

Herbivoría en el Retamo Espinoso (*Ulex europaeus* L.) en el Neusa Tausa, Cundinamarca

Juliana Sánchez Angulo

Director:

Giovanny Fagua González



Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales
Carrera de Ecología

Bogotá D.C
Noviembre de 2022

Resumen:

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) es una de las plantas invasoras más agresivas tanto en el mundo como en Colombia, afectando los ecosistemas de bosque altoandino y páramo principalmente. Para tener un control de crecimiento de esta planta actualmente se está utilizando la remoción manual en Colombia, el cual necesita suficiente mano de obra y de tiempo. No obstante, en otros países uno de los controles más utilizados es el uso de artrópodos herbívoros, por lo que la intención de esta investigación es identificar posibles artrópodos herbívoros encontrados en la zona invadida por *U. europaeus* en el Neusa en Tausa, Cundinamarca. Para esto se realizaron transectos en los que se evaluaron diferentes características del retamo al igual que la recolección de los artrópodos presentes en cada individuo muestreado. Se encontraron especímenes de nueve grupos distintos de posibles herbívoros en el retamo, siendo los más abundantes Mesostigmata (Acari), Melolonthidae (Coleoptera) y Nitidulidae (Coleoptera). Sin embargo, solo Melolonthidae aparenta tener un efecto en la salud de la planta, mientras que los otros grupos taxonómicos, aunque presentes, no generarían afectaciones visibles en el retamo, limitando el posible uso de alguno de estos artrópodos como control.

Abstract:

Gorse (*Ulex europaeus* L) is one of the most aggressive invasive plants in the world and in Colombia, affecting the paramo and Andean Forest at its greatest. The actual method to control gorse's growth is active removal; nonetheless, in other countries, an effective control method is the usage of herbivore insects. This investigation has the goal of identifying possible herbivore arthropods found in Neusa Tausa, Cundinamarca in an area which is invaded by *U. europaeus*. To accomplish the goal, transects were conducted, analyzing different gorse characteristics, along with the recollection of arthropods found on the gorse. There were nine different groups found, Mesostigmata (Acari), Melolonthidae (Coleoptera) and Nitidulidae (Coleoptera) were the most abundant in that order. However, only Melolonthidae showed an affectation on the plant. The other groups, even though present, had little to no impact on the gorse, restricting the possible usage of these arthropods as a biological control.

Introducción y Problema de Investigación

El retamo espinoso o *Ulex europaeus* L., es un arbusto perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae), nativo de Europa (Holm et al., 1977). Esta planta se distingue por su rápido crecimiento, eficiente dispersión y tolerancia a distintos cambios ambientales (Clements et al., 2000; Hill et al., 2008). Su altura en estado adulto varía entre los 60 cm y 2 metros y el ancho de tallo entre 1 y 12 centímetros aproximadamente (Clements et al., 2000). Presenta hojas trifoliadas en estado juvenil, y modificaciones de hojas a espinas en su estado adulto (Barrera-Cataño et al., 2019). Las flores son racimosas o solitarias, amarillas, de unos 2 cm en promedio, las cuáles se encuentran en las puntas de las ramas (Clements et al., 2000). Los frutos son de color oscuro a negro, que contienen entre una y siete semillas, el exterior es resistente al agua y a los incendios, lo cual permite facilitar la dispersión de semillas (Clements et al., 2000; Roberts & Florentine, 2021)

Uno de los atributos más predominantes del *U. europaeus* son sus espinas, adaptaciones de las mismas hojas para generar un mecanismo de defensa (Boodle, 1914); al ser juveniles, las plántulas presentan hojas trifoliadas y al alcanzar el estado adulto estas se transforman en hojas en forma de espina (Barrera-Cataño et al., 2019). Las terminaciones en forma de espina se derivan a partir de los ápices de los brotes; al llegar a forma adulta, el retamo cesa de producir hojas trifoliadas y las células de los ápices existentes dejan de dividirse (Bieniek & Millington, 1968). Estas terminaciones están centradas en generar una mayor ganancia ecológica a un menor costo; las espinas presentan baja fibra, y una forma delgada y flexible (Medina-Villar et al., 2022), lo cual dificulta su consumo por parte de herbívoros naturales.

Los frutos tienen un tamaño de 2 cm en promedio; son caracterizados por presentar pequeños pelos negros cuando ya están maduros resultado del cáliz persistente que la planta presenta (Clements et al., 2000). Dentro del fruto se encuentran las semillas, las cuales son, al igual que el fruto, resistentes al agua (Bowman et al., 2008; Clements et al., 2000). La dispersión de las semillas puede ser gracias a elementos atmosféricos como lluvias, viento e incluso incendios

(Delerue et al., 2014). Otro modo de dispersión es por medio de la fauna presente, sobre todo aves y mamíferos, pues las semillas y frutos se adhieren al pelaje de los animales (Roberts & Florentine, 2021). Adicionalmente, los humanos son un gran dispersor del retamo; un gran porcentaje de la distribución mundial actual del retamo se debe a las intervenciones y acciones humanas que distribuyeron el retamo a diferentes partes del mundo (Altamirano et al., 2016; Gómez, 2019). Así mismo, acciones pequeñas influyen en la dispersión de *U. europaeus*, pues las semillas se pegan en la suela de los zapatos o en las llantas de los vehículos, siendo otro dispersor presente (Gómez, 2019).

Esta planta, nativa de Europa, es originalmente del occidente europeo, de países como Francia, Portugal, España y Alemania (Díaz, 2009). Sin embargo, a través de los años su ubicación se ha expandido a diferentes partes de todo el mundo (Hill et al., 2008), encontrándose en más de 50 países, donde en al menos 30 de esos países es considerada una especie invasora por su rápida adaptabilidad (Christina et al., 2020; Roberts & Florentine, 2021). El retamo se encuentra entre las latitudes de los 0 a 60 grados norte y de los 0 a 50 grados sur (Atlan et al., 2015) teniendo registros entre los 0 y 3550 msnm (Christina et al., 2020), demostrando una amplia distribución de la especie. En un estudio realizado por Christina et al. (2019) se estudió el nicho climático del retamo a nivel mundial; los resultados mostraron una alta tolerancia por parte del retamo, estableciéndose en amplios rangos de temperatura (-6°C a 32°C) y de precipitación, soportando espacios con épocas de sequía largos (Christina et al., 2020)

En Colombia se encuentra registrado desde 1950 aproximadamente, cuando fue introducido con la intención de tener a la planta como cerca viva y control de erosión (CAR, 2018; Corpoboyacá, 2020). Actualmente se encuentra en la región Andina, en los departamentos de Antioquía, Cundinamarca, Tolima, Boyacá y Huila (Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, 2021; Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano, 2017). Su rango altitudinal en el país se encuentra entre los 2.200 y 3.700 msnm (Beltrán & Barrera-Cataño, 2014) en los ecosistemas bosque altoandino, andino, páramo y humedales (Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano, 2017). Actualmente el retamo es considerado una de las diez especies invasoras más peligrosas en Colombia y una de las 100 especies a nivel mundial (Díaz, 2009).

El retamo espinoso ha generado varias problemáticas en estos ecosistemas, entre ellas, disminución de las especies nativas, la promoción de incendios forestales, y por lo tanto disminución de biodiversidad y degradación del suelo (Béltran & Barrera-Cataño, 2014). La disminución de diversidad especies nativas se debe a la rápida propagación del retamo (Atlan & Udo, 2019); la dispersión, como se mencionó anteriormente, es versátil, las semillas pueden llegar hasta a 10 metros de distancia de su planta origen (Ocampo-Zuleta, 2019), de igual manera tienen la característica de poderse reproducir tanto de manera vegetativa como sexual (Clements et al., 2000) permitiendo que los individuos se puedan propagar fácilmente y dominar grandes parches. Además de su fácil dispersión, el retamo tiene un rápido crecimiento y un ciclo de vida largo. *Ulex europaeus* llega a su madurez, y empieza a florecer a los 6 meses cuando es rebrote de un individuo anterior, y florece un año después cuando el individuo nace de una semilla (Barrera-Cataño et al., 2019). En adición, el ciclo de vida puede llegar a durar hasta más de 30 años (Clements et al., 2000).

La otra amenaza que *U. europaeus* representa es la promoción de incendios, pues presentan una alta producción de material combustible, lo cual ha generado un aumento de los incendios forestales (Anderson & Anderson, 2010). Varias especies nativas no son resistentes a este disturbio, lo cual facilita la dispersión y colonización del retamo en diferentes áreas donde ha transcurrido un incendio forestal (Núñez-Moreno et al., 2019). Asimismo, la colonización genera cambios en la composición del sustrato; el retamo es una planta fijadora de nitrógeno (Magesan et al., 2012; Múgica et al., 2018) por lo que genera cambios en la constitución del suelo en el que se encuentra, creando alteraciones en los nutrientes presentes e incluso en el pH del suelo, siendo de 4 o 4,5. Las áreas que se ven más vulnerables a la colonización del retamo son aquellas que se han visto afectadas por disturbios, ya sea por incendios, deforestación, degradación para uso agropecuario o realización de minería a cielo abierto (Castro, 2011)

A nivel mundial, se han tratado diferentes protocolos para el control de *U. europaeus*. Uno de los primeros tratamientos utilizados para el control del retamo fue su quema. El proceso de quema ha sido utilizado anteriormente para el control de otras especies invasoras (Baeza, 2001; Ruiz-Chamorro, 2021), por lo que se trató con el retamo al ser un método rápido y eficiente; no obstante, en el momento no era de conocimiento que los incendios promocionan la dispersión de la planta, al igual que el método podía degradar y erosionar el área que se trataba (Barrera-

Cataño et al., 2002; de la Fuente, 1994). Otro método que se ha aplicado ha sido el uso de herbicidas (Castro, 2011; Menegaz, 2016); sin embargo, este es un método generalista, que afecta las plantas aledañas al retamo y con poca afectación a la planta invasora misma (Castro, 2011). Igualmente se han tratado métodos físicos como la remoción mecánica o manual del retamo, basada en la sustracción de individuos, mediante el uso de maquinaria o personal (Barrera-Cataño et al., 2002).

En zonas que están bajo el cuidado de Corpoboyacá o de la CAR se ha implementado el método de remoción manual del retamo, este consta de realizar el proceso de contención, prevención y eliminación con un constante seguimiento y observación de las distintas áreas (Barrera-Cataño et al., 2019; Corpoboyacá, 2020). Al tener un área donde predomina *U. europaeus* se realiza el proceso de eliminación, donde se aísla el área, se cortan los individuos por medio de machete o guadaña, se extraen las raíces para prevenir regeneración por medio de una pica o azadón, se ubica todo el material vegetativo sobre una cubierta plástica para prevenir la dispersión o plantación accidental de nuevos individuos, se tritura el material el cual será utilizado como compostaje (Barrera-Cataño et al., 2019). Este método se ha visto cómo el más eficaz, pero presenta un costo alto, tanto en tiempo como en personal. Por lo tanto, ninguna de estos protocolos ha tenido el resultado esperado de retención o prevención del crecimiento y control de la dispersión del retamo.

El último procedimiento para el control del retamo es el biológico, ya sea por la introducción de especies nativas que puedan generar competencia o por especies depredadoras del retamo (Hill et al., 2008; Memmott et al., 1998). La primera opción no es viable pues, actualmente, en Colombia no hay planta nativa conocida que le ha podido realizar competencia excluyente al retamo (Béltran & Barrera-Cataño, 2014), y la segunda opción presenta más opciones para realizar el control. Anteriormente, para casos de especies invasoras, se introducía el depredador natural de la especie en cuestión (Albins & Hixon, 2013; Mooney & Cleland, 2001; Shine, 2010). Sin embargo, la introducción ha tenido varias contraindicaciones, pues se ha observado la generación de más cambios en el ecosistema original, donde no siempre han controlado la especie invasora en cuestión, pero si han atacado especies nativas, entre otras afectaciones (Mooney & Cleland, 2001). Para el retamo se ha considerado la introducción o el control por medio de ovinos; esta opción se descarta pues estos animales no sólo se alimentarían del retamo sino de toda la capa

vegetativa encontrada en el área en cuestión, así mismo se generaría una alta degradación del suelo (Norambuena et al., 2007)

Se ha estudiado la herbivoría por artrópodos como posibilidad de control biológico para el retamo en distintos países como Nueva Zelanda (Hill, 2000), Australia (Ireson et al., 2003) y países de Europa (Memmott et al., 1998). En cada caso se encontraron distintas especies de insectos que son herbívoros, pero son pocas las especies que funcionan como controladores efectivos (Atlan et al., 2015; Medina-Villar et al., 2022). No obstante, se han presentado pequeñas soluciones para retener el crecimiento de dicha especie vegetal. En Colombia, actualmente, no se ha realizado un reconocimiento sobre los posibles herbívoros del retamo espinoso, lo cual permitiría ampliar las opciones de control y conocer el comportamiento de la planta más a profundidad en el país específicamente.

Pregunta y Objetivos

Pregunta general:

¿Qué insectos pueden ser potencialmente útiles como controladores biológicos del retamo espinoso en el ecosistema bosque altoandino del embalse del Neusa, Cundinamarca?

Esta pregunta será respaldada por las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Qué insectos nativos presentan herbivoría potencial sobre el retamo espinoso en embalse del Neusa, Cundinamarca?
2. ¿Cuáles estadios del retamo espinoso presentan mayor probabilidad de ser depredados por herbivoría de insectos?

Objetivos

Objetivo general:

Identificar insectos herbívoros potenciales del retamo espinoso presentes en el sitio de estudio (bosque altoandino de Neusa, Tausa) que puedan servir como controladores biológicos.

Objetivos específicos:

- a. Identificar los herbívoros que presentan mayor afectación en el retamo según la etapa de desarrollo de la planta.
- b. Identificar las características biológicas y de comportamiento que definen a un insecto herbívoro de retamo como un controlador biológico potencial

Marco referencial

La herbivoría es el proceso de alimentación en plantas vivas realizado por animales (Schowalter, 2016). La herbivoría puede variar según la intensidad y la parte de la planta que se ingiere; esta puede ser en el material foliar, tallo, estructuras reproductivas como flores y frutos, raíces y semillas. Los insectos son los principales motores de la herbivoría en varios ecosistemas, moldeando a pequeña escala, la estructura ecosistémica de diferentes hábitats (Andreson & Majer, 2004). Estos cambios pueden ser paulatinos y progresivos o pueden ser repentinos; lo último sucede al haber “épocas” o temporadas de brotes de herbívoros (aumento exponencial de individuos dentro de una misma especie de hexapoda), donde los cambios son rápidos y casi que se perciben espontáneos (Schowalter, 2016).

Estos brotes o “explosiones” de insectos se dan de manera periódica y en un tiempo corto y pueden fluctuar en densidad (Peshin & Dhawan, 2009). Los brotes se pueden dar por diferentes razones, ya sea por ciclos de vida que se dan naturalmente, al igual que por el aumento o disminución de factores bióticos y abióticos en el hábitat en cuestión, como lo puede ser la presencia de nitrógeno en el suelo, el cambio de temperatura o humedad o la presencia o ausencia de otros organismos (Ekholm et al., 2019; Peshin & Dhawan, 2009; Port & Thompson, 1980). Los brotes de herbívoros pueden considerarse como plaga cuando afectan plantas de interés económico, como los brotes de la polilla *Christoneura* spp. en coníferas en Norteamérica (Nealis 2016), pero en algunos casos estos brotes pueden ser útiles en el control biológico de

malezas, como en el caso de la polilla *Cactoblastis cactorum* y otros insectos herbívoros sobre poblaciones del cactus invasor *Opuntia stricta* en Australia y otras partes del mundo (Hoffman et al. 2020). Esto sucede cuando el herbívoro es especialista de una planta considerada como maleza o invasora, y se alimenta de esta en rangos cortos de tiempo, disminuyendo o pausando la tasa de crecimiento de la especie en cuestión (Bellows & Headrick, 1999; Borer et al., 2014; Jia et al., 2018). Se puede considerar que el control es efectivo cuando hay un alto decrecimiento de la biomasa foliar, que puede llegar a ser del 50% (Bellows & Headrick, 1999) o de la biomasa de raíces o de semillas, lo que reduce la posibilidad de la supervivencia o crecimiento de la planta a controlar (Gan & Wickings, 2020). Para entender el posible control biológico que puede generar la herbivoría se deben conocer las variaciones de este proceso.

La herbivoría se puede clasificar tanto por la zona de la planta que se ve afectada como por la forma en el que el insecto se alimenta. Según la zona de la planta en la que se alimenta los insectos o herbívoros, se pueden clasificar en frugívoros, individuos que se alimentan de frutas. Granívoros, aquellos que se alimentan de las semillas. Defoliadores, individuos que se alimentan de las hojas. Rizófagos, que se alimentan de las raíces y xilófagos, los cuáles se alimentan de la madera (Andrew et al., 2012; Haukioja & Koricheva, 2000). Por otro lado, se puede clasificar la herbivoría según la forma de alimentación. Están los defoliadores, que son los insectos que se alimentan del material blando de la hoja, dejando las venas intactas. Los barrenadores “taladran” el tallo de la planta alimentándose del xilema. Y los minadores, los cuales se albergan y se alimentan del mesófilo foliar sin afectar o romper la epidermis foliar, creando yagas o túneles en las hojas (Arguedas Gamboa & Solís, 2016.; Korth & Dixon, 1997; Medianero et al., 2003; Schowalter, 2016; Sosa Díaz et al., 2018). Estos diferentes tipos de herbivoría pueden afectar de manera distinta a la planta; pues, aunque un herbívoro común no es considerado un parasitoide ya que no mata a la planta, algunas afectaciones son lo suficientemente grandes o intensivas para generar la muerte del o los individuos vegetales (Schowalter, 2016), al igual que reducir el crecimiento poblacional (Heard & Winterton, 2000).

Como se mencionó, la herbivoría puede considerarse como control biológico dependiendo de la intensidad del daño y presencia del insecto, de la misma manera que la respuesta del organismo vegetal. El control biológico ha permitido utilizar enemigos naturales de una especie nativa o introducida manteniendo límites del crecimiento de la planta, donde sea necesario el control (van

Driesche & Bellows, 1996). En la gran mayoría de veces, el insecto herbívoro genera un impacto bajo en las plantas, el efecto depende de diferentes factores como cantidad de individuos (específicamente hablando de los brotes, como se mencionó anteriormente) y de factores externos, como clima beneficioso para los insectos, presencia de parásitos o depredadores (Hajek & Eilenberg, 2018). De la misma manera, el tipo de herbívoro que se tiene en cuenta influye en qué tan eficaz puede ser el control. Herbívoros que depredan las partes reproductivas o las plantas juveniles generan mayor efecto, que los minadores o los que se alimentan del néctar (Murphy et al., 1992; van Driesche & Bellows, 1996).

Los organismos vertebrados herbívoros, como las cabras u ovejas son considerados como controles efectivos, no obstante, al ser tan generalistas pueden generar daños o afectaciones adicionales a la planta o cultivo en cuestión del control (van Driesche & Bellows, 1996). Estos animales son utilizados cuando se necesita un forrajeo intenso sobre un área específica con la intención de eliminar una especie en específico pero con perjuicios de tener a otras especies también forrajeadas (Bellows & Headrick, 1999). Los ungulados son vertebrados altamente utilizados como controladores de distintas especies vegetales pues su alimentación es amplia. Dentro de esta, una planta de la que se pueden alimentar y por lo tanto funcionar como control es el retamo espinoso o *Ulex europaeus*.

Uno de los herbívoros más conocidos de *U. europaeus* es un ácaro de la familia Tetranychidae, *Tetranychus lintearius* (Davies et al., 2007; Ireson et al., 2003; Marriott et al., 2013; Norambuena et al., 2007). *T. lintearius* o ácaro araña, es caracterizado por ser utilizado como control biológico del retamo. El ácaro tiene un tamaño entre las 200 y 500 μm , tiene un color rojo, con una esperanza de vida entre los 10 y 30 días dependiendo de la temperatura en la que se encuentran (Stone, 1986). *T. lintearius* se caracteriza por un crecimiento rápido en sus colonias y por la producción de seda; el acaro tiene un aparato bucal que le permite perforar y absorber toda el agua de la planta desecando el retamo lentamente, característico por colonizar individuos juveniles, limitando o impidiendo el crecimiento de estos (Marriott et al., 2013). La seda permite al acaro protegerse de depredadores, situar sus huevos y protegerse del ambiente (Lozano-Pérez et al., 2020). Este herbívoro es el control biológico más utilizado para el retamo, siendo importado o cultivado en distintos países como Australia, Nueva Zelanda, Francia e incluso

Chile (Davies et al., 2007; Hornoy et al., 2011; López-Rodríguez et al., 2022; Marriott et al., 2013).

Otros herbívoros utilizados en el mundo como control para el retamo son *Exapion ulicis* y *Cydia succedana*. *Exapion ulicis* es un coleóptero de la familia Curculionidae, nativo de Europa occidental, es de los depredadores naturales del retamo, el cuál fue introducido a Nueva Zelanda y Estados Unidos (Hornoy et al., 2013; Maddox et al., 2007; Sixtus et al., 2006). Por otra parte, *Cydia succedana* es un lepidóptero de la familia Tortricidae. Esta polilla es originaria de Europa, y, al igual que *E. ulicis*, y *T. lintearius*, fueron importadas a Nueva Zelanda y Australia para funcionar como control del retamo espinoso (Hill & Gourlay, 2002). Sin embargo, este coleóptero y polilla son considerados como plaga de otras plantas, y pueden terminar afectando a otras especies nativas (Davies et al., 2008; Withers et al., 2008), por lo tanto, el uso de estos insectos no es recomendable.

Aunque las anteriores tres especies de herbívoros no están registradas en Colombia, si se conocen otras especies de las familias a las que pertenecen. Ácaros Tetranychidae se encuentra en distintas zonas del país, una de las especies más estudiadas en el país es *Oligonychus yothersi*, registrada en la región andina y pacífica de la nación desarrollándose en áreas con temperatura entre los 18°C y 22°C (Reyes-Bello & Mesa-Cobo, 2011). Es de las más estudiadas pues es una especie que se considera plaga al afectar a diferentes cultivos, principalmente al del café. Esta especie deshidrata a la planta de café en altas tasas, generando problemas económicos para distintos caficultores, de la misma manera, ha afectado a otro cultivo como el del aguacate y la yuca (Giraldo et al., 2011; Mesa, 1999). La familia Curculionidae se encuentra distribuida a lo largo del país. Estos coleópteros son conocidos por ser fitófagos de una alta variedad de plantas. Varias especies de esta familia son consideradas plagas; han afectado distintos cultivos como el aguacate, el plátano, el banano y el café (Bustillo, 2006; Sepulveda-Cano & Rubio-Gómez, 2009). Por último, la familia Tortricidae tiene una alta distribución y diversidad. No obstante, algunas especies son conocidas como plagas. Estas larvas sueltan seda para enrollar y amarrar las hojas de las plantas, de las cuales después se alimentarán. En Colombia son conocidas por afectar plantas como el café y la guayaba (Constantino et al., 2014; Muñoz & Nasamuez, 2021).

Como se puede observar, *T. lintearius*, *E. ulicis* y *C. succedana* son las especies más utilizadas como control biológico para el retamo en países donde también es considerado una planta

invasora, como en Nueva Zelanda y Chile. Aunque estas especies no se encuentran en Colombia, las familias a las que pertenecen sí; siendo estas Tetranychidae, Curculionidae, y Tortricidae respectivamente. No obstante, algunas especies pertenecientes a estas familias son consideradas plagas de distintos cultivos, por lo que el uso de especies colombianas de estas familias podría tener efectos negativos sobre los cultivos locales. Por otra parte, *T. lintearius*, *E. ulicis* y *C. succedana* son especies de climas cálidos, registradas en áreas con temperaturas promedio desde los 18°C hasta los 30°C aproximadamente, lugares donde el retamo espinoso no es considerado un gran problema, por lo que se debe buscar otras opciones que funcionen como control.

Área de Estudio

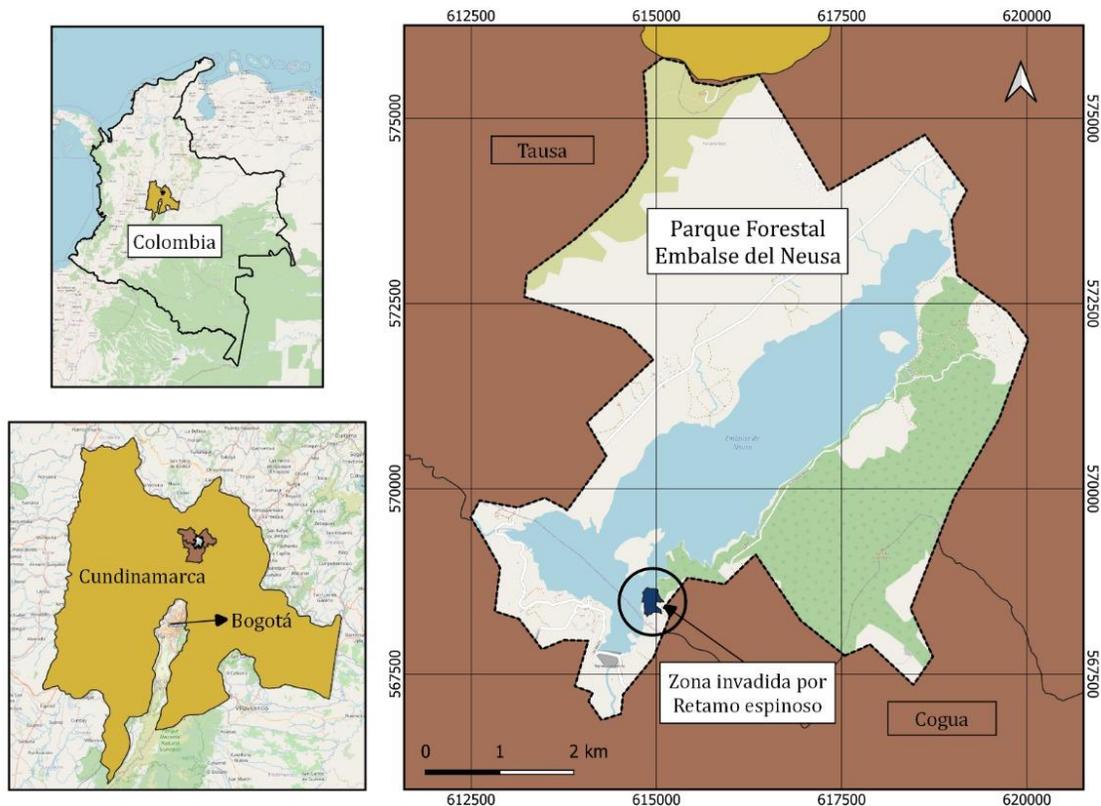


Fig 1. Mapa de la zona de estudio. Embalse del Neusa, el área circulada fue donde se tomaron todas las muestras

El área de estudio escogido es el parque embalse del Neusa, encontrado en el departamento de Cundinamarca entre los municipios de Cogua y Tausa, los cuales limitan con Pacho, Zipaquirá y Nemocón. El área del parque en el que se enfoca el trabajo se encuentra sobre el municipio de Tausa. El municipio de Tausa se encuentra a 3010 msnm, el cual contiene distintos ecosistemas, entre ellos el bosque andino, altoandino y páramo (Alcaldía Municipal Tausa), siendo una zona con gran variabilidad vegetal y alta productividad económica para los habitantes de la zona. El proyecto se centra específicamente en el ecosistema del bosque altoandino.

El embalse del Neusa se encuentra a 3000 msnm, con una temperatura media de 10°C, el cual cuenta con una extensión de 3700 Ha de porción terrestre y 900 Ha de embalse. La porción terrestre consta de diferentes hábitats, inicialmente abarca el bosque andino y el bosque altoandino, al igual que plantaciones de pino y eucalipto (Colparques, 2019). El embalse se creó con la iniciativa de generar energía eléctrica para los municipios aledaños a la zona, incluyendo la ciudad de Bogotá. En la actualidad, y desde 1962, el embalse ha estado bajo la administración de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) (Colparques, 2019). Al estar bajo el cuidado de la CAR hay un buen registro sobre las especies vegetales presentes en el parque. Las especies introducidas presentes son el pino, el eucalipto, las “campanitas”, el retamo liso y el retamo espinoso. No obstante, el registro de fauna está enfocado principalmente en mamíferos y aves (CAR, 2018; Colparques, 2019)

El área de muestreo escogido está en la parte sur del embalse, por el sendero Laureles, ubicado en el Parque embalse del Neusa operado por la CAR. Las coordenadas del sitio específico de estudio son: 5°08'32" N - 73°57' 45" W. El sitio escogido se determinó pues es una zona donde ya se han realizado diferentes estudios del retamo (Basto et al., 2018; Cárdenas, 2017; Vargas, 2018), específicamente ubicados en el lugar llamado “La caldera”, el cual presenta retamo en diferentes momentos de desarrollo.

El bosque altoandino es un ecosistema que ocurre en una franja altitudinal variable pero que típicamente se encuentra entre los 3000 m y los 3500 m (Van der Hammen, 2008), donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistente o estacional. En consecuencia, este ecosistema posee una alta humedad relativa, una reducción de la radiación solar y una baja

presión por vapor que influye en la composición de especies vegetales además de su estructura dentro del ecosistema (Kappelle & Brown, 2001). La vegetación dominante del dosel es de menor tamaño (Kappelle & Brown, 2001); posee troncos y ramas de formas retorcidas y tortuosas, y sus hojas suelen ser pequeñas y coriáceas (Hamilton, 1995). También estos bosques nublados se caracterizan por presentar una proporción alta de epífitas (briófitas, líquenes y helechos), reducción de las lianas leñosas y altos valores de biodiversidad de árboles, hierbas, arbustos y epífitas (Kappelle & Brown, 2001). Se caracterizan por tener una alta biodiversidad por área y una alta tasa de endemismo dado a la especiación surgida en relación con la orografía de su distribución (Kappelle & Brown, 2001). Sin embargo, este ecosistema es uno de los más amenazados a nivel global, por lo que es pertinente controlar especies que estén afectando el ecosistema y así evitar su degradación a una mayor escala. (Correa et al., 2020; Hamilton, 1995).

Por el lado social y económico, hay una alta relación con el ecosistema, pues las principales actividades económicas del municipio son a partir de la actividad agrícola como la producción láctea y producción de ladrillos en las ladrilleras (Cuervo, 2016).

Aproximación metodológica:

El estudio presente tiene un enfoque en la relación simbiótica de herbivoría entre insectos y la planta, *Ulex europaeus*. Por lo tanto, se realizará una aproximación cuantitativa, es decir, se busca obtener resultados numéricos con un análisis estadístico. Analizando las incidencias y los artrópodos presentes en las áreas estudiadas. La unidad de estudio del trabajo presente es el retamo espinoso y los artrópodos encontrados en dicha planta, analizando diferentes variables las cuales se mencionan más adelante en el texto.

La metodología de recolección de datos elegida fue la realización de transectos al ser la técnica que permitía la mayor facilidad de seguimiento y observación detenida de cada individuo de retamo identificado. El muestreo a través de transectos se realizó en tres fechas, para obtener un total de 30 transectos de 10 metros x 1 metro. Todos los transectos fueron realizados en borde de carretera con dos metros de distancia entre cada uno. La altura de los individuos observados varió entre los 50 centímetros y los 3 metros y medio

En cada transecto se caracterizaron todos los individuos encontrados en el recorrido, determinando la altura, diámetro, caracterización de estructuras reproductivas y estado de afectación de la planta (seco, semi seco, saludable). De igual manera, se observó cada parte de la planta para observar irregularidades, como zonas senescentes, decoloradas o con una evidencia clara de herbivoría como foliación o barrenación. En todos los casos, se llevó a cabo una observación directa de presencia de algún artrópodo. Si el individuo presentaba un gran porcentaje del cuerpo vegetal senescente y con baja o ninguna estructura reproductiva se realizó una excavación para observar las raíces del individuo por presencia de rizófagos. Se efectuó una colecta directa de todo artrópodo observado en frascos de plástico con etanol (75%) para la identificación de individuos. De la misma manera, a las plantas que presentaban floración, se hizo un muestreo aleatorio de 3 tallos de floración por individuo. Cada tallo se introdujo en un frasco individual y luego fue sumergido con etanol (70%) para la preservación del cualquier invertebrado presente en la floración. Se analizaron todas las muestras con estereoscopio identificando los insectos presentes en cada muestra, luego se puso en la base de resultados junto al individuo vegetal de donde se tomó la muestra. Una vez identificados los insectos se realizó una búsqueda bibliográfica para el análisis comportamental de cada taxón y concluir una posible relación entre el artrópodo y el retamo. Por lo tanto, las variables utilizadas fueron: estado de afectación de la planta, altura, diámetro, presencia-ausencia de artrópodos, cantidad, parte de la planta donde se encontraba cada artrópodo y clasificación de estos. Este procedimiento metodológico se decidió basándose en el área de estudio escogido y las variables que eran utilizadas en otros estudios sobre la herbivoría o control del retamo espinoso (Hill, 2000; Hill & Gourlay., 2002)

Al tener identificados los distintos insectos se ejecutó un PCA, Análisis de Componentes Principales, por sus siglas en inglés. Esta es una prueba estadística que permite analizar componentes a partir de variables no correlacionadas. En este caso, la prueba era la idónea para la observación de las incidencias y significancias de dichos artrópodos en el retamo. La razón por la cual se ejecuta una PCA es porque las variables presentes no tienen una correlación explícita para la presencia o ausencia de los artrópodos, por lo tanto, se debe utilizar una prueba que contemple a las variables como no correlacionales (Benigni & Giuliani, 1994; Yao et al., 2012).

Para el PCA solo se utilizaron los datos de individuos de retamo que tuvieron algún artrópodo. Las variables escogidas fueron la cantidad de cada artrópodo en cada retamo, el herbívoro más predominante de cada uno, al igual que el estado de afectación de la planta. Para este análisis se clasificó y cuantificó la variable ‘estado de la planta’; donde saludable era igual a 1, semi senescente = 0.5, y senescente = 0.1.

La prueba se realizó en el programa R studio (versión 4.2), en este se utilizó la librería textshape para la organización de la tabla y datos, al igual que utilizar en primera instancia solo las variables cuantitativas. El paquete Stats fue utilizado para realizar un análisis de variables principales estadístico, la biblioteca FactoMineR para el análisis multivariado y Factoextra para extraer y visualizar los datos obtenidos, al igual que utilizar la variable cualitativa ‘herbívoro’. Por último, se utilizó ggplot2 para graficar los datos obtenidos. Al adquirir los resultados estos fueron interpretados y analizados. Por otro lado, se buscó si existía una relación entre la altura del retamo, utilizada para definir categoría de edad, con el estado de afectación de este, por lo tanto, se realizó una Kruskal-Wallis para analizar la relación. Para esta prueba estadística se utilizó el programa R studio, utilizando el comando “kruskal.test”.

Resultados:

Al completar los 30 transectos se observó un total de 315 individuos de retamo (tabla 1). Del total de individuos observados, 171 no exhibieron evidencia o presencia de un herbívoro potencial. De los 144 individuos restantes hubo presencia de 1204 artrópodos, estos clasificados en nueve grupos de artrópodos. Los grupos identificados, de acuerdo con su forma de alimentación, fueron Lepidoptera, Auchenorrhyncha (Hemiptera), Sternorrhyncha (Hemiptera), Melolonthidae (Coleoptera), Nitidulidae (Coleoptera), Mesostigmata, Collembola, , Thysanoptera y “larvas” (las larvas presentes eran de diferentes taxones, sin embargo, para la unificación del análisis se consideran todas dentro de un mismo grupo de análisis). Para el análisis de datos, si un individuo presentaba más de un grupo taxonómico de artrópodo se caracterizó el insecto más predominante, por lo tanto, insectos como Thysanoptera o larvas tienen pocas o ninguna ocurrencia en las tablas finales.

Tabla 1. Número de plantas de retamo con registros de los herbívoros predominantes en cada planta según el estado de afectación. Seco - Individuos muertos.; Semiseco - Individuos cloróticos.; Saludables - Individuos sin ningún tipo de afectación.

Estado de afectación	Seco	Semiseco	Saludable	Total
Tipo de Herbívoro				
Melolonthidae (Coleoptera)	17	1	0	18
Collembola	2	0	2	4
Auchenorrhyncha (Hemiptera)	1	1	2	4
Lepidoptera	0	1	4	5
Nitidulidae (Coleoptera)	0	1	16	17
Mesostigmata	12	4	68	84
Sternorrhyncha (Hemiptera)	2	0	8	10
Larvas	0	0	2	2
Ninguno	43	11	117	171
Total	77	19	219	315

El retamo se clasificó según en el estado de salud en el que se encontraba; saludable, aquellos que se encontraban completamente verdes tanto en el tallo como en sus hojas; semi seco, para denominar a los individuos que presentaban parte del tallo y hojas secas o senescentes, y por último seco, para aquellos eran los individuos que tenían tanto su tallo como sus hojas secas.

La mayor cantidad de ejemplares de retamo muestreados fueron los saludables (219 de 315, el 69.5%), caracterizados por tener sus estructuras vegetales verdes, la gran mayoría con botones o flores o frutos, o los tres. Por el contrario, los ejemplares no saludables (96 de 315, el 41,4 %) se caracterizaron por tener gran parte del tronco y hojas secos o amarillentos y fueron menos frecuentes (Tabla 1). De igual manera fue en este grupo (saludables) donde se encontró la mayor cantidad de invertebrados. Los artrópodos con la mayor abundancia en el retamo fueron los ácaros Mesostigmata con 393 individuos en total, la mayor cantidad de ácaros fue encontrada en los cuerpos vegetales saludables (Fig. 2), lo cual se debe a que, de las muestras recolectadas, todos estaban localizados en las flores del retamo (Fig. 3).

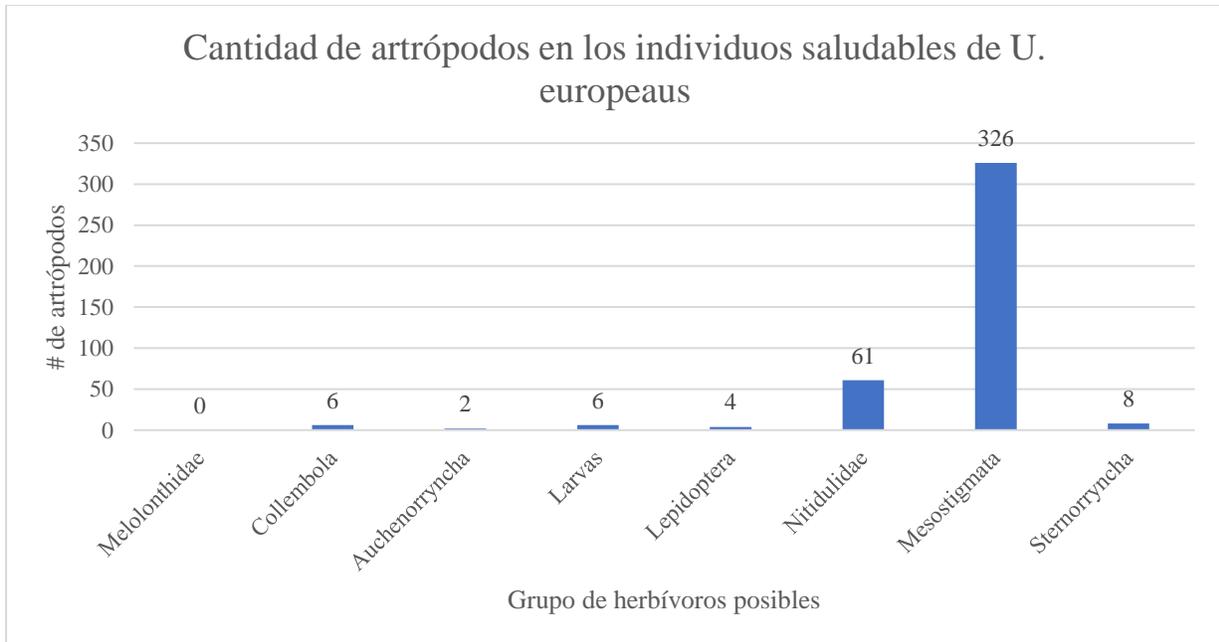


Fig 2. Gráfica de barras que presenta el número total de artrópodos encontrados en los individuos de retamo encontrados, clasificado según su grupo taxonómico, el grupo más predominante siendo Mesostigmata.

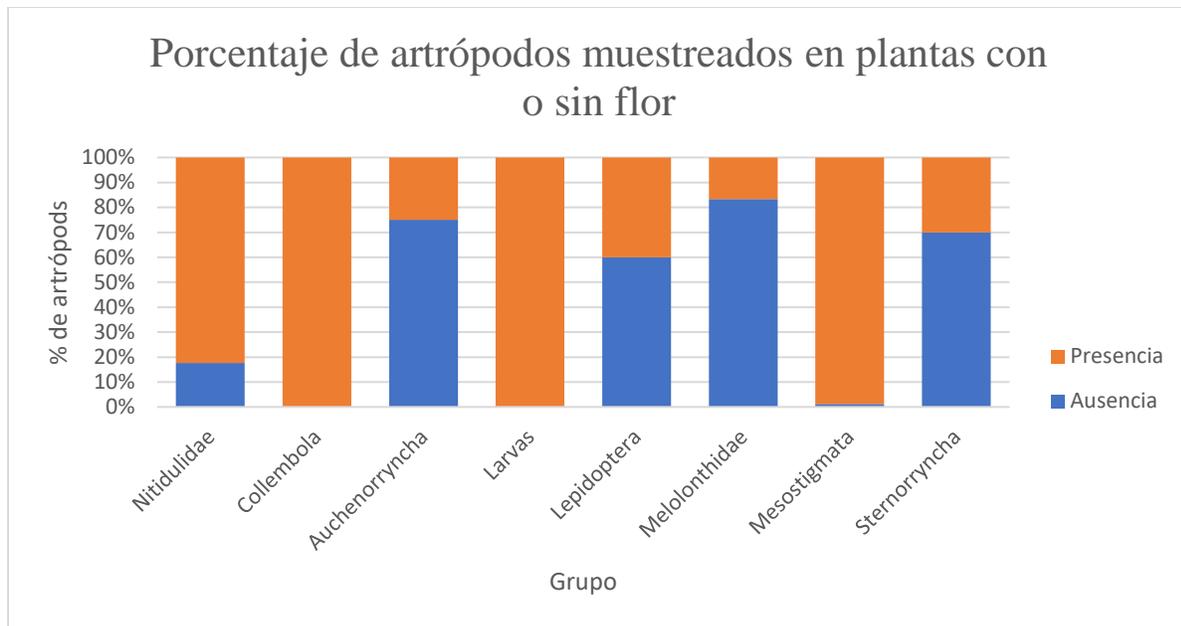


Fig 3. Gráfica de barras porcentuales que presenta el porcentaje de individuos muestreados dentro de un grupo taxonómico en las plantas con o sin flores. El color naranja representa las plantas con flores, el azul representa las plantas sin flores.

Como Mesostigmata, otros grupos taxonómicos solo se encontraron en los retamos que presentaban flores pues varios grupos taxonómicos fueron detectados en estas estructuras reproductivas, tanto en los pétalos como en el interior entre los pétalos y el carpelo. Grupos como colémbolos, larvas y mesostigmados se encontraron en un cien o casi cien por ciento en plantas con flores (Fig .3). Mientras que grupos como los hemípteros (auquenorrincos y esternorrincos) y los melolántidos tuvieron más ocurrencias en las plantas sin flores.

Todas las “chisas”, las larvas de los melolántidos (Fig. 4), fueron encontradas en las raíces de las plantas analizadas, mientras que los individuos de lepidóptera, que se encontraban en fase juvenil, estaban ubicados en las hojas apicales del retamo. Así mismo, los auquenorrincos y esternorrincos se hallaban en el tallo u hoja de la planta, lo cuales estaban en la fase adulta (Fig. 5). Por otra parte, tanto los colémbolos (adultos), los nitidúlidos (adultos), los ácaros (ninfas y adultos) y las larvas estaban localizados en las estructuras reproductivas del cuerpo vegetal (Fig. 6), sobre todo en las flores como se mencionó anteriormente.



Fig 4. Larva de Melolonthidae en el sustrato debajo de un Retamo Espinoso seco.



Fig 5. Herbívoros presentes en el tallo y hojas del Retamo Espinoso. A. Auchenorrhyncha; B. Sthernorrhyncha; C. Lepidoptera (Oruga).



Fig 6. Artrópodos en las flores del Retamo Espinoso. A. Mesostigmata; B. Nitidulidae; C. Thysanoptera; D. Larvas; E. Collembola.

La abundancia de los grupos varió según el estado, edad y zona de recolección de la planta. El grupo de Mesostigmata fue el más abundante en las plantas saludables y semi secas, superando más de la mitad de los individuos presentes en comparación con los otros grupos encontrados. No obstante, los artrópodos más frecuentes en los individuos secos de *U. europaeus* fueron del grupo de Melolonthidae con 17 ejemplares en total. Los melolóntidos fueron los únicos artrópodos encontrados en todos los individuos de retamo que estaban secos y eran jóvenes.

Frente al estadio de la planta, como se mencionó anteriormente, los jóvenes presentaron una predominancia de presencia de individuos de melolóntidos. Por otra parte, las plantas maduras presentaron mayor presencia de artrópodos, en estas, hubo abundancia de mesostigmados, nitidúlidos y melolóntidos. La presencia de otros grupos como lepidópteros, colémbolos o hemípteros no fue tan frecuente en el muestreo, pues solo hubo 3 o 4 ocurrencias de estos en todos los individuos resaltados. Aunque varias incidencias solo fueron de un grupo de artrópodo por planta, en el caso de haber larvas, estas estaban acompañadas de otro grupo, principalmente de colémbolos, nitidúlidos o mesostigmados. Las larvas al igual que los otros grupos recientemente mencionados se encontraban en las flores, más específico entre los pétalos.

Al realizar el PCA se obtuvo una correlación de 9.5 en PC1 y 4.7 en PC2, para las variables de comparación cantidad de artrópodos por grupo en cada individuo de retamo y el estado de afectación de la planta (Fig 7). En esta prueba se puede observar que tanto las larvas como los ácaros afectan la variable de cantidad de artrópodos según los datos obtenidos por la prueba, pues estos dos grupos aportaron el mayor número de individuos por planta cuando presentes. Los ácaros fueron los artrópodos más frecuentes y numerosos en el muestreo; por otro lado, las larvas, aunque poco frecuentes, presentaban entre 5 a 15 individuos por planta (Anexo 1, Tabla de datos muestreados). No obstante, estos grupos aparentemente no generarían impacto en el estado de afectación. Por otro lado, los Melolonthidae frecuentemente se presentaron en plantas con un estado de afectación seco (17-77) siendo un grupo con individuos intermedio asociado a plantas secas (PC1, Fig. 7).

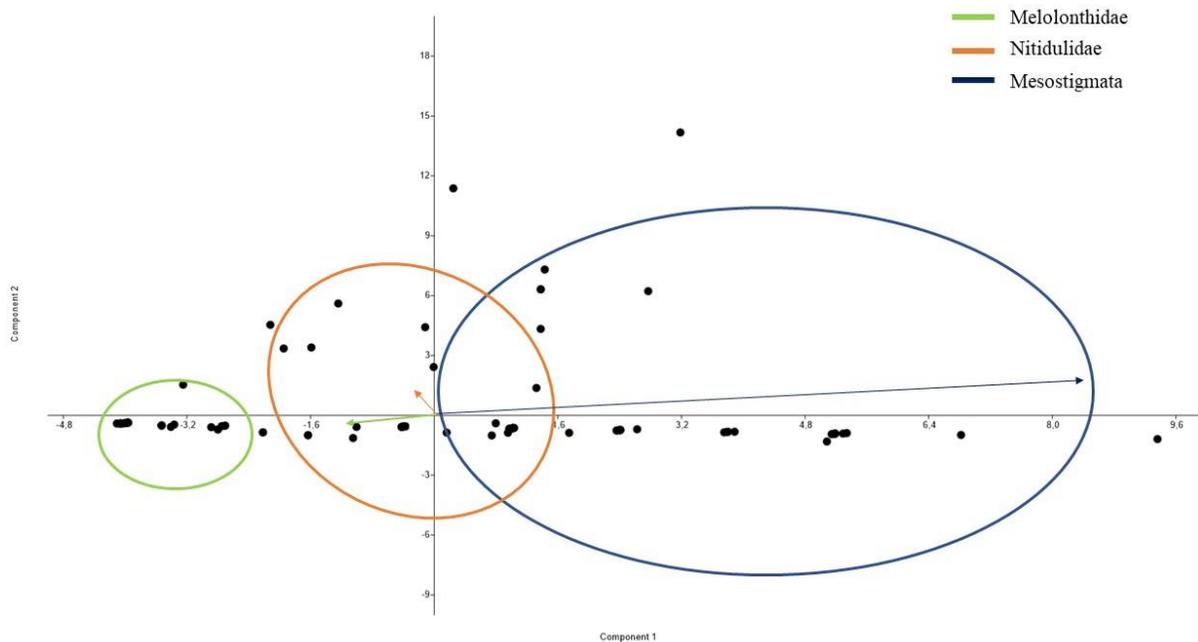


Fig. 7. Análisis de PCA. La gráfica muestra las relaciones entre las variables cantidad de artrópodos y estado del retamo. Las elipses ayudan observar los datos que se encuentran en el mismo grupo. Los ejes PC1 y PC2 incluyen el 52 % de la varianza observada. Se muestran los individuos de retamo relacionados a los tres grupos de herbívoros destacados del muestreo. Verde, Melolonthidae; Naranja, Nitidulidae; Azul, Mesostigmata.

Se compararon los datos de altura de la planta, como medida de categoría de edad, frente al estado de afectación para observar alguna diferencia entre estos datos (Kruskal-Wallis, Fig. 8). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el estado de afectación de la planta y la altura de las plantas medidas ($p = 0.368$).

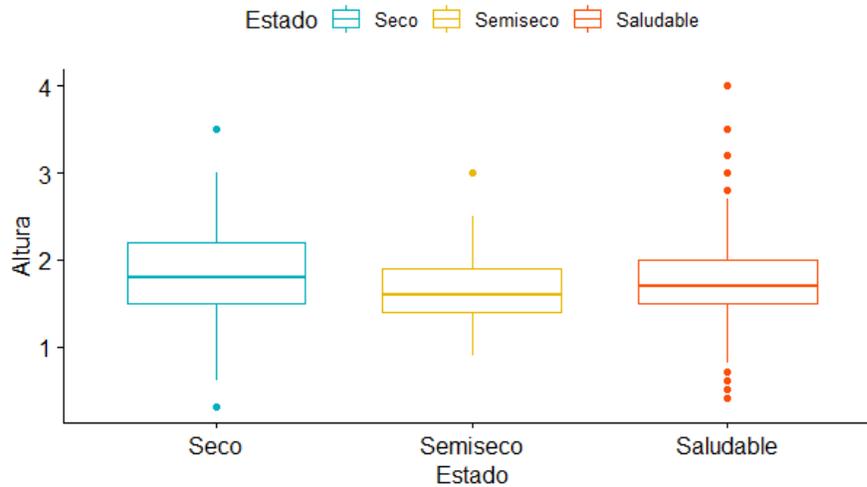


Fig. 8. Boxplot relación Estado de afectación de la planta con la altura (en m) de la planta. No hay diferencia significativa.

Discusión:

Según los datos obtenidos se puede determinar que no habría un artrópodo que genere una afectación evidente en el retamo espinoso en el área estudiada. No obstante, si se encontraron diferentes grupos de artrópodos de hábitos herbívoros sobre las plantas estudiadas. Los grupos observados más frecuentes fueron Mesostigmata, Nitidulidae (Cucujoidea), y Melolonthidae. No se encontraron especímenes de las familias de artrópodos utilizadas como controladores en diferentes partes del mundo (Tetranychidae familia de *T. lintearius*, Brentidae familia de *E. ulicis* y Tortricidae familia de *C. succedana*). Por lo tanto, es necesario un análisis de cada grupo para identificar si hay una posible relación y herbivoría frente al retamo espinoso.

Los melolontidos se identifican fácilmente por el estado larval que presentan, el cual es conocido como chisa en Colombia (Morón et al., 2003). Este grupo de coleópteros se encuentra distribuido en la mayor parte del mundo, y cuenta con estudios detallados tanto en México como en Colombia (Angel Morón et al., 2003; Morón et al., 2014; Pardo-Locarno et al., 2011). Melolonthidae también puede ser encontrada en países como China (Shang et al., 2022). Varias especies han sido consideradas plagas (Pardo-Locarno et al., 2003), por su característica rizófaga. Las larvas de la familia se caracterizan por su cuerpo blanco, y presencia de maxila con

galea y epifaringe asimétrica (Ramírez-Salinas et al., 2004). Estas estructuras bucales permiten que la larva presente características rizófagas de distintas especies vegetales (Pardo-Locarno et al., 2003; Pardo-Locarno et al., 2011) como lo es el maíz, el aguacate, la cebolla entre otros.

Estos coleópteros son caracterizados por su comportamiento generalista, se pueden encontrar en diferentes especies vegetales dependiendo del área donde se encuentre (Pardo-Locarno et al., 2003). Las larvas que pueden generar más afectaciones a la planta son las larvas en estadio 3 (Ramírez-Salinas et al., 2004). Lo anterior concuerda con lo encontrado en los resultados del trabajo, pues las larvas en tercer estadio fueron encontradas cerca de las raíces del retamo espinoso, lo cual se pudo identificar por el tamaño de estas y fueron las únicas asociables a afectación evidente.

Las chisas, al ser rizófagas, generan un daño en la planta que normalmente se caracteriza porque la planta progresivamente empieza a presentar clorosis hasta terminar completamente marchita o seca (Pardo-Locarno et al., 2003). Esta característica se observó en los resultados obtenidos pues estas estaban presentes en individuos de *U. europaeus* que estaban completamente secos. No obstante, cabe resaltar la presencia de chisas solo en plantas jóvenes o en proceso de maduración, pues en los retamos que presentaban ya las estructuras reproductivas como flor o fruto, las chisas no estaban presentes, aunque estos estuvieran secos. Normalmente, las chisas de estadios 1 y 2 son difíciles de detectar por su tamaño pequeño, menor a 2 cm (Vallejo et al., 2007), por lo que generalmente son fácilmente visibles al pasar al estadio 3. Aunque no hubo diferencia significativa entre el número de individuos secos y la categoría de edad, cabe resaltar lo observado en campo; casi la mitad de los individuos de retamo “jóvenes” (menos de un metro), estaban secos y todos tenían melolóntidos en el sustrato cercano a la raíz. Mientras que en las muestras de retamos en “maduración” (entre 1 y 3 metros) la proporción de retamos secos era menor (del 0.06), y de estos que estaban secos, solo tres presentaron larvas de melolóntidos en la raíz de la planta. Por lo cual se observaría una mayor frecuencia de los melolóntidos en retamos jóvenes secos.

Otro coleóptero relativamente frecuente y abundante cuando presente fue Cucujoidea, Nitidulidae. Grupos de adultos de este coleóptero se encontraron solamente en las flores, lo cual

es consistente con lo encontrado en la literatura sobre su biología y comportamiento. Los cucujoideos son coleópteros con una distribución mundial y gran diversidad (Arriaga-Varela et al., 2007; Gnanaswaran & Wijayagunasekara, 1996; Leschen, 2003; Tsinkevich, 2005), la mayoría son fungívoros; sin embargo, algunas familias son depredadores y otras fitófagas (Leschen, 2003). Dentro de estos, la familia Nitidulidae, tanto en estado adulto como en larva se alimentan principalmente de semillas, reduciendo la producción de estas hasta en un 74%, por lo que especies de esta familia son propuestas como controladores de malezas (Grubb et al., 2002; McClay, 1992). Conocida su frecuencia y alto número por planta muestreada, de comprobarse su hábito de herbívoro de semillas, este nitidúlido podría tener alguna influencia en la producción de semillas del retamo. Queda como futuro desarrollo el comprobar si las larvas de coleóptero encontradas en algunas muestras corresponden al Nitidulidae, que de serlo, podrían asociarse a un posible daño a la planta.

Por último, el grupo más abundante fue Mesostigmata encontrado, al igual que los nitidúlidos, en las flores. Mesostigmata es un grupo de ácaros diverso, caracterizado por tener completamente expuesta la probosis, los quelíceros expuestos y tener palpos con apotele (Halliday, 2009), como los encontrados en retamo. Los Mesostigmata encontrados son ácaros de vida libre, lo más común es que este grupo sea depredador de otros micro artrópodos (Koehler, 1999). No obstante, hay ciertas familias que son fitófagas o incluso polénofagas (Moraza & Balanzategui, 2015). Al momento, no ha sido posible obtener una identificación más detallada, pese a ser revisados por un especialista en Acari (Andrés Salazar Fillippo), por lo que una discusión más profunda sobre su posible uso está supeditada a una identificación más precisa.

Castro Lopez (2018) estudió el potencial de uso de los ácaros para ser controladores de Trips (artrópodos del orden Thysanoptera), insectos considerados plagas en algunos cultivos. En la investigación presente, hubo ocurrencias de tisanópteros en algunos de los individuos de *U. europaeus*, por lo que otra posible explicación a la presencia de mesostigmados en las flores, es que los ácaros podrían ser depredadores de los trips. Definir el rol trófico de los mesostigmados encontrados es otro aspecto que desarrollar a futuro generado por esta investigación.

Lepidópteros y auquenorrincos se encontraron en frecuencia y abundancia bastante menor, pero, donde había presencia de Lepidoptera, también había evidencia de foliación, aunque en muy pequeña (dos o tres hojas). Este es un aspecto muy interesante dado que las orugas de lepidóptera, en general, solo activan sus mecanismos de consumo cuando encuentran los compuestos químicos adecuados en la planta que los hospeda (Schoonhoven, 1987), por lo que podría tratarse de herbívoros de retamo.

Se debe resaltar que la diversidad de artrópodos relacionada a *U. europaeus* presenta interacciones altamente complejas y muy específicas por sitio (Broadfield & Mchenry, 2019; Díaz, 2009), y que estas interacciones están poco documentadas en nuestro país; por lo que la presente investigación, al registrar diferentes grupos de artrópodos con una posible relación local con el retamo espinoso, constituye un primer paso para llenar este vacío de información. No obstante, la gran mayoría de los insectos encontrados no parecen generar mayores afectaciones a la planta, ni se demostraron claras señales de herbivoría, salvo por los retamos que se encontraban senescentes y cloróticos, evento asociable a muchos factores (patógenos, déficit de nutrientes, entre otros) pero que también corresponden a posibles señales de herbivoría por rizófagia. De igual manera, aunque la mayoría de los retamos que fueron muestreados se encontraban saludables y reproductivos, los individuos que se veían mayormente afectados por la presencia de alguna afectación fueron las plantas juveniles, y fueron estas las que presentaron melolóntidos con frecuencia. Los controladores naturales efectivos registrados para el retamo, como *E. ulicis* y *T. lintearius*, se caracterizan por tener agregaciones en sitios específicos de la planta (Davies et al., 2007, 2008; Norambuena et al., 2007; Sixtus et al., 2006). Los nitidúlidos y mesostigmados encontrados también se caracterizan por tener agregaciones concentradas en las partes reproductivas de la planta, aunque parecen no generar mayor afectación al retamo. Sin embargo, faltaría realizar experimentos que definan el número promedio de semillas producido por fruto y la tasa de supervivencia y crecimiento del retamo con y sin presencia de los artrópodos con potencial herbívoro encontrados en este estudio; otro aspecto que podría desarrollarse a futuro.

Conclusiones:

Se puede concluir que el retamo en el área de estudio no se ve intensamente afectado por herbívoros, pues la mayor parte de los individuos muestreados se encontraban saludables. Dentro de los saludables se encontró una diversidad de artrópodos en las inflorescencias la cual no había sido descrita para Colombia en la literatura encontrada. Con respecto a los individuos de retamo seco, se resalta la presencia de melolontidos en las raíces; por lo que puede haber una posible relación con el estado de afectación de estas plantas, sobre todo con los retamos secos en estado juvenil.

En base a los objetivos planteados y el área de muestreo se puede determinar:

- No hay artrópodo que genere una alta afectación a el Retamo en todos sus estadios
- Los melolontidos fueron asociados a plantas en estado juvenil con daños evidentes.
- Las variables que caracterizarían a un controlador efectivo serían: comportamiento gregario y rápido crecimiento y desarrollo, preferentemente con el mismo hábito alimentario

Se recomienda realizar un análisis de datos más profundo con la posibilidad de llegar a la identificación de especie de los artrópodos presentes en los retamos estudiados. Asimismo, es recomendable realizar experimentos con los artrópodos encontrados que tienen posibilidad de generar algún tipo de afectación, como Melolonthidae. De igual manera, se aconseja realizar diferentes muestreos en áreas de estudio distintos. Por último, se recomienda incluir en futuros estudios a las comunidades rurales locales que viven en zonas afectadas del retamo para conocer sus observaciones y conocimiento sobre herbívoros del retamo espinoso.

Agradecimientos:

Agradezco a la Pontificia Universidad Javeriana, la carrera de Biología y Ecología por otorgarme los conocimientos ganados estos años de estudio que fueron utilizados para la realización de este trabajo de grado. A mi tutor de tesis Giovanni Fagua por involucrarse en el tema escogido y haber confiado en mí para realizar los diferentes objetivos que teníamos en mente y así poder llevar a cabo esta investigación. A todos mis compañeros que me acompañaron, especialmente en estos últimos 6 meses durante la ejecución de este trabajo, gracias por su apoyo y consejos. A mi familia, Alberto, Viviana, Natalia y Sebastián por acompañarme a campo, ayudarme a coleccionar muestras, y sobre todo por creer en mis sueños y pasiones estando a mi lado durante mi trayectoria en la universidad. Por último, gracias a Dios por abrirme los caminos, y encontrarme con todas estas personas para hacer todo posible.

Referencia bibliográfica:

- Albins, M. A., & Hixon, M. A. (2013). Worst case scenario: potential long-term effects of invasive predatory lionfish (*Pterois volitans*) on Atlantic and Caribbean coral-reef communities. *Environmental Biology of Fishes*, 96(10), 1151–1157.
- Altamirano, A., Paola Cely, J., Etter, A., Miranda, A., Fuentes-Ramirez, A., Acevedo, P., Salas, C., Vargas, R., Altamirano, A., Miranda, A., Cely Fundación Humedales, J. P., Etter, C. A., Fuentes-Ramirez, A., Salas, C., Vargas, R., & Acevedo, P. (2016). The invasive species *Ulex europaeus* (Fabaceae) shows high dynamism in a fragmented landscape of south-central Chile. *Environmental Monitoring Assessment*, 188(495), 1-15.
- Anderson, S. A. J., & Anderson, W. R. (2010). Ignition and fire spread thresholds in gorse (*Ulex europaeus*). *International Journal of Wildland Fire*, 19(5), 589–598.
- Andreson, A., & Majer, J. (2004). Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(6), 291–298.
- Andrew, N. R., Roberts, I. R., & Hill, S. J. (2012). Insect herbivory along environmental gradients. *Open Journal of Ecology*, 2(04), 202–213.
- Arguedas Gamboa, M., & Solís, M. R. (2016). Xylem insect borers in commercial forest species in Costa Rica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(35), 79–89.
- Arriaga-Varela, E., Tomaszewska, K. W., José, & Navarrete-Heredia, L. (2007). A synopsis of the Endomychidae (Coleoptera: Cucujoidea) of México. *Zootaxa* 15(94), 1-38

- Atlan, A., Hornoy, B., Delerue, F., Gonzalez, M., Pierre, J. S., & Tarayre, M. (2015). Phenotypic plasticity in reproductive traits of the perennial shrub *Ulex europaeus* in response to shading: A multi-year monitoring of cultivated clones. *PLoS ONE*, *10*(9), 1-17
- Atlan, A., & Udo, N. (2019). The Invasive Niche, a Multidisciplinary Concept Illustrated by Gorse (*Ulex Europaeus*). *Diversity* *16*(11), 1-13.
- Baeza, M. J. (2001). Aspectos ecológicos y técnicas de control del combustible (roza y quema controlada) en matorrales con alto riesgo de incendio, dominados por *Ulex parviflorus* (Pourr.). *Universidad de Alicante, tesis doctoral*.
- Barrera-Cataño, J. I., Rojas, J. E., Contreras-Rodríguez, S. M., & Basto, S. I. (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. E. Rojas, Ed.; 1st ed.).
- Barrera-Cataño, J. I., Ríos-Alzate, H., & Pinzón-Osorio, C. (2002). Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el relamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros de Bogotá DC. *Perez-Arbelaezia*. *13*(1), 55–71.
- Basto, S. I., Moreno-Cárdenas, A. C., & Barrera-Castaño, J. I. (2018). Restauración ecológica en áreas post-tala de especies exóticas en el Parque Forestal Embalse del Neusa. *Editorial Pontificia Universidad Javeriana*.
- Bellows, T. S., & Headrick, D. H. (1999). Arthropods and Vertebrates in Biological Control of Plants. Cap 38. *Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control*. 505–516.
- Béltran, H., & Barrera-Cataño, J. I. (2014). Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus* L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos, Colombia. *Alexander von Humboldt*, *15*, 12–31.
- Benigni, R., & Giuliani, A. (1994). Quantitative modeling and biology: the multivariate approach. *American Journal of Physiology*. *266*(5), 1-10
- Bieniek, M. E., & Millington, W. F. (1968). Thorn formation in *Ulex Europaeus* in relation to environmental and endogenous factors. *Botanical Gazette*, *129*(2), 145-150..
- Boodle, L. A. (1914). On the Trifoliolate and other Leaves of the Gorse (*Ulex europaeus*, L). *Annals of Botany*, *28*(111), 527–530.
- Borer, E. T., Seabloom, E. W., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Lind, E. M., Adler, P. B., Alberti, J., Anderson, T. M., Bakker, J. D., Biederman, L., Blumenthal, D., Brown, C. S., Brudvig, L. A., Buckley, Y. M., Cadotte, M., Chu, C., Cleland, E. E., Crawley, M. J., Yang, L. H. (2014). Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. *Nature*, *508*(7497), 517–520.
- Bowman, G., Tarayre, M., & Atlan, A. (2008). How is the invasive gorse *Ulex europaeus* pollinated during winter? A lesson from its native range. *Plant Ecology*, *197*(2), 197–206.

- Broadfield, N., & Mchenry, M. T. (2019). A World of Gorse: Persistence of *Ulex europaeus* in Managed Landscapes. *Plants MDPI*. 8(523), 1 – 21.
- Bustillo, A. (2006). A review of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2), 101–116.
- CAR. (2018). Embalse del Neusa, Parques CAR.
<https://parques.car.gov.co/PaginaWeb/DetalleParque.aspx>
- Cárdenas, M. (2017). Evaluación del estado actual de la vegetación en áreas en proceso de restauración ecológica, después de la eliminación de biomasa de *Ulex europaeus* L. en el Parque Forestal Embalse del Neusa (Tausa-Cundinamarca). *Repositorio Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo de Grado*
- Castro, F. (2011). Estrategia de control de Tojo (*Ulex europaeus*) en campos forestales y ganaderos. *Recursos naturales*, 58--59
- Castro López, M. A. (2018). Ácaros Mesostigmata como potenciales controladores de *Thrips tabaci* Lindeman en el cultivo de cebolla *Allium cepa* L [Trabajo de Grado - Maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Christina, M., Limbada, F., & Atlan, A. (2020). Climatic niche shift of an invasive shrub (*Ulex europaeus*): a global scale comparison in native and introduced regions. *Journal of Plant ecology*, 13(1), 42-50.
- Clements, D. R., Peterson, D. J., & Prasad, R. (2000). The biology of Canadian weeds. 112. *Ulex europaeus* L. *Plant Science* 81(1), 325-337.
- Colparques. (2019). Embalse del Neusa, Reserva Natural regional.
<http://www.colparques.net/NEUSA>
- Constantino, C., Brown, J., & Benavides, M. (2014). El enrollador de las hojas del cafeto *Clepsia abscisana* Lepidoptera : Tortricidae nuevo registro en café en Colombia. *Cenicafé*, 65(2), 27–32.
- Corpoboyacá. (2020). ABC sobre lo que debe saber del “Retamo espinoso” (*Ulex europaeus*).
<https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abc-sobre-lo-que-debe-saber-del-retamo-espinoso-ulex-europaeus/>
- Correa, C., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Rodríguez Buriticá, S., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. *Ecological indicators* 117(1), 10 – 19
- Cuervo, J. (2016). Caracterización del eslabón de insumos de la agrocadena porcícola en la etapa de ceba en Cagua Cundinamarca. Universidad la Salle. Trabajo de Grado

- Davies, J. T., Ireson, J. E., & Allen, G. R. (2007). The impact of the gorse spider mite, *Tetranychus lintearius*, on the growth and development of gorse, *Ulex europaeus*. *Biological Control*, 41(1), 86–93.
- Davies, J. T., Ireson, J. E., & Allen, G. R. (2008). The phenology and impact of the gorse seed weevil, *Exapion ulicis*, on gorse, *Ulex europaeus*, in Tasmania. *Biological Control*, 45(1), 85–92.
- De la Fuente, M. (1994). Regeneración de un "aulagar" con *Ulex europaeus* después de un incendio en el norte de España. *Pirineos*, 143(1), 87–98.
- Delerue, F., Gonzalez, M., Atlan, A., Pellerin, S., & Augusto, L. (2014). Pre-dispersal seed predation of gorse (*Ulex europaeus*) along gradients of light and plant density. *New Zealand Journal of Ecology*, 38(2), 268–278.
- Díaz, M. (2009). Rasgos de historia de vida y ecología de las invasiones de *Ulex europaeus* L. Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales. 59-67
- Ekhholm, A., Tack, A. J. M., Pulkkinen, P., & Roslin, T. (2019). Host plant phenology, insect outbreaks and herbivore communities – The importance of timing. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 829–841.
- Gan, H., & Wickings, K. (2020). Root herbivory and soil carbon cycling: Shedding “green” light onto a “brown” world. *Soil Biology and Biochemistry*, 150(1), 150-172.
- Giraldo, M., Galindo, L. Á., & Benavides, P. (2011). La Arañita Roja del café: Biología y hábitos. *Federación Nacional de Caficultores de Colombia*. 1-5
- Gnaneswaran, R., & Wijayagunasekara, H. N. P. (1996). Biology of *Cyllodes bifacies* Walker (Coleoptera: Cucujoidea: Nitidulidae), a Pest of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 8(1), 377-390.
- Gómez, I. (2019). Distribución vertical y cuantificación del banco de semillas de retamo espinoso *Ulex europaeus* L. en la zona de inundación del embalse de Tominé, Guatavita-Colombia. *Universidad distrital Francisco José de Caldas. Trabajo de Grado*.
- Grubb, R. T., Nowierski, R. M., & Sheley, R. L. (2002). Effects of *Brachypterolus pulicarius* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae) on Growth and Seed Production of Dalmatian toadflax, *Linaria genistifolia* ssp. *dalmatica* (L.) Maire and Petitmengin (Scrophulariaceae). *Biological Control*, 23(1), 117-114
- Hajek, A. E., & Eilenberg, J. (2018). Biology and Ecology of Herbivores Used for Biological Control of Weeds. *Natural Enemies An Introduction to Biological Control*, 245–262.
- Halliday, R. B. (2009). New taxa of mites associated with Australian termites (Acari: Mesostigmata). *International Journal of Acarology*, 32(1), 27–38.

- Hamilton, L. S. (1995). Mountain Cloud Forest Conservation and Research: A Synopsis. *Mountain Research and Development*, 15(3), 259–266.
- Haukioja, E., & Koricheva, J. (2000). Tolerance to herbivory in woody vs. herbaceous plants. *Evolutionary Ecology*, 14, 551–562.
- Heard, T. A., & Winterton, S. L. (2000). Interactions between nutrient status and weevil herbivory in the biological control of water hyacinth. *Journal of Applied Ecology*, 37, 117–127.
- Hill, R. L. (2000). The Biological Control Program Against Gorse in New Zealand. Biological control of weeds View project Biological control of *Hypericum androsaemum*. *New Zealand View project*, 4(14), 909-917
- Hill, R. L., & Gourlay, A. H. (2002). Host-range testing, introduction, and establishment of *Cydia succedana* (Lepidoptera: Tortricidae) for biological control of gorse, *Ulex europaeus* L., in New Zealand. *Biological Control*, 25(2), 173–186.
- Hill, R. L., Ireson, J., Sheppard, A. W., Gourlay, A. H., Norambuena, H., Markin, G. P., Kwong, R., & Coombs, E. M. (2008). A global view of the future for biological control of gorse, *Ulex europaeus* L. *Environmental Science*, 680-685
- Hoffman, J. H., Moran, V. C., & Zeller, D. A. (2020). Biocontrol of a prickly pear cactus in South Africa: Reinterpreting the analogous, renowned case in Australia. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2475-2484
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. v., & Herberger, J. P. (1977). The world's worst weeds. Distribution and biology. *University press of Hawaii*, 565-586.
- Hornoy, B., le Tarayre, M., bastien Pierre, J.-S., & Atlan, A. (2013). Oviposition Decision of the Weevil *Exapion ulicis* on *Ulex europaeus* Depends on External and Internal Pod Cues. *Diversity*, 5, 734–749.
- 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), 26275, 1-10.
- Ireson, J. E., Gourlay, A. H., Kwong, R. M., Holloway, R. J., & Chatterton, W. S. (2003). Host specificity, release, and establishment of the gorse spider mite, *Tetranychus lintearius* Dufour (Acarina: Tetranychidae), for the biological control of gorse, *Ulex europaeus* L. (Fabaceae), in Australia. *Biological Control*, 26(2), 117–127.
- Jia, S., Wang, X., Yuan, Z., Lin, F., Ye, J., Hao, Z., & Luskin, M. S. (2018). Global signal of top-down control of terrestrial plant communities by herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(24), 6237–6242.
- Kappelle, M., & Brown, A. (2001). Bosques nublados del neotrópico: Costa Rica. *Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, IMBIO*, 397-442

- Koehler, H. H. (1999). Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 395–410.
- Korth, K. I., & Dixon, R. A. (1997). Evidence for Chewing Insect-Specific Molecular Events Distinct from a General Wound Response in Leaves'. *Plant Physiology*, 115, 1299–1305.
- Leschen, R. (2003). Erotylidae (Insecta: Coleoptera: Cucujoidea): phylogeny and review. *Fauna of New Zealand*, 47, 5-108.
- López-Rodríguez, A., Hernández, M., Carrillo-Galvez, A., Becerra, J., Hernández, V. (2022). Phytotoxic activity of *Ulex europaeus*, an invasive plant on Chilean ecosystems: separation and identification of potential allelochemicals. *Natural Product Research, Taylor & Francis*, 26, 1-7
- Lozano-Pérez, A. A., Pagán, A., Zhurov, V., Hudson, S. D., Hutter, J. L., Pruneri, V., Pérez-Moreno, I., Grbic', V., Cenis, J. L., Grbic', M., & Aznar-Cervantes, S. (2020). The silk of gorse spider mite *Tetranychus lintearius* represents a novel natural source of nanoparticles and biomaterials. *Scientific Reports, natures research*, 10, 18471.
- Maddox, D. M., Joley, D. B., & Pitcairn, M. J. (2007). Studies on the biology of the Gorse Seed Weevil, *Exapion ulicis* (Forster 1771), in Northern California (Coleoptera: Curculionidae). *The Pan-Pacific Entomologist*, 83(1), 32–40.
- Magesan, G., Wang, H., & Clinton, P. (2012). Nitrogen cycling in gorse-dominated ecosystems in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 36(1), 21–28.
- Marriott, J., Florentine, S., & Raman, A. (2013). Effects of *Tetranychus lintearius* (Acari: Tetranychidae) on the structure and water potential in the foliage of the invasive *Ulex europaeus* (Fabaceae) in Australia. *International Journal of Acarology*, 39(4), 275–284.
- McClay, A. S. (1992). Effects of *Brachypterolus pulicarius* L. (Coleoptera: Nitidulidae) on flowering and seed production of common toadflax.. *The Canadian Entomologist*, 124(4), 631–636.
- Medianero, E., Valderrama, A., & Barrios Héctor. (2003). Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical . *Acta Zoológica Mexicana*, 89, 153-168.
- Medina-Villar, S., Vázquez de Aldana, B. R., Herrero, A., Pérez-Corona, M. E., & Gianoli, E. (2022). The green thorns of *Ulex europaeus* play both defensive and photosynthetic roles: consequences for predictions of the enemy release hypothesis. *Biological Invasions*, 24(2), 385–398.
- Memmott, J., Fowler, S. V., & Hill, R. L. (1998). The Effect of Release Size on the Probability of Establishment of Biological Control Agents: Gorse Thrips (*Sericothrips staphylinus*) Released Against Gorse (*Ulex europaeus*) in New Zealand. *Biocontrol Science*, 8(1), 103–115.

- Menegaz, C. (2016). Evaluación de la eficiencia de herbicidas para el control de Retamo espinoso. *Encuentro fitotecnica*.
- Mesa, N. (1999). Ácaros de importancia agrícola en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 52(1), 321–363.
- Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. (2021). 8 métodos para controlar retamo espinoso en Colombia. 1- 5.
- Mooney, H. A., & Cleland, E. E. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10), 5446–5451.
- Moraza, M. L., & Balanzategui, I. (2015). Orden Mesostigmata. *Bero Diversidad Entomológica*, 12(1), 1–16.
- Morón, M. A., Vallejo, L., & Pardo-Locarno, L. (2003). Catálogo de Coleoptera: Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) en Colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(2), 239-263
- Morón, M. Á., Nogueira, G., Rojas-Gómez, C. v., & Arce-Pérez, R. (2014). Biodiversity of Melolonthidae (Coleoptera) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 298-302.
- Múgica, L., Canals, R. M., & Emeterio, L. S. (2018). Changes in soil nitrogen dynamics caused by prescribed fires in dense gorse lands in SW Pyrenees. *Science of the Total Environment*, 639, 175–185.
- Muñoz, A., & Nasamuez, D. (2021). Enrollador de las hojas en guayaba *Strepsicrates smithiana* Walsingham, 1891 (Lepidoptera: Tortricidae). *Plagas y enfermedades de la guayaba (Psidium guajava) en Colombia*, 1, 1-14.
- Murphy, T. M., Canington, D., & Walker, D. E. (1992). Herbivory, Predation & Biological Control. *Source: The American Biology Teacher*, 54(7), 416–419. Nealis, V.G. (2016) Comparative ecology of conifer-feeding spruce budworms (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologist*, 148(S1), S33–S57.
- Norambuena, H., Martínez, G., Carrillo, R., & Neira, M. (2007). Host specificity and establishment of *Tetranychus lintearius* (Acari: Tetranychidae) for biological control of gorse, *Ulex europaeus* (Fabaceae) in Chile. *Biological Control*, 40(2), 204–212.
- Núñez-Moreno, A., Barbieri, G., & Gordillo, G. (2019). Analysis of the Feasibility of Generating Solid Biofuel from *Ulex Europaeus* Plants. *Revista facultad de Ingeniería. Universidad pedagógica de Colombia*, 29(54), e10454
- Ocampo-Zuleta, K. (2019). Descriptive model of ecological restoration in areas affected by forest fires and invasion of gorse in cerros orientales, Bogotá. *Acta Biologica Colombiana*, 24(1), 1–12.
- 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. *Humboldt*, 89–98.

- Pardo-Locarno, L. C., Montoya-Lerma, J., & Schoonhoven, A. (2003). Abundancia de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de Caldoño y Buenos Aires, Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(2), 177–183.
- Pardo-Locarno, L. C., Ramírez-Pava, B., Villota, H., Villanueva, O., & Bahamón, W. (2011). Ensamblaje de escarabajos Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados con pasturas en el departamento del Caquetá y su posible relación con la salubridad edáfica. *Acta Agronómica*, 60(3), 273–283.
- Peshin, R., & Dhawan, A. K. (2009). Integrated Pest Management: Concept, Opportunities and Challenges. *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*, Springer, 1, 51-83.
- Port, G. R., & Thompson, J. R. (1980). Outbreaks of Insect Herbivores on Plants Along Motorways in the United Kingdom. *The Journal of Applied Ecology*, 17(3), 649.
- Ramírez-Salinas, C., Morón, M., & Castro-Ramírez, A. (2004). Descripción de los estados inmaduros de tres especies de *Anomala*, *Ancognatha* y *Ligyris* (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae y Dynastinae) con observaciones de su biología. *Acta Zoologica Mexicana*, 20(3), 67–82.
- Reyes-Bello, J., & Mesa-Cobo, C. (2011). Biology of *Oligonychus yotheri* (McGregor) (Acari: *Oligonychus yotheri* (McGregor) (Acari: Oligonychus yotheri Tetranychidae) on avocado *Persea americana* Mill. cv. Lorena (Lauraceae). In *Caldasia*, 33(1), 211-220
- Roberts, J., & Florentine, S. (2021). Biology, distribution and control of the invasive species *Ulex europaeus* (Gorse): A global synthesis of current and future management challenges and research gaps. *Weed Research*, 61(4), 272–281.
- Ruiz-Chamorro, J. A. (2021). Control integrado de *Austrocylindropuntia floccosa* (Salm-Dyck) Ritter, 1981. en los pastizales altoandinos del Departamento de Pasco, Perú. *Repositorio Institucional Universidad Nacional*.
- Schoonhoven, L. (1987). What Makes a Caterpillar Eat? The Sensory Code Underlying Feeding Behavior.) *Perspectives in Chemoreception and Behavior*, 1, 69–97.
- Schowalter, T. D. (2016). Herbivory. *Insect Ecology*, 1, 405–443.
- Sepulveda-Cano, P., & Rubio-Gómez, J. D. (2009). Especies de Dryophthorinae (Coleoptera: Curculionidae) Asociadas a plátano y banano (Musaspp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 14(2), 49-72
- Shang, X. K., Pan, X. H., Liu, W., Wei, J. L., Huang, C. H., Goebel, F. R., & Nikpay, A. (2022). Effect of Spectral Sensitivity and Light Intensity Response on the Phototactic Behavior of *Exolontha castanea* Chang (Coleoptera: Melolonthidae), a Pest of Sugarcane in China. *Agronomy*, 12(2).
- Shine, R. (2010). The ecological impact of invasive cane toads (*Bufo marinus*) in Australia. *The Quarterly Review of Biology*, 85(3), 253–291.

- Sixtus, C. R., Roderic Scott, R., & Hill, G. D. (2006). Infestation of gorse pods by *Cydia ulicetana* and *Exapion ulicis* in the South Island of New Zealand. *Plant Protection Quarterly*, 21(1), 39–42.
- Sosa Díaz, L., Méndez González, J., García Aranda, M. A., Cambrón Sandoval, V. H., Villarreal Quintanilla, J. Á., Ruiz González, C. G., Montoya Jiménez, J. C., Sosa Díaz, L., Méndez González, J., García Aranda, M. A., Cambrón Sandoval, V. H., Villarreal Quintanilla, J. Á., Ruiz González, C. G., & Montoya Jiménez, J. C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 187–208.
- Stone, C. (1986). An investigation into the morphology and biology of *Tetranychus lintearius* Dufour (Acari: Tetranychidae). *Experimental & Applied Acarology*, 2(2), 173–186.
- Tsinkevich, V. A. (2005). Check-list of Cucujoidea (Coleoptera) of Belarus (Eastern Europe). *Contributions to Systematics and Biology of Beetles*, 1, 333-346).
- Vallejo, F., Morón, M. A., & Orduz, S. (2007). Biología de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae), especie rizófaga del complejo “chisa” de Colombia. *Museo de Historia Natural*, 11, 188-204
- Van der Hammen, T. (2008). Zonal ecosystems of the west and east flanks of the Colombian Eastern Cordillera (Sumapaz transect). En T. van der Hammen (Ed.). *La Cordillera Oriental colombiana transecto Sumapaz. Studies on tropical andean ecosystems*, 961-1009.
- Van Driesche, R. G., & Bellows, T. S. (1996). Herbivores and Pathogens Used for Biological Weed Control. In *Biological Control*, 1, 78–92.
- Vargas, L. A. (2018). Identificación de los patrones de actividad de *Cavia aperea*, un roedor vinculado con el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) en el sector de Chapinero–Parque Forestal Embalse Del Neusa, departamento de Cundinamarca, Colombia. *Repositorio Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo de Grado*
- Vélez, J., & Mú, C. (2020). La familia Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) y su potencial como agentes de control biológico de *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Hemiptera: Aphididae). *Universidad de Guadalajara. Trabajo de grado*.
- Withers, T., Hill, R., Paynter, Q., Fowler, S., & Gourlay, H. (2008). Post-release investigations into the field host range of the gorse pod moth *Cydia succedana* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera: Tortricidae) in New Zealand. *New Zealand Entomologist*, 31(1), 67–76.
- Yao, F., Coquery, J., & Cao, K.-A. L. (2012). Independent Principal Component Analysis for biologically meaningful dimension reduction of large biological data sets. *Bioinformatics*, 13(24), 1-15.

102103104105106107108109110111112113114115116	2.5	A	0.035	1	1	1	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	0	0
																7		
	1.7	M	0.015	1	0	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	A	0.02	1	1	0	0.1	Raí z	M L	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	1.8	M	0.015	1	1	0	1	Flo r	M S	6	0	0	0	0	6	0	0	0
	2	A	0.025	1	1	0	1	Flo r	N	3	0	0	0	3	0	0	0	0
	1.5	M	0.02	0	0	0	0.5		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.7	M	0.02	0	1	1	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.4	M	0.007	1	0	1	1	Flo r	M S	5	0	0	0	0	5	0	0	0
	1.3	M	0.008	1	0	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	A	0.025	1	1	0	1	Flo r	M S	3	0	0	0	0	3	0	0	0
	1.7	M	0.01	1	1	1	1	Flo r	L	1	1	0	0	0	3	0	6	2
	1.6	M	0.01	1	0	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.2	A	0.02	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.5	A	0.03	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.1	A	0.03	1	0	1	1	Flo r	M S	7	0	0	0	0	7	0	0	0

1 3 2	1. 8	M	0.02 5	1	1	1	1	Flo r	N	1	0	0	0	1	2	0	5	0	0
1 3 3	1. 8	M	0.02 5	1	1	1	1	Flo r	M S	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
1 3 4	1. 5	M	0.02	0	0	1	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 3 5	1. 3	M	0.01	1	1	1	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1 3 6	1. 5	M	0.01	0	1	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 3 7	1. 6	M	0.02 5	0	1	1	0.5		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 3 8	1. 65	M	0.01	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 3 9	1. 5	M	0.00 7	0	1	0	0.1	Raí z	M L	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1 4 0	1. 5	M	0.02 5	1	1	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 4 1	1. 5	M	0.01 5	1	0	1	1	Flo r	M S	7	0	0	0	0	7	0	0	3	2
1 4 2	2. 8	A	0.03	1	0	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 4 3	2. 5	A	0.01 5	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 4 4	1. 5	M	0.01	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 4 5	3	A	0.01	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 4 6	2. 5	A	0.01 5	1	1	1	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	8	0	0

1471	1.7	M	0.005	0	0	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1481	0.6	J	0.007	1	0	1	1	Flo	M	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
1491	1.7	M	0.03	0	0	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1501	1.7	M	0.005	1	0	1	1	Flo	M	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1511	2.5	A	0.03	0	0	1	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1521	1.85	M	0.02	0	1	0	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1531	1.9	M	0.03	0	1	0	1	Tal	S	1	0	0	0	0					
1541	1.9	M	0.03	0	1	0	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1551	2.5	A	0.015	0	1	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1561	2.5	A	0.015	0	1	0	0.1	Raíz	M	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1571	1.8	M	0.008	1	1	1	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1581	1.6	M	0.03	0	1	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1591	3	A	0.02	1	1	1	1	Flo	N	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0
1601	3.5	A	0.02	1	1	1	0.1	Flo	M	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
1611	2	A	0.015	1	1	1	0.1	Flo	M	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0

2	1.	M	0.01	0	0	1	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	M	0.01	0	0	1	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2.	A	0.02	1	1	1	1	Flo	L	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2	2	A	0.01	0	1	0	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	A	0.04	1	1	1	1	Flo	M	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
2	2	A	0.01	1	1	1	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.	M	0.00	1	0	1	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.	M	0.00	0	0	0	0.1	Raíz	M	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1.	M	0.01	1	1	1	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	A	0.01	0	1	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.	M	0.00	0	1	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.	M	0.00	1	1	0	1	Flo	M	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
2	1.	M	0.00	1	1	0	1	Flo	N	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0
2	0.	J	0.05	0	1	0	1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2.	A	0.00	1	1	1	1	Ho	A	1	0	1	0	0	6	0	0	0	0

25225325425526272829303132333435363738394041424344454646	2	A	0.004	1	1	1	0.1	Flo r	M S	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	2	A	0.03	1	0	0	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	1.9	M	0.015	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.4	M	0.005	1	1	0	1	Flo r	M S	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	2	A	0.03	0	0	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.6	M	0.03	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.2	A	0.015	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.8	A	0.01	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.8	M	0.01	1	0	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.6	M	0.01	0	0	0	0.1	Raíz	M L	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	2	A	0.02	1	1	0	1	Flo r	M S	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	1.5	M	0.005	1	0	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.5	M	0.02	0	0	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5	A	0.025	1	1	0	0.1	Flo r	M S	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	3	A	0.05	1	1	0	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	1	0	3	0

2 9 7	1. 2	M	0.01	1	1	0	0.1		C	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2 9 8	1. 5	M	0.01	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 9 9	1. 5	M	0.02	1	1	0	0.1	Flo r	M S	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
3 0 0	1. 5	M	0.01	1	1	1	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	2	3	3
3 0 1	1. 7	M	0.01 5	1	1	1	0.1	Flo r	M S	3	0	0	0	0	3	0	0	1	0
3 0 2	1	M	0.01	0	1	0	0.1	Raí z	M L	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3 0 3	1. 1	M	0.01	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0 4	1. 8	M	0.01 5	0	1	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0 5	1. 5	M	0.01	1	1	1	1	Flo r	N	7	0	0	0	7	7	0	0	0	0
3 0 6	1. 6	M	0.01 5	0	1	1	0.5		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0 7	1	M	0.01	0	1	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0 8	1. 3	M	0.01 5	0	1	0	0.1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0 9	1. 4	M	0.01	1	0	0	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 1 0	1	M	0.00 8	0	0	1	1		N/ A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 1 1	3. 5	A	0.03	1	1	0	1	Flo r	M S	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0

3	1.	M	0.01	0	1	1	0.1		N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	8		5						A											
2																				
3	1.	M	0.02	1	0	1	1		Flo	M	8	0	0	0	0	8	0	0	2	4
1	7								r	S										
3																				
3	2.	A	0.01	0	1	1	1			N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	5		5							A										
4																				
3	1.	M	0.01	0	1	1	1			N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	5									A										
5																				



Retamo saludable con presencia de flores



Retamo semi seco



Retamo seco



Otros artrópodos presentes en el Retamo Espinoso



Huevos presentes en el sustrato cerca de las raíces del Retamo Espinoso



Abeja en proceso de polinización del Retamo Espinoso

Tabla de síntesis entre los objetivos planteados con su unidad de análisis y las diferentes variables relacionadas para alcanzar dichos propósitos.

Objetivo	Unidad de análisis	Variables
Identificar insectos herbívoros potenciales del retamo espinoso presentes en el sitio de estudio (bosque altoandino de Neusa, Tausa) que puedan servir como controladores biológicos	Herbívoros y Retamo Espinoso	Estado de afectación de la planta
		Presencia-ausencia de artrópodos
		Cantidad de artrópodos
		Parte de la planta donde se encuentra el artrópodo
		Clasificación de artrópodos
Identificar los herbívoros que presentan mayor afectación en el retamo según la etapa de desarrollo de la planta.	Retamo Espinoso	Estado de afectación de la planta
		Altura
		Presencia-ausencia de artrópodos
Identificar las características biológicas y de comportamiento que definen a un insecto herbívoro de retamo como un controlador biológico potencial	Herbívoro	Características del artrópodo
		Estado de afectación de la planta