método químico:

El uso de herbicidas es una muy buena opción para la contención de especies invasoras, puede llegar a ser un tratamiento económico, pero se debe tener especial cuidado con las repercusiones que puede causar al terreno ya que la ubicación del *Ulex europaeus* en Colombia y en la zona de estudio que corresponde al municipio de Duitama se encuentra la mayoría en ecosistemas de alta montaña lo que puede repercutir a largo plazo en impactos mayores en el suelo y generar un problema mayor.

Según Broadfield y McHenry (2019), el uso de herbicidas puede ser una opción viable, además, presentan la recopilación de varios químicos con resultados eficaces a nivel foliar de la planta, aplicando al suelo o con aplicación al cogollo o tallo cortado, dentro de los cuales se menciona al Picloram, el Imazapir, Glifosato entre otros a nivel químico, pero existen otras alternativas que aunque requieren mayor investigación pueden ser viables para el uso de especies invasoras, tal cual como lo menciona Clarimón y Cortés (2016) donde el uso de herbicidas biodegradables pueden ser una opción viable de reemplazo del glifosato, por ejemplo, “herbicidas de contacto elaborados a partir de otras sustancias como el aceite esencial de nogal, derivados del eucalipto, extractos de ajo y equiseto, etc.”.

Teniendo en cuenta lo anterior y la literatura consultada se propone las siguientes medidas de control para tratar *Ulex europaeus* en el municipio de Duitama, haciendo énfasis en 12 documentos entre guías, artículos, normativa y experiencia en campo para una propuesta adecuada (Amaro, 2005; Barrera-Cataño et al., 2019; Broadfield y McHenry, 2019; Camargo Joya, 2020; Ireson et al., 2013; Office of environment and Heritage, 2014; Pelaéz y Bóoo, 1986; Resolución 0684, 2018; Vargas et al., 2012; Vargas y León, 2009; Vargas, Leon y Diaz, 2009; Viljoen y Stoltsz, 2007).

8.3.2. Etapa de Planificación

Antes de intervenir un área con presencia de retamo espinoso es importante realizar actividades tales como:

- Reconocimiento del predio o zona: Se debe hacer una visita previa al sitio de intervención para identificar las áreas a controlar, determinar la ubicación, los límites del predio y si existe algún sitio de interés a nivel ambiental, por ejemplo, algún humedal o cauce, condiciones del sitio si es un terreno con pendiente pronunciada, si hay acceso vial al predio, además, altura de la planta invasora, si hay presencia de flores, etc. Para lograr un reconocimiento exitoso se puede llevar una lista de chequeo que contemple estos aspectos, así mismo, darle una identificación al predio como se refleja en la tabla 4 que incluye datos de vereda, el predio y el serial que le corresponda; para la medición de áreas se pueden utilizar herramientas o aplicaciones móviles que ayudan con datos como las coordenadas, altura entre otros, importantes para su determinación, finalmente se

puede compilar con el mapa de áreas existentes en el municipio si no existe registro de la zona invadida.

- Indagación del historial de intervención: Si es un predio privado se debe consultar con los propietarios si ha existido alguna intervención para controlar la especie, si han existido registros de perturbación en el lugar que influya en la presencia del retamo espinoso, por ejemplo, mantenimiento o arreglo de vías cercanas al terreno, incendios etc. Por otra parte, si es un sector público contemplar la lista de chequeo en el ítem anterior para verificar aspectos presentes en el lugar.
- Recursos con los que se cuenta: Es importante tener claridad con los recursos disponibles con los que se cuenta para la posible intervención del terreno tanto a nivel municipal como del propietario del predio si este llegara a ser privado, con el fin, de coordinar una intervención exitosa y no tener imprevistos en las jornadas programadas. Por ende, es necesario llegar acuerdos entre las partes antes de la intervención en temas como: personal que va intervenir, herramientas, equipos de seguridad, tiempo de ejecución. otras que se consideren según las condiciones del sector.
- Formulación de metas: Es ideal que las personas encargadas de ejecutar los procesos de control de retamo espinoso, se propongan unas metas iniciales para tal fin; se recomienda utilizar variables cuantificables que permitan llevar un seguimiento de los procesos, por ejemplo, metros cuadrados o hectáreas intervenidas, kilogramos de abono producido, actividades ejecutadas, entre otros.

Al tener claros estos ítems la intervención para el control de la especie será organizada y exitosa.

8.3.3. Consideraciones especiales de pre control.

- Si el terreno a intervenir presenta invasiones cercanas a una vía, fuente cercana de agua o sitio de importancia ambiental la cual pudiera verse afectada por el corte del retamo y dispersión de las semillas, se debe crear una barrera de aislamiento recomendable usar tela de cerramiento que rodee el lindero o zona a intervenir. Este paso aplica para todas las intervenciones sea primera vez o control de rebrotes y plántulas.

- Es ideal empezar a controlar la especie bien sea de manera manual o mecánica del borde de la invasión hacia al centro, con el fin de facilitar la medición del área removida y es más seguro para el personal que este participando en la actividad.
- Proponer en el terreno un punto de control de higiene no muy lejano a la zona de invasión que no supere los cinco metros, en el cual se pueda al final de la jornada retirar el barro o tierra acumulado en el calzado del personal y revisión de maquinaria o herramientas, sacudir las prendas en las cuales se pueda alojar las vainas, flores o espinas del retamo, por ejemplo, buzos, chaquetas, cachuchas en incluso el mismo cabello de la persona.

8.3.4. Medidas de control

Se propone utilizar el método físico tanto manual como mecánico cuando el tamaño de la invasión lo amerite, es importante mencionar que hasta el momento no hay ningún método que erradique totalmente la especie.

8.3.4.1. Primera Intervención:

Si es la primera vez que se interviene el predio, se realiza lo siguiente.

En la etapa de planificación se debe determinar la altura de las plantas de retamo espinoso, si esta se encuentra en un rango no superior a los 3 metros como se observa en la figura 13 y con áreas de invasión no muy extensas, las técnicas a utilizar son manuales con ayuda de herramientas mecánicas como la guadaña o la motosierra.

- Primero se debe cortar el follaje de la parte superior de la planta que incluye las flores, esta acción se debe realizar con ayuda de tijeras podadoras si el diámetro de la rama no supera los 3 cm y si lo hace con ayuda de un machete se puede quitar, es importante comenzar con las ramas que contengan flores y tener precaución al momento de quitarla.

Figura 13.

Planta de retamo espinoso con altura aproximada de 2 metros.



Nota. Planta de retamo espinoso producto de germinación de semilla por la ubicación. Fuente. Elaboración propia.

- Una vez se remueva este follaje se debe apilar sobre un material grueso como una geomembrana plástica de calibre 6, con el fin de evitar el apilamiento de semillas en el suelo directamente. Esta membrana o plástico debe estar cercano al área que se esté removiendo para disminuir la dispersión de semilla, además, los montículos que se formen no deben superar los 2 metros de altura debido a que por acción del viento se puede facilitar el transporte de semillas a otros lugares y en caso de aprovechamiento o transporte del material una altura superior dificulta más el proceso.
- El material que se va recolectando debe ser empacado en lonas o costales grandes de fibra u otro material resistente y de gran tamaño como un saco tipo big bag, que no permita que las semillas se dispersen, es recomendable que, al momento de empacar el follaje, se disponga de manera que quede en el fondo del costal o saco, las flores para evitar accidentes cuando se cierre o llene el mismo.
- Si se cuenta con la motosierra o guadaña se comienza a cortar el tallo y las ramificaciones pendientes o que no se pudieron cortar de manera manual, recordando que se debe hacer del borde de la invasión hacia el centro. Es importante dejar los cogollos o tallos a una altura mínima de 20 cm pero que no supere los 30 cm porque se pueden ocasionar

accidentes cuando su altura es mayor y dificulta la remoción, es importante procurar un corte liso, es decir, nivelado y sin puntas con fines de seguridad para la maquinaria y el personal.

Figura 14.

Tocones o corte del tallo del retamo espinoso.



Nota. Tocones de retamo (25-30 cm) posterior al control; registro fotográfico vereda Santa Ana.

Fuente. Elaboración propia.

- En el caso en que se de extracción de raíces y tocones con métodos físicos, se debe contar con herramientas como pica o barretón y azadón, la primera se utiliza para desagregarla tierra alrededor del tocón (las raíces del retamo son gruesas, profundas y en ocasiones alargadas lo que dificulta extraerla al primer intento); con ayuda del azadón se extrae la raíz, una vez se saque se debe fragmentar (picar) y disponer sobre la membrana para su posterior aprovechamiento.

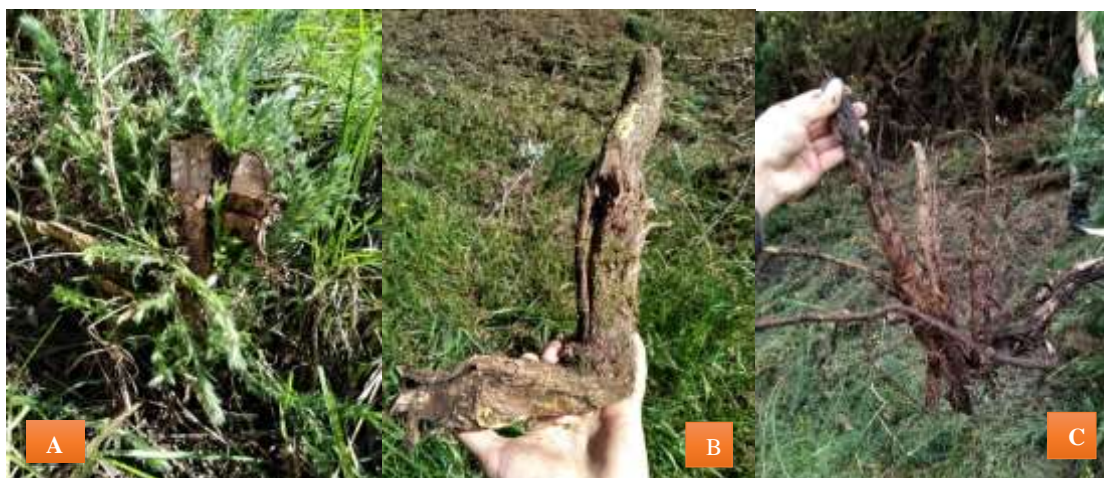
Si el retamo espinoso supera los 3 metros y el área de invasión es muy extensa (según condiciones de la zona a intervenir) se hace necesario el control mecánico con maquinaria (si las

condiciones del terreno lo permiten). Además, es importante mencionar que cualquier maquinaria que intervenga tendrá repercusiones sobre el suelo por ello lo que procede después de la intervención es el seguimiento.

- De acuerdo con la maquinaria con la que cuenta el municipio, el tractor con rastrillo es una buena opción a utilizar en campo, donde el objetivo es arrancar las raíces y plantas de mayor tamaño, pero antes de intervenir el tractor es importante despejar las ramas que estén al alcance del personal que estén en campo con ayuda de machete.
- Al igual que con el método manual el tractor deberá comenzar de los bordes de la invasión hacia el centro, también el material que sea removido deberá apilarse en un sitio muy cercano al lugar de invasión con la geo membrana y no superar los montículos 2 metros como se mencionó anteriormente y para facilitar procesos de aprovechamiento o disposición.

8.3.4.2. Control de rebrotes y plántulas

El rebrote se produce cuando el tallo principal ha sido cortado y crece con mayor facilidad en un corto tiempo ya que lo que se hace en el proceso de intervención para la planta se traduce en una poda, su floración se da aproximadamente a los seis meses del corte y las plántulas son aquellas que germinan de las semillas que se dispersan en la zona, su floración es as demorada que la del rebrote y se da aproximadamente a los doce meses.

Figura 15.*Rebrotos de retamo espinoso.*

Nota. A) Rebrote de ramas del tallo del retamo espinoso. B) Tocón cortado con rebrotos iniciales. C) Raíz gruesa y profunda del rebrote. Fuente. Elaboración propia.

Figura 16.*Plántulas de retamo espinoso.*

Nota. A) Raíz al detalle de una plántula. B) Raíz y ramas con presencia de espinas no vigorosas. C) Plántula al exterior del suelo. Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior para controlar los rebrotos y plántulas se hace necesario:

- Aplicar un método manual preferiblemente con herramientas como la pica y el azadón y repetir el procedimiento descrito en ítem 8.3.4.1 en la parte de extracción de raíces.
- Para las plántulas se puede realizar el retiro tirando con la mano, si el suelo así lo permite, porque una mala postura o fuerza puede lesionar a la persona, de no ser así es mejor usar el procedimiento previsto para los rebrotes.

Figura 17.

Retiro de plántula tirando con la mano.



Nota Extracción de plántula con raíz manualmente, vereda Santa Ana. Elaboración propia.

- Aunque estos no generan el volumen cuando se interviene áreas extensas y densas, se debe realizar el mismo procedimiento de apilamiento para luego disponer o aprovechar.

8.3.5. Seguimiento

Es necesario hacer un seguimiento al control propuesto del *Ulex europaeus* con la finalidad de extraer o eliminar rebrotes o plántulas y se logre el objetivo principal que es disminuir y controlar los parches de retamo en el municipio.

- Una vez se haya intervenido el predio o lugar de invasión, el seguimiento a rebrotes y plántulas es fundamental y debe realizarse mínimo cada tres meses después del corte,

evitando que llegue a floración y las dispersiones de semillas aumente. Este procedimiento debe llevarse a cabo durante el primer año después del corte, en el segundo y tercer año como lo menciona la resolución 0684 de 2018, el seguimiento deberá hacerse semestralmente, aunque si se hacen en menor tiempo, también es viable, al cuarto y quinto año se deberá hacer mínimo un seguimiento anual, observando que la disminución de rebrotes haya sido considerable y que el banco de semillas haya disminuido.

Tabla 6.

Cuadro resumen de fechas de seguimiento del retamo espinoso.

CALENDARIO SEGUIMIENTO DE RETAMO ESPINOSO (<i>Ulex europaeus</i>)			
	AÑO	Cantidad de visitas al año	Frecuencia
Control de rebrotos y plántulas	Año 1	4	3 meses
	Año 2	2	6 meses
	Año 3	2	6 meses
	Año 4	1	12 meses
	Año 5	1	12 meses

Nota. Calendario con fechas importantes para seguimiento de *Ulex europaeus*. Elaboración propia.

- Además de tener presentes las fechas de seguimiento, es oportuno contar con indicadores que permitan evaluar el seguimiento y gestión, por ejemplo:

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades programadas}}$$

Se pueden incluir más, de acuerdo a la experiencia que se vaya dando en campo de otras actividades a monitorear.

8.3.6. Medidas de aprovechamiento y/o disposición final

7.2.1.1. Medidas de aprovechamiento

Se describen a continuación desde la experiencia en campo y literatura consultada, las medidas que se han realizado.

8.3.6.1.1. *Abono orgánico*

El abono como medida de aprovechamiento frente a la biomasa generada por el retamo espinoso, es una de las estrategias más populares para darle un tratamiento a esta planta invasora. Como experiencias comunitarias enmarcadas en el uso del retamo, en la vereda Sirata de Duitama se ha elaborado abono orgánico a base de la planta, esta práctica actualmente es realizada por la señora Rosa Cecilia Corredor Araque con apoyo de ingenieros agrónomos.

A continuación, se describe el proceso de elaboración con previa autorización de quien lo realiza; se aclara que se requiere perfeccionar el método con acciones más técnicas para cuantificar los contenidos nutricionales:

- En principio, el follaje del retamo (ramas y flores) es la materia prima por preferencia debido a su consistencia y menor lignificación comparado con los tallos principales, estos últimos requieren de mayor dedicación para la generación del producto orgánico.
- Para incorporar la biomasa del retamo espinoso es necesario que el follaje sea triturado lo más fino posible, para esto se puede disponer de machete (manualmente más tiempo), una trituradora o chipeadora (mecánicamente menor tiempo, aunque acarrea más costos). La experiencia en campo se realizó cortando y picando con ayuda de un machete. Los insumos requeridos para el abono se enlistan en la tabla 7:

Tabla 7.

Materiales usados para la elaboración de abono orgánico con 10kg de retamo espinoso.

Cantidad	Unidad	Material o insumo
10	Kg	Retamo espinoso triturado
10	Kg	Estiércol de animales como caballos, ovejas o vacas,
250	g	Levadura
1	Kg	Carbón vegetal molido
1	Kg	Melaza
1	L	Leche o suero
2	Kg	Cal dolomita o ceniza de leña pero que no sea de árboles como el pino y eucalipto

Fuente. Elaboración propia.

Proceso de elaboración.

1. Se disuelve en un balde, 10 litros de agua, se adiciona melaza, el suero o leche; la levadura se mezcla en agua tibia y se agrega al balde con la cal y la ceniza.
2. Se dispone un área seca para realizar las celdas de abono usualmente con esta cantidad se plantean dos de tamaño: 100 x 60 centímetros aproximadamente, si así se desea; se comienza con una capa de retamo espinoso triturado, luego una capa de suelo virgen y una de estiércol de animal.
3. Después se rocía el contenido preparado en el balde sobre las tres capas completas y se repite una vez más el proceso de adición de capas en el mismo orden mencionado en el paso 2.
4. En seguida, con ayuda de una pala se realiza un proceso de volteo para compactar y hacer más homogénea la mezcla. Posteriormente se cubre toda la mezcla con alguna tela o lona con el fin de mantener una temperatura cálida del abono, es necesario indicar que la mezcla no debe estar expuesta al sol directamente.
5. El volteo se repite normalmente un día de por medio en condiciones de temperaturas normales del municipio de Duitama, si se realizará en zonas más frías como el páramo se realiza el volteo cada tres días. Este proceso se debe realizar durante dos meses, ya que para esa fecha el abono estará listo para tamizar.
6. Para un control de la temperatura se pueden utilizar el método del machete, el cual consiste en introducir la lámina de este, dentro del abono, al retirarlo se toca y se comprueba la temperatura. (Este procedimiento de control de temperatura es un método empírico utilizado localmente).
 - Si el machete está muy caliente se debe destapar, si está tibio, la temperatura es óptima.
7. Finalmente, cuando se vaya a utilizar el abono se debe tamizar para evitar que se vayan restos de retamo que no se hayan descompuesto. Para la elaboración de este abono el costo en insumos es de 35.000 pesos aproximadamente.

Figura 18.

Residuos de abono tamizado



Fuente. Elaboración propia.

- **Estudio de caso.**

Como actividad práctica, se puso a prueba de forma preliminar la utilidad del abono orgánico preparado; se sembró lechuga, hortaliza de hoja comestible con un clipo vegetativo corto y de rápido crecimiento.

El día primero de diciembre del año 2021 se realizaron pequeños surcos en materas con el fin de esparcir las semillas en los mismos; con el desarrollo de mínimo 3(4) hojas verdaderas, el día seis de enero de 2022 se realizó, el trasplante de plántulas (FAO, 2011), las cuales fueron dispuestas en tres recipientes cada uno con diferentes sustratos a saber: **1.** tierra normal sin abono; **2.** tierra normal abonada con humus; **3.** tierra normal abonada con el retamo espinoso. Todo esto, con el fin de hacer una comparación descriptiva del crecimiento.

A continuación se presenta un registro fotográfico que evidencia el proceso en la figura 19 y 20.

Figura 19.

Siembra de semillas de lechuga crespa



Nota. Siembra de semillas de lechuga crespa. Fuente. Elaboración propia.

Figura 20.

Proceso de crecimiento de plántulas de lechuga.



Nota. Recipiente 1, 2 y 3 que muestra el desarrollo de plántulas en diferentes condiciones de sustratos orgánicos. Fuente. Elaboración propia.

El resultado preliminar determina óptimo crecimiento de las lechugas independiente del sustrato, unas con mejor rendimiento, pero todos los sustratos útiles para la propagación. En el sustrato número 3 que corresponde al abono con retamo espinoso, la humedad se mantiene más que en las otras dos (datos descriptivos; Tabla 8).

Tabla 8.

Datos recipientes con lechuga

N° recipiente	N° de hojas	Altura (cm)
Recipiente 1	7	7
Recipiente 2	6	7,2
Recipiente 3	3	5,5

Nota. Número de hojas y altura de crecimiento registrados en los tres recipientes (datos preliminares que supeditan diseños experimentales). Fuente. Elaboración propia.

Se espera que las lechugas después de que se realizó el trasplante de plántulas alrededor de 60 días ya estén listas para el consumo y se pueda hacer un mejor análisis de su crecimiento, hasta el momento, se puede evidenciar que la plántula que está creciendo con el abono de retamo espinoso presenta una menor altura y número de hojas respecto a los otros dos recipientes, pero el rendimiento se verá cuando la planta esté lista para el consumo.

Con este estudio de caso o experiencia realizada, se quiso comprobar, si el abono que se elabora con retamo espinoso funciona para fines comerciales, aunque cabe aclarar, que se requiere estudios técnicos para la elaboración de este tipo de abonos, ya que, se deben monitorear parámetros como la relación carbono – nitrógeno, pH, humedad, temperatura entre otros y así mismo, demostrar su viabilidad para posibles usos en las huertas o cultivos de interés.

8.3.6.1.2. Pacas biodigestoras.

Es una buena opción para trabajar en campo, ya que, es considerado un método para el aprovechamiento de residuos orgánicos, requiere al igual que el abono orgánico, que el material como el retamo sea triturado antes de utilizar, los insumos a parte de la biomasa triturada de la especie, se requiere desperdicios de alimentos no ácidos para su elaboración.

La experiencia en campo se llevó a cabo con biomasa de retamo liso, pero puede ser un referente a estudiar con el retamo espinoso en el que participó la secretaria de desarrollo agropecuario y la red de acción de desarrollo sostenible RADS. El proceso de elaboración consiste en buscar un lugar seco y firme, con ayuda de un cajón hueco de medidas 1 x 1 metro y altura de 30 cm empezar a llenarlo por capas, la primera capa consiste en colocar ramas un poco gruesas para soportar las capas que se pondrán sobre él, luego se coloca una capa material vegetal o biomasa triturada a continuación en el centro del cajón se coloca la caneca de 200 L que contiene los desperdicios orgánicos y se deja ahí mientras se coloca alrededor de ella material vegetal triturado, hasta llegar a los 30 cm, tiene de alto el cajón, es importante mencionar que se debe ir compactando el material pisándolo para generar más peso, una vez se llena se retira la caneca y se depositan en el hueco formado los desperdicios orgánicos. El proceso de descomposición aproximadamente de nueve meses para generar el abono a partir de este proceso.

Figura 21.

Elaboración de pacas biodigestoras.



Nota. A) proceso de llenado en el cajón. B) Paca biodigestora completa realizada en parque de los enamorados del municipio, apoyó RADS Duitama. Fuente. Elaboración propia.

8.3.6.1.3. Incineración

Dentro de las prácticas aceptadas por el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible se encuentra esta opción. La incineración no debe realizarse en campo ya que, por las características propias del retamo se produciría una mayor dispersión de semillas, por ello si se va disponer para este fin se recomienda:

- Llevar el follaje del retamo recolectado en campo a hornos incineradores, los cuales presentan, temperaturas altas y se puede descomponer el material especialmente las semillas. Estos establecimientos deben contar con permisos ambientales exigidos por la norma, por ejemplo, permiso de emisiones atmosféricas.
- Para transportar este material vegetal, se debe recubrir el platón del vehículo donde se coloque para llevarlo al incinerador, es recomendable, utilizar la membrana plástica de calibre 6. Además, debe recubrirse por encima, cuando todas las lonas con retamo se encuentren en el vehículo.

- Cuando sea descargado el material, se deberá hacer una limpieza al vehículo, depositando los residuos que hayan podido caer de las lonas, en otro saco o lona y entregarlo con los demás para incinerar.
- Se puede llevar un registro como lo recomienda la resolución 0684 de 2018 en el cual se indiquen datos como la especie de retamo a incinerar, lugar donde será llevado, entre otros.

Tabla 9.

Formato registro de movilización de retamo.

REGISTRO DE MOVILIZACIÓN DE RETAMO.			
Fecha:			
Nombre de la especie a transportar:			
Origen del material		Origen de destino	
Vereda:		Empresa o entidad	
Predio:		Nombre de quien recibe	
Cantidad recolectada		Método de destrucción	
Observaciones: _____			

Nota. Propuesta de formato con algunos datos propuestos por la resolución 0684 de 2018.

Fuente. Elaboración propia.

8.4. Otras Consideraciones.

Una vez se proponen las medidas de control y seguimiento es importante ir más allá en la recuperación del suelo donde esta especie se ha establecido y por eso se propone formular estrategias de restauración ecológica y modelación del nicho ecológico. Se hará una breve descripción de cómo llevar a cabo estas estrategias que fortalecen el control de esta especie invasora, las cuales requieren de un estudio independiente a profundidad. Se proponen como medidas a tomar a un mediano o largo plazo.

8.4.1. Restauración ecológica

Es un instrumento mediante el cual se puede lograr la recuperación de un ecosistema que haya sido expuesto a disturbios, en el caso del retamo espinoso, por su carácter invasor puede generar en los lugares donde se establece cambios significativos en la fauna endémica del lugar entre otros.

Se han formulado una serie de pasos que facilitan la planeación de una restauración ecológica efectiva en el ecosistema tal como lo sugiere Vargas et al. (2012) en la guía de restauración ecológica, se incluyen aspectos como identificación del ecosistema en donde se quiera realizar la restauración, el estado a nivel biótico y abiótico en el que se encuentre, también es importante definir los niveles de organización, es decir, a qué nivel se quiere intervenir si local o a nivel del ecosistema y paisaje entre otros, además, describir los disturbios y factores tensionantes que presente el lugar o ecosistema definido para tal fin, luego se definen los objetivos y acciones de restauración, seguido de un monitoreo y seguimiento, finalmente es necesario contar con la participación de la comunidad

Para el municipio de Duitama, muchos de estos lugares como se evidenció en la fase de diagnóstico, las áreas de retamo espinoso identificadas, invaden zonas de bosques de alta montaña con transición al ecosistema páramo, incluso, pueden llegar afectar áreas protegidas como el santuario de flora y fauna Guanenta alto del río Fonce, por ende, en el proceso de restauración de áreas afectadas, se ve la necesidad de propagar especies nativas, por ejemplo en zonas de páramo, especies como *Polylepis cuadrijuga* o colorado, frailejones como el *Espeletia boyacensis*, entre otros.

8.4.2. Modelación del nicho ecológico.

El modelo de nicho ecológico (ENM) por su sigla en inglés, es un método que permite relacionar no solo datos de ubicación de una especie, sino que incluye variables ambientales que sirven para predecir el potencial de distribución a nivel geográfico, mediante herramientas matemáticas, mapas de coberturas, etc. Wiley et al. (2003) asegura que estos modelos ecológicos que se proyectan a través de un mapa sientan bases importantes para predecir el comportamiento de la especie a nivel geográfico.

Teniendo en cuenta lo anterior, la modelación del retamo espinoso en el municipio de Duitama es necesaria, ya que, daría herramientas para una mejor planificación del territorio y tomar medidas no solo de prevención sino de conservación del ecosistema.

8.5.Formatos

Se muestran formatos que pueden ser utilizados en campo y facilitar el trabajo en el manejo de la información.

Tabla 10.

Formato de intervención de retamo.

FORMATO INDIVIDUAL DE INTERVENCIÓN DE RETAMO - MUNICIPIO DE DUITAMA			
INFORMACIÓN GENERAL			
Sector o vereda			Fecha de intervención
Predio (Marque con una X la opción que corresponda)	Público	Privado	Coordenadas del lugar
Presencia de retamo	Liso <input type="checkbox"/>	Espinoso <input type="checkbox"/>	
Nota: Si el predio es privado llenar la siguiente información			
Nombre del propietario			Documento de identidad
Numero telefónico de contacto			Correo electrónico
INFORMACIÓN DEL RETAMO			
Altura aproximada del retamo presente en el predio (dar información en metros (m)):			
El retamo presenta flores (de color amarillo)		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Otras observaciones que se consideren importantes:			
Cuántas intervenciones ha tenido el lugar:			
ACTIVIDADES REALIZADAS EN CAMPO (enumérelas en los siguientes campos)			
Herramientas utilizadas para la intervención			
Área total afectada en m ²		Área intervenida en m ²	
PERSONAL QUE PARTICIPA EN LA INTERVENCIÓN (mencione si hay colaboración de entidades externas)			
EVIDENCIAS		DISPOSICIÓN	
Si existen del antes y después anexaslas al formato		¿Qué disposición se hace a los residuos del retamo en el lugar?	
		Incineración <input type="checkbox"/>	
		Materia prima <input type="checkbox"/>	
		Abono <input type="checkbox"/>	
SEGUIMIENTO			
Fecha propuesta			
OBSERVACIONES			

Nota. Formato para intervenciones en predios por primera vez. Fuente. Gutiérrez y Rios (2021).

8.6.Glosario

- Control: Medidas encaminadas a disminuir la especie invasora.
- Disturbio: Evento más o menos discreto en el tiempo (es decir, que tiene un comienzo y un final) de pérdida destructiva de elementos u organización en el ecosistema, generado por uno o más tensionantes. (Parques Nacionales de Colombia [PNN], s.f)
- Ecosistema: Conformación de sistemas complejos integrados por agentes bióticos y abióticos interactuando en un espacio y tiempo determinados. (Martínez-Yrizar, Álvarez-Sánchez y Maass, 2017).
- Especie pirófila: Plantas que tienen esencias o resinas inflamables que ayudan a propagar el fuego. (Barrera et.,2019).
- Follaje: Compuesto de ramillas y hojas en la copa de un árbol o arbusto. (Eguilúz y Rente, 2000).
- Humus: Material orgánico derivado de la putrefacción parcial de la materia animal y vegetal. (Smith y Smith, 2006)
- Indicador: Forma de verificar objetivamente si la situación enfocada por un criterio, es correcta. Los indicadores deben ser precisos y medibles. (Parques Nacionales de Colombia [PNN], 2008)
- Tocón: Parte más baja del retamo espinoso cuando ha sido cortado, es decir, el tallo cortado con mínima altura

9. CONCLUSIONES

Luego de una revisión exhaustiva en diferentes fuentes de información y el trabajo de campo, se lograron describir características taxonómicas, aspectos ecológicos, medios de dispersión y el comportamiento invasor del retamo espinoso; esta información es la base para interpretar futuros escenarios de distribución de la especie a nivel local, y posibles estrategias de la especie para la invasión (autoecología de la especie). Así mismo, se corroboran los impactos que *Ulex europaeus* causa ambientalmente, dentro de estos, el desplazamiento de especies nativas, el más evidente, otras como la disminución de la productividad de suelos y pérdida de los mismos. Lo anterior debido al uso inadecuado de suelo y las incipientes acciones de las entidades públicas y privadas en el municipio.

Respecto a la distribución de la especie, es notoria la presencia de retamo espinoso en el municipio de Duitama, soportado en los nuevos registros y las áreas que ocupa a nivel rural y en la zona urbana; el retamo es un tensionante en la vereda Santa Ana (65200,13 m²), esta se puede considerar una localidad foco de dispersión, esta limita con las veredas de Avendaños, Surba y Bonza que en el tiempo pueden experimentar la invasión biológica si se realizan prácticas acondicionadas a modificar el uso de suelo (áreas naturales transformadas a pastoreo y ganadería).

El contrastar las áreas de invasión con las coberturas de tierra, se determina que, aquellas zonas de importancia ambiental (páramos y áreas de reserva natural), son prioritarios para que el control biológico, en la práctica, se realice a partir de los puntos o registros de presencia más cercanos a estas áreas. Estos focos de invasión se encuentran en las veredas de Santa Bárbara y Santa Ana con una altura aproximada de 3200 m.s.n.m e incluso más, es importante mencionar que, en estas veredas, la especie crece en bordes de vías que según las condiciones de intervención pueden favorecer la extensión en área. La restauración ecológica debe ser prioridad en estas zonas, ya que, esta aporta en mitigar el impacto del retamo con la incorporación de especies nativas que pueden competir por espacio.

Con la elaboración de abonos orgánicos, se probó a nivel de ensayo verificando que tan bueno puede ser el uso del mismo y aunque la hortaliza aun no completa su ciclo vegetativo, se observa que puede ser una opción viable de aprovechamiento, siempre y cuando se sigan evaluando

factores más técnicos en su elaboración y monitoreo, pero, es importante resaltar, la apropiación que ha tenido la comunidad respecto al tema de estudio, incluyendo este tipo de técnicas que favorecen a la comunidad en la generación de abonos e incluso fomentar el uso de técnicas agroecológicas que permitan el uso del mismo; de igual modo, se describieron los métodos más utilizados y en base a lo anteriormente expuesto, se propuso hacer uso de medidas manuales tanto mecánicas si las condiciones del terreno lo permiten y lo requieren para controlar la especie en el municipio.

En síntesis, la información recopilada durante los cuatro meses de práctica en la secretaria de desarrollo Agropecuario (SDA), complementó junto con las bases de información, el protocolo que se formuló en el proyecto y se constató la agresividad y rapidez con la que esta especie se puede propagar, además, se evidencia que aún faltan áreas por identificar, pero, se dejan buenos elementos como el mapa que se muestra en la figura 7, para continuar en la labor de identificación y control.

Finalmente, el aprendizaje obtenido en estos cuatro meses de pasantía es amplio, ya que no solo me dieron una perspectiva del campo laboral, sino que también se pudo percibir la magnitud que puede tener el hecho de no controlar a tiempo especies invasoras en el territorio, así mismo, ratificar la importancia ambiental de los ecosistemas de páramo y la protección que deben recibir estos mismos en estos procesos de invasión.

10. RECOMENDACIONES

Aunque se plantean medidas de control y seguimiento para la disminución de la especie, el éxito de toda labor es la constancia, por ende, es importante trazar cronogramas de seguimiento de cada uno de los predios en los que se realice intervención para el retamo espinoso, además es importante monitorear zonas de invasión que se encuentran en límites del municipio de Duitama, como es el caso de la salida hacia el municipio de Santa Rosa de Viterbo que colinda con la vereda San Antonio Norte de Duitama.

Se sugiere complementar las prácticas de control (físico o mecánico) con procesos de investigación (monitoreo del comportamiento biológico), a nivel municipal, departamental y nacional; no es posible desconocer las prácticas empíricas de la comunidad local, existen experiencias que permiten apropiarse de forma técnica, la preparación de insumos orgánicos acondicionados a buenas prácticas agrícolas.

Se sugieren programas de educación ambiental (socialización y sensibilización) dirigidos a las instituciones de gobierno, educativas y comunidad en general, enfocados al conocimiento de las invasiones biológicas, técnicas de restauración ecológica, así como de aprovechamiento de biomásas con retamo espinoso.

En el caso del abono orgánico, representa una idea que puede ser considerada como medida de aprovechamiento, pero, es necesario hacer una revisión técnica para garantizar que: primero, no se disperse las semillas que no se pudren completamente en el abono y segundo, que pueda aportar los nutrientes a la tierra necesarios como cualquier otro producto similar a este. Así mismo, aclarar que el experimento de la siembra de lechugas se hizo a escala piloto, por tanto, las condiciones de un terreno abierto serán más apropiadas que en una maceta.

Aunar esfuerzos técnicos entre la alcaldía de Duitama, CORPOBOYACÁ y Parques Nacionales Naturales (PNN), para que, a través de los escenarios de restauración ecológica y de modelación del nicho se identifiquen nuevas áreas que aporten a la gestión territorial a nivel ambiental y consolidar así el presente protocolo de control y seguimiento de *Ulex europaeus* L.

11. REFERENCIAS

- Altamirano, A., Cely, J. P., Etter, A., Miranda, A., Fuentes-Ramirez, A., Acevedo, P., ... Vargas, R. (2016). *The invasive species Ulex europaeus (Fabaceae) shows high dynamism in a fragmented landscape of south-central Chile*. Environmental Monitoring and Assessment, 188(8), 495. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5498-6>
- Amaro, C. I. (2005). *Ulex europaeus (L.). Tojo: maleza forestal invasora*. Revista Del Plan Agropecuario (Uruguay), 113, 40–42.
- Bakhiet, H. (2014). *Environmental Conservation and Sustainable Development*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/348178448_Environmental_Conservation_and_Sustainable_Development
- Barrera-Cataño, J., Contreras-Rodríguez, S. M., Malambo-Duarte, N., Moreno-Cárdenas, A., Ocampo, R., Rodríguez-Perdomo, D., & Rojas-Rojas, J. (2019). *Plan de prevención manejo y control de las especies de retamo espinoso (Ulex europaeus) y retamo liso (Genista monspessulana) en la jurisdicción CAR* (J. Barrera Cataño, J. Rojas Rojas, S. M. Contreras-Rodríguez, & S. Basto Mercado, Eds.). Bogotá, Colombia: Proceditor Ltda.
- Bateman, J. B., & Vitousek, P. M. (2018). *Soil fertility response to Ulex europaeus invasion and restoration efforts*. Biological Invasions, 20(10), 2777–2791. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1729-9>
- Broadfield, N., & McHenry, M. T. (2019). *A world of gorse: Persistence of ulex europaeus in managed landscapes*. Plants, 8(11). <https://doi.org/10.3390/plants8110523>
- Camargo Joya, A. (2020). *Manejo de retamo espinoso (ulex europaeus) en la Vereda la Quinta en la ciudad de Duitama-Boyacá*. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Retrieved from https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3419/1/Manejo_de_retamo.pdf

- Cárdenas-Lopez, D., Baptiste, M. P., & Castaño, N. (2017). *Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia*. (L. Garcia, C. Castellanos-Castro, R. Gonzalez-M, B. Salgado-Negret, M. Aguilar, W. Rodriguez, ... N. Pelaez, Eds.). Retrieved from <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32935/557.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caro, A., Diaz-Espinoza, A., & Diaz-Triana, J. (2012). Especies que son invasoras en los humedales de Bogotá: *Ulex europaeus*. In *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá* (pp. 92–96). Retrieved from <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/1763282/Catálogo Plantas Invasoras.pdf>
- Castro-Gomez, J., & Cervera-Gomez, J. (2014). *Formulación de indicadores de sostenibilidad para la erradicación de la especie retamo espinoso (Ulex europaeus) en las áreas afectadas de los cerros orientales de Bogotá* [Proyecto de grado especialización, Universidad Libre]. Retrieved from [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10650/PROYECTO_GRADO_GERENCIA_AMBIENTAL_2014\(IS.RETAMO\).pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10650/PROYECTO_GRADO_GERENCIA_AMBIENTAL_2014(IS.RETAMO).pdf?sequence=1)
- Clarimón, L., & Cortés, A. (2016). *Alternativas Al Uso Del Glifosato Y Otros Herbicidas De Síntesis Química*.
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan* (p. 161). p. 161. Bogotá D.C.: Congreso de Colombia.
- Congreso de Colombia. (1994). *Por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”, hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992*. (pp. 38–59). pp. 38–59. Bogotá D.C.
- Corona-Lisboa, J. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación*. *Medisur*, 14(1), 81–83.

- Corporacion Autonoma Regional de Boyacá. (2020). *Conozca las seis especies invasoras que están ahogando ecosistemas estratégicos en Boyacá*. Retrieved from <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/conozca-las-seis-especies-invasoras-que-estan-ahogando-ecosistemas-estrategicos-en-boyaca/>
- Gabrys, B., Capinera, J. L., Legaspi, J. C., Legaspi, B. C., Long, L. S., Capinera, J. L., ... Jolivet, P. (2008). Containment. In *Encyclopedia of Entomology* (pp. 1045–1045). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_10005
- Eguilúz, T., & Rente, J. (2000). *Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México*. In México. Retrieved from http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/manual_tecnico_arboles.pdf
- Ellison, C. A., & Barreto, R. W. (2004). *Prospects for the management of invasive alien weeds using co-evolved fungal pathogens: A Latin American perspective*. *Biological Invasions*, 6(1), 23–45. <https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000010118.36571.ef>
- FAO. (2011). Producción de hortalizas. *Ayuda Humanitaria de Asistencia y Recuperación Para Comunidades Afectadas Por La Sequía En El Chaco*, 2, 1–20. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>
- Geerts, S., Botha, P. W., Visser, V., Richardson, D. M., & Wilson, J. R. U. (2013). *Montpellier broom (Genista monspessulana) and Spanish broom (Spartium junceum) in South Africa: An assessment of invasiveness and options for management*. *South African Journal of Botany*, 87, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.03.019>
- Gong, X., Chen, Y., Wang, T., Jiang, X., Hu, X., & Feng, J. (2020). *Double-edged effects of climate change on plant invasions: Ecological niche modeling global distributions of two invasive alien plants*. *Science of The Total Environment*, 740, 139933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139933>
- Gränzig, T., Fassnacht, F. E., Kleinschmit, B., & Förster, M. (2021). *Mapping the fractional*

coverage of the invasive shrub Ulex europaeus with multi-temporal Sentinel-2 imagery utilizing UAV orthoimages and a new spatial optimization approach. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 96(December 2020), 102281.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102281>

Hornoy, B., Tarayre, M., Hervé, M., Gigord, L., & Atlan, A. (2011). *Invasive plants and enemy release: Evolution of trait means and trait correlations in ulex europaeus*. PLoS ONE, 6(10), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026275>

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2014). *Precipitación media total mensual octubre*.

Ireson, J. E., Gourlay, A. H., Sagliocco, J. L., Holloway, R. J., Chatterton, W. S., & Corkrey, R. (2013). Host testing, establishment and biology of the gorse soft shoot moth, *Agonopterix umbellana* (Fabricius) (Lepidoptera: Oecophoridae), a potential biological control agent for gorse, *Ulex europaeus* L. (Fabaceae), in Australia. *Biological Control*, 67(3), 451–461.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.08.012>

Martínez-Yrizar, A., Álvarez-Sánchez, J., & Maass, M. (2017). *Análisis y perspectivas del estudio de los ecosistemas terrestres de México: dinámica hidrológica y flujos de nitrógeno y fósforo*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 27–41.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.008>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 0684 del 2018 Por la cual se establecen lineamientos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) y Retamo Liso (Genista monspessulana (L.) L.A.S.Johnson) como para la restauración ecológica*, r (p. 13). p. 13. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Resolución 769 de 2002 Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los*

páramos. (p. 6). p. 6. Retrieved from

<https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2002resolucion769.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt- IAvH. 124 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 0225 de 2018 Por la cual se establecen directrices normativas para el manejo, control y uso sobre especies ornamentales marinas y se adoptan otras disposiciones*. (p. 5). p. 5. Retrieved from [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/b8-res_0225 de 2018.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/b8-res_0225_de_2018.pdf)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Resolución Número 0848 *Por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y de adoptan otras determinaciones. Nacional*, p. 5. Retrieved from http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/res_0848.pdf

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Decreto 2820 de 2010 *Por el cual se reglamenta el Título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales* (p. 32). p. 32. Bogotá D.C.: Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Naylor, R. E. L. (2003). WEEDS | *Weed Biology*. In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* (pp. 1485–1494). <https://doi.org/10.1016/B0-12-227050-9/00158-7>

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), 99–109. <https://doi.org/10.21068/c2017v18s01a05>

Ocampo-Zuleta, K. (2019). *Modelo descriptivo de restauración ecológica en zonas afectadas por incendios forestales e invasión de retamo espinoso en los Cerros Orientales de Bogotá*. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.71953>

- Office of environment and Heritage. (2014). *Broom Management Manual: current management and control options for Scotch (Cytisus scoparius), Montpellier (Genista monspessulana) and flax-leaf (G. linifolia) brooms in Australia*. Sydney. Office environment and Heritage (NSW).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1997). *Apendice I: Definiciones de los términos*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/Y1390S/y1390s0d.htm#TopOfPage>
- Ortiz, N. (2019). *Evaluación de una malla tejida de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L) para protección de la erosión en taludes*. Universidad De La Salle.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN]. (s.f). 3. *Ecología de la alteración y función amortiguadora* (p. 24). (n.d.). Retrieved from <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/08/3-ZONAS.pdf>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN]. (2008). *Manual para la delimitación y zonificación de zonas amortiguadoras*. Retrieved from https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-3-PNN-2008-Manual-delimita_zonifica-ZA.pdf
- Pelaéz, D., & Bóo, R. (1986). *Leñosas invasoras. Causas y control*. Facultad de Agronomía, 7, 85–95.
- Presidencia de la Republica de Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974*. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2(1), 258–263. <https://doi.org/10.1109/JSAC.1984.1146039>
- Rangel - Ch., J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(51), 176. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Ríos, O. V. (2011). *Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación*. Acta Biologica

Colombiana, 16(2), 221–246.

Smith, T., & Smith, R. L. (2006). *Ecaltaologia.6a edición* (M. Martin-Romo, ed.). Retrieved from <https://www.untumbes.edu.pe//vcs/biblioteca/document/varioslibros/0707.Ecología.pdf>

“shrub”. (2010). En *Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning* (pp. 906–906). https://doi.org/10.1007/978-3-540-76435-9_12774

Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., & Gómez, P. (2012). *Guía Técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Bogotá D.C.: Convenio de Asociación No. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN).

Vargas, O., & León, O. (2009). Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica. *Restauración Ecológica En Zonas Invasadas Por Retamo Espinoso y Plantaciones Forestales de Especies Exóticas*, (January 2009), 19–38.

Vargas, O., Leon, O., & Diaz, A. (2009). *Restauración ecológica en zonas invadidas por el retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas*. Bogotá D.C.

Viljoen, B. D., & Stoltsz, C. W. (2007). *Evaluation of selected herbicides for the control of European gorse (Ulex europaeus L) by cut-stump and foliar treatment*. South African Journal of Plant and Soil, 24(2), 130–132. <https://doi.org/10.1080/02571862.2007.10634794>

Wiley, E. O., McNyset, K. M., Peterson, A. T., Robins, C. R., & Stewart, A. M. (2003). *Niche modeling and geographic range predictions in the marine environment using a machine-learning Algorithm*. *Oceanography*, 16(SPL.ISS. 3), 120–127. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2003.42>

Zunino, M., & Palestrini, C. (1991). El concepto de la especie y la biogeografía. *Anales de Biología*, 17, 85–88. Retrieved from [https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/2068/1/AB17 \(1991\) p 85-88.pdf](https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/2068/1/AB17%20(1991)%20p%2085-88.pdf)

