

Determinación de viabilidad, vigor y banco de semillas de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en un Andisol de un ecosistema de Páramo

Determination of viability, vigor and seed bank of gorse (*Ulex europaeus* L.) in an Andisol of a Paramo ecosystem

Alba Gissela Fajardo-Ortiz¹ ; Laura Rocío Fonseca-Hernández^{1*} ; Arlette Ivonne Gil-Clavijo² ; Juliana Andrea Martínez-Chiguachi¹ ; Álvaro Celis-Forero¹ 

¹Universidad de Cundinamarca, Grupo de Investigación Fitomejoramiento y Biotecnología del Sumapaz. Fusagasugá - Cundinamarca, Colombia; e-mail: agfajardo@ucundinamarca.edu.co; lrfonseca@ucundinamarca.edu.co; julianaamartinez@ucundinamarca.edu.co; acelis@ucundinamarca.edu.co

²Universidad de Cundinamarca, Grupo de Investigación PROSAFIS. Fusagasugá - Cundinamarca, Colombia; e-mail: aigil@ucundinamarca.edu.co

*autor de correspondencia: lrfonseca@ucundinamarca.edu.co

Cómo citar: Fajardo-Ortiz, A.G.; Fonseca-Hernández, L.R.; Gil-Clavijo, A.I.; Martínez-Chiguachi, J.A.; Celis-Forero, Á. 2022. Determinación de viabilidad, vigor y banco de semillas de retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en un Andisol de un ecosistema de Páramo. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(2):e2076. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.2076>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: septiembre 3 de 2021

Aceptado: noviembre 11 de 2022

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) es una planta introducida invasora de rápido crecimiento y diseminación, con producción de semillas, que permanecen latentes en los primeros 5 cm de profundidad del suelo; esta planta altera espacios ecológicos nativos, áreas de producción agropecuaria y su control y erradicación no es exitosa. Conocer ciertas características de las semillas del retamo facilitará su control. El objetivo de este trabajo, fue determinar el vigor, la viabilidad y el banco de semillas de retamo espinoso, en zonas del páramo de Sumapaz. Para las pruebas, se colectaron semillas en tres sitios: Delicias, Usabá y Laguna. La prueba de vigor, se llevó a cabo mediante conductividad eléctrica y la de viabilidad, por ensayo topográfico de tetrazolio; en cada prueba, se realizó cuatro repeticiones, cada una con 100 semillas; el diseño estadístico fue completamente al azar. Para el banco de semillas, se tomaron muestras de suelo, a profundidades 0-5, 5-10 y 10-20

cm y se dispusieron en bandejas de aluminio. La prueba de vigor mostró que, después de 6 horas de hidratación, la cantidad de iones lixiviados se estabilizó, con un valor de $38,51 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, a las diez horas, afirmando alto vigor de semillas. La prueba de viabilidad presentó un 98 % y el banco de semillas registró mayor cantidad en el horizonte de 10-20 cm, con 950 semillas.m², en la Laguna. Este estudio demuestra que las semillas de retamo tienen altos valores de vigor, viabilidad y un abundante banco de semillas distribuidas a diferentes profundidades.

Palabras clave: Especie invasora; Viabilidad; Conductividad eléctrica; Banco de semillas, Sibaté.

ABSTRACT

The gorse (*Ulex europaeus* L.) is an invasive introduced plant of rapid growth and spread, with seeds production that remain

dormant in the first 5 cm of soil depth, this plant alters native ecological spaces, areas of agricultural production, and its control and eradication is not successful. Know certain characteristics of gorse seeds will facilitate its control. Thus, the purpose of this work was to determine the vigor, viability and seed bank of gorse in areas of the Sumapaz paramo. For the tests, seeds were collected in three sites: Delicias, Usabá and Laguna. The vigor test was carried out by means of electrical conductivity and the viability test by tetrazolium topographic assay, in each test four repetitions were carried out, each with 100 seeds, the statistical design was completely random. For the seed bank, soil samples were taken at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm, and placed in aluminium trays. The vigor test showed that after 6 hours of hydration, the amount of leached ions stabilized with a value of $38.51 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ at ten hours, confirming high seed vigor. The viability test presented 98 % and the seed bank registered a greater quantity in the 10-20 cm horizon with $950 \text{ seeds}\cdot\text{m}^2$ in the Laguna. This study shows that gorse seeds have high values of vigor, viability, and an abundant seed bank distributed at different depths.

Keywords: Invasive species; Biodiversity; Viability; Electrical conductivity; Seed bank, Sibaté.

INTRODUCCIÓN

El retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) es una especie leguminosa nativa de Europa occidental y las Islas Británicas (Hill *et al.* 2001); su crecimiento es perenne de largo plazo y forma un denso matorral (Amaya-Villareal & Renjifo, 2010). En Colombia, se reporta desde 1932 (Ríos Alzate & Jardín Botánico de Bogotá «José Celestino Mutis», 2005; Sánchez & Zabaleta, 2006) y está presente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Caldas, Cauca, Córdoba, Huila, Meta, Nariño, Risaralda, Santander y Tolima (Mora Goyes *et al.* 2018; Barrera-Cataño *et al.* 2019). Esta especie fue introducida para usarse como cerca viva y propagada de forma comercial, como ornamental (Sanguino Fernández, 2018), también fue establecida para controlar otras especies que afectaban espacios ecológicos; sin embargo, con el pasar del tiempo, el retamo espinoso aumentó su distribución (Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano, 2017), particularmente, en la Sabana de Bogotá, originado disturbios en ecosistemas nativos, áreas de producción agropecuaria, parques distritales y de conservación (Vargas *et al.* 2009).

Dentro de las alteraciones en el ecosistema causada por *U. europaeus* es la afectación en el crecimiento y desarrollo de arbustos nativos, lo que disminuye la disponibilidad de frutos, de los cuales, se alimentan las aves (Amaya-Villareal & Renjifo, 2010); otro aspecto a tener en cuenta, es que este arbusto puede alcanzar hasta 2 m de altura, donde en el tercio bajo se acumula una densa necromasa, que se acumula año tras año, formando una barrera que dificulta el ingreso de diferentes semillas y la luz al suelo (Beltrán-G. & Barrera-Cataño, 2014). Además, la necromasa y la presencia de aceites en diferentes partes de retamo espinoso, predisponen el desarrollo de incendios en áreas donde se establece (Barrera-Cataño *et al.* 2019). Los incendios generan condiciones que estimulan la regeneración y la propagación del retamo espinoso, ocasionado pérdida de bienes y servicios

ecosistémicos, aumento la tasa de erosión y facilita el establecimiento de otras especies invasoras (Barrera-Cataño *et al.* 2002; Ocampo-Zuleta & Beltrán-Vargas, 2018; Ocampo-Zuleta, 2019).

El retamo espinoso, se cataloga entre las diez especies introducidas invasoras de mayor riesgo en Colombia, por su forma de establecimiento, impacto e inviabilidad de control (Baptiste E. *et al.* 2010). *U. europaeus*, se caracteriza por su facilidad de germinar, recuperarse rápidamente, dificultad para su erradicación y una elevada producción de semillas, la cual, se puede estimar entre 442 y $36.741 \text{ semillas}\cdot\text{m}^2$ al año (Rees & Hill, 2001). En los Cerros Orientales del sur de Bogotá, se evaluaron bordes de matorral con presencia de esta especie invasora, reportando la presencia de un banco de semillas con cantidades promedio de $5.386 \text{ semillas}\cdot\text{m}^2$, en profundidades de hasta 20 cm, en el perfil del suelo (Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano, 2017). La variabilidad en la cantidad de semillas tiene una relación con la edad del área invadida, encontrando valores de hasta $15.000 \text{ semillas}\cdot\text{m}^2$ en invasiones de 40 años (Beltrán-Gutiérrez & Barrera-Cataño, 2015).

Un banco de semillas, se puede definir como un grupo de semillas con potencial germinable, capaces de conformar una futura vegetación o reinvasión, adaptadas a diferentes condiciones, que prevalecen en periodos adversos de espacio y tiempo (Hill *et al.* 2001; Cano-Salgado *et al.* 2012). El estudio de estos reservorios de semillas permite conocer la cantidad de semillas nuevas, ubicadas, principalmente, en la superficie del suelo y de semillas antiguas, persistentes en el tiempo, facilitando determinar la viabilidad de estas y, con ello, estimar la posible infestación de malas hierbas. Es necesario tener en cuenta, que los bancos de semillas pueden presentar cambios, como modificaciones en tamaño y en composición de las especies presentes en el suelo, debido a la implementación de prácticas agrícolas (Begum *et al.* 2006). Otro aspecto que permite la evaluación de los bancos de semillas es conocerlos como fuente de propágulos y diversidad genética, que facilita el reconocimiento de especies de plantas, distribución de semillas y los programas de manejo, que ayuden en el control de especies invasoras (Cox & Allen, 2008; Gioria *et al.* 2019).

Además, conocer la viabilidad de una semilla puede determinar la habilidad que tiene el embrión para germinar, aunque este evento se puede alterar por diversos factores, como la producción de semillas viables por la planta, edad de la semilla, daños por factores externos y condiciones ambientales. Otra característica a tener en cuenta es el vigor de las semillas, considerado para determinar el nivel de actividad y desempeño de estas durante la germinación y emergencia de la plántula; este vigor puede disminuir a lo largo del tiempo, porque las semillas pierden la capacidad de realizar sus procesos fisiológicos (Shaban, 2013). Otra técnica para evaluar el estado de las semillas es la conductividad eléctrica, que presenta ventajas, como la rapidez de resultados, no afectados por la latencia, no demanda equipos costosos, ni personal altamente calificado, es capaz de identificar el deterioro de las semillas en su estado inicial (Silva *et al.* 2013), además de su objetividad y una base teórica consistente (AOSA, 1983).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el vigor, la viabilidad y el banco de semillas de retamo espinoso, para conocer la dinámica de desarrollo de esta planta invasora en las zonas de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Sibaté - Cundinamarca, Colombia, en la vereda Romeral, ubicada a una altura aproximadamente de 3.312 m s.n.m., con temperatura media de 14 °C y precipitación media anual de 1.075 mm. Estos suelos se caracterizan por ser de tipo Andisol (Borja, 2012).

Para el estudio del banco de semillas se seleccionaron tres sitios de muestreos, de acuerdo a su ubicación y ecosistemas contrastantes. El primer lugar, denominado Delicias, se encontraba ubicado al borde de la carretera, que conduce a la vereda Romeral; este punto, se caracterizaba por la presencia de pasto para ganado lechero, el cual, estaba siendo invadido por retamo espinoso, con coordenadas N 4°25'53.00", W 74°14'2.00" W. El segundo lugar, llamado la Laguna, se caracterizaba por plantas de retamo espinoso al borde de un cuerpo de agua, con coordenadas N 4°24'46.00", W 74°14'5.01" y finalmente Usabá, sobre la carretera hacia el municipio de Pasca-Cundinamarca, limitando con sistemas de producción agrícola, con coordenadas N 4°24'26.00", W 74°14'7.00" (Figura 1). Para

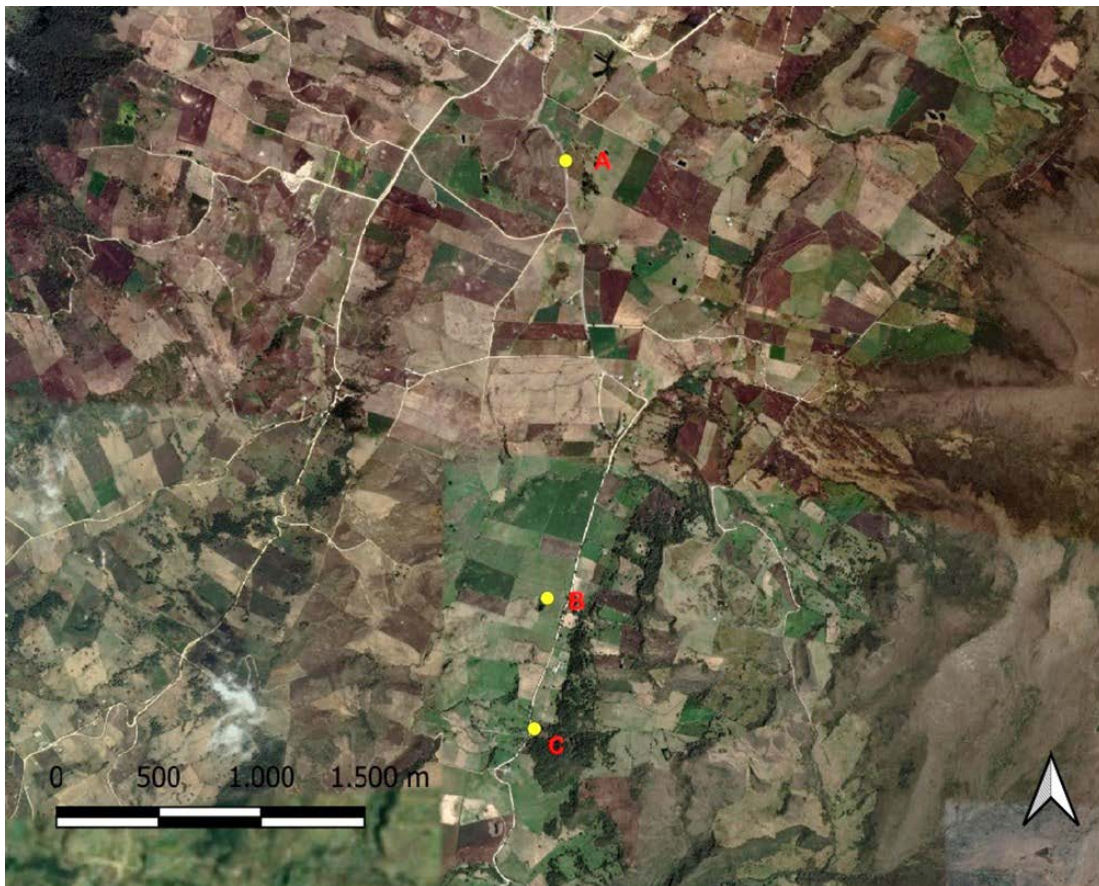


Figura 1. Lugares de muestreo para determinación del banco de semillas de *Ulex europaeus*. a) Delicias; b) Laguna y c) Usaba.

la determinación del vigor y viabilidad de la semilla, solo se utilizó material vegetal del sector llamado Delicias.

Metodología para determinación de vigor, viabilidad y banco de semillas

Prueba de vigor: El vigor de las semillas de retamo espinoso, se analizó mediante la prueba de conductividad eléctrica (C.E.), determinada por la ISTA (International Seed Testing Association, 2005), en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, bajo condiciones de

temperatura promedio de 20 °C. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Cada repetición fue colocada en un vaso de precipitados con 60 mL de agua destilada estéril y mediante un conductímetro marca Jenway 4510 (calibrado en 25 mL de agua destilada estéril), se realizaron las respectivas mediciones, tomadas a las 2, 4, 6, 8 y 10 horas de imbibición de la semilla. Los resultados, se expresaron en $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ y se analizaron con el paquete estadístico SAS, con una prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % de significancia, para determinar si existieron diferencias estadísticas entre el tiempo de imbibición y el vigor de la semilla.

Tabla 1. Prueba de Tukey para conductividad eléctrica (C.E.) de las semillas de retamo espinoso en el sector Delicias, vereda Romeral (Sibaté, Cundinamarca).

PERÍODOS DE IMBIBICIÓN (HORAS)	C.E. ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
2	9,01a**
4	20,15ab
6	37,45b
8	38,51b
10	37,31b

(μs : microsiemens). **Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Prueba de viabilidad: Las semillas colectadas en el sector Delicias, vereda Romeral (Sibaté), fueron sometida a una prueba de viabilidad, mediante el ensayo topográfico de tetrazolio en el laboratorio de la Universidad de Cundinamarca. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición constó de 100 semillas, acondicionadas mediante un corte longitudinal con bisturí y, posteriormente, se colocaron en un vaso de precipitados de 100 mL, con una solución de tetrazolio en agua al 1 %, en un volumen total de 50 mL, durante 2 horas. Pasado este tiempo, se realizó un conteo de las semillas viables y no viables, con la ayuda de un estereoscopio, para calcular el porcentaje de viabilidad, de acuerdo con las reglas de la ISTA (2005), según el color de la tinción, obtenida por el embrión, que varía de rojo intenso, para las semillas vigorosas, pasando por coloración rosa (de fuerte a pálido, para semillas parcialmente dañadas) y color blanco, para las semillas muertas o inviables (Elizalde *et al.* 2017).

Banco de semillas: La colecta de muestras, se realizó en la zona de páramo de Sumapaz del municipio de Sibaté, seleccionando tres matorrales de *Ulex europaeus*, en los sitios mencionados. Para colectar el suelo, se usó la metodología de Sánchez & Zabaleta (2006), pero modificando el área de evaluación, al pasar de 1 m^2 a $0,40\text{ m}^2$, buscando reducir la cantidad de suelo colectado y así distribuir una proporción, de acuerdo al área disponible para las evaluaciones y con el fin de tener precisión en la colecta de suelo, se utilizó un cuadrado de $0,20 \times 0,20\text{ m}$. En cada matorral, se seleccionaron tres puntos de muestreo, donde se dispuso el cuadrado anteriormente mencionado y, a partir de allí, se tomaron muestras a tres profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm. Se realizaron dos muestreos en cada uno de los matorrales. Posteriormente, el suelo extraído de cada matorral, se distribuyó en bandejas de aluminio marcadas con cada profundidad. Las muestras permanecieron en un umbráculo por un periodo de tres meses, con aplicaciones de riego, para posteriormente realizar el conteo de plántulas germinadas, diferenciándolas en dicotiledóneas (hoja ancha), monocotiledóneas (hoja angosta) y retamo espinoso, que se identificó al observar las primeras hojas verdaderas (trifoliadas) (Barrera-Cataño *et al.* 2019). Con el fin de confirmar que fueran plantas de retamo espinoso, se mantuvieron por un periodo de hasta dos meses, para observar el desarrollo de la plántula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de vigor. La prueba de conductividad eléctrica, se basa en el hecho de que las semillas, cuando se sumergen en agua (fase de imbibición), exudan iones, azúcares y otros metabolitos, debido a los cambios en la integridad de las membranas celulares, de acuerdo con Fessel *et al.* (2006).

Según Bewley & Black (1985), en las semillas de bajo vigor, los mecanismos de reparación de membranas son ineficientes, están ausentes o las membranas están completamente dañadas, lo que permite la salida de una gran cantidad de electrolitos, a través de ella. Cuando se estabilizan las membranas, se produce la menor lixiviación de exudados (Fessel *et al.* 2010).

La prueba de comparación múltiple de Tukey para la conductividad eléctrica de las semillas de retamo espinoso del sector Delicias (Tabla 1) mostró que, a partir de las 6 horas de hidratación, la cantidad de iones lixiviados se estabilizó, demostrando que sus membranas celulares tienen una alta capacidad de restauración en su integridad en poco tiempo, directamente relacionado con su alto vigor.

Algunos resultados para este parámetro en especies cultivadas son abundantes, pero para semillas de *U. europaeus* son muy pocas, por lo que se considera un punto de partida para futuras investigaciones, en el conocimiento de esta especie; por ejemplo, para semillas de maíz (*Zea mays* L.), se considera que la pérdida de iones, a través de las membranas, se estabiliza a las 24 horas de imbibición, a $25\text{ }^\circ\text{C}$ (Sivritepe *et al.* 2015); para semillas de frijón (*Phaseolus vulgaris* L.), a las 16 horas, a $25\text{ }^\circ\text{C}$ (Ortiz *et al.* 2018) y en sorgo, a las 24 horas, a $25\text{ }^\circ\text{C}$ (Fatonah *et al.* 2017).

De acuerdo con la investigación realizada por Szemruch *et al.* (2019), en semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.), se encontró que los valores de la C.E. variaron entre $40,4$ y $41,5\text{ }\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, para aquellas consideradas de alto vigor y entre $60,6$ y $50,2\text{ }\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, para las consideradas de medio y bajo vigor (Szemruch *et al.* 2019). Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la prueba, que fueron de $38,51\text{ }\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, a las ocho horas y de $37,31\text{ }\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, a las diez horas, se puede afirmar que las semillas de *U. europaeus* del sector Delicias presentan un alto vigor.

Prueba de viabilidad. Los resultados de la prueba de tetrazolio mostraron que las semillas de retamo espinoso del sector Delicias tuvieron una viabilidad del 98 %, de acuerdo con los estándares de tinción del embrión, de color rojo intenso, lo cual, quiere decir que estas poseen un embrión viable, capaz de germinar y producir plántulas normales. La viabilidad de las semillas expresa su potencial germinativo, de acuerdo con lo reglamentado por la ISTA (2005).

En embriones de semillas, la diferencia entre los tejidos vivos de los muertos refleja la actividad de las enzimas deshidrogenasas, base del proceso respiratorio. Cuando las semillas vivas se hidratan, la actividad de las deshidrogenasas se ve incrementada, lo que da como resultado la liberación de iones hidrógeno, que reduce a la solución de tetrazolio (incolora) a trifenil-formazán, de color rojo, de acuerdo con Ruiz (2009). Cuando existe una baja concentración

Tabla 2. Número de plantas dicotiledóneas, monocotiledóneas y de retamo espinoso *Ulex europaeus*, en los sitios muestreados Delicias, Usabá y Laguna, del municipio de Sibaté, en las profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm.

Lugar	Dicotiledóneas	Monocotiledóneas	Retamo		
			Número	Número m ⁻²	Número ha ⁻¹
Profundidad 0-5 cm					
Delicias	25	59	4	100	1.000.000
Usabá	40	56	14	350	3.500.000
Laguna	31	11	21	525	5.250.000
Profundidad 5-10 cm					
Delicias	30	36	11	275	2.750.000
Usabá	11	16	1	25	250.000
Laguna	36	11	26	650	6.500.000
Profundidad 10-20 cm					
Delicias	63	33	24	600	600.000
Usabá	6	19	2	50	500.000
Laguna	54	20	38	950	9.500.000
Total	296	261	141	3.525	29.850.000

de deshidrogenasas, no se colorea la semilla al no reaccionar con tetrazolio, según Victoria T. (2006). Los diferentes grados de tinción, se relacionan con la germinación.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Sixtus *et al.* (2004), en la viabilidad de semillas de retamo espinoso, en dos sitios de Nueva Zelanda, mostrando diferencias según el sitio de colecta, siendo mayor en las vainas colectadas en Golden Bay (esquina noroeste de la isla sur), con un 60 %, a diferencia de las producidas más al sur, en el lago glacial Ohau, con un 30 % de viabilidad. En Golden Bay, la producción de semilla de retamo espinoso es de forma continua, con picos de producción en junio y diciembre, con un promedio mensual de las temperaturas mínimas invernales de, aproximadamente, 5 °C, mayores que en otras zonas de la isla, lo que podría ser la causa del más largo período reproductivo por estación, mientras que en el lago Ohau, la semilla de retamo espinoso se produce por más cortos periodos, que puede ser debido a la temperatura más fría, de -2 °C.

Banco de Semillas. El mayor potencial de plantas de retamo espinoso de las zonas de estudio se alcanzó en el matorral la Laguna,

con 2.250 semillas germinadas por m⁻²; estas cifras son similares a las encontradas en Sir Lanka y en Australia (Kariyawasam & Ratnayake, 2019). Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano (2017), en Colombia, encontraron 1.892 semillas por m⁻², entre los 2.700 a 3.200 m.s.n.m., menor a la densidad de los bancos evaluados en este estudio, que oscilaron entre 2.500 y 16.000 semillas.m⁻²; estas cantidades coincidieron con los rangos reportados por Rees & Hill (2001), que estiman la producción anual de semillas de retamo espinoso entre 442 a más de 36.741 semillas.m⁻². Una causa de las variaciones en las densidades de las semillas de retamo, se atribuye a su amplia adaptación en diferentes rangos de climas, así garantiza producción constante de semillas (Bowman *et al.* 2008); sin embargo, en este caso, no se puede atribuir a alguna época o a condiciones climáticas, porque no fue posible relacionarlas con las fechas de muestreo. Este tipo de cambios en las densidades muestran la necesidad de interpretar y analizar el banco de semillas de cada lugar de estudio, para determinar estrategias de control, acordes a las características de las zonas invadidas por esta planta.

Los resultados muestran que la mayor abundancia de semillas de retamo espinoso se encontró en el matorral la Laguna, en la profundidad de

10-20 cm, seguida de 0-5 cm y finalmente de 5-10 cm (Tabla 2); por el contrario, Ocampo-Zuleta & Solorza-Bejarano (2017) reportaron la mayor cantidad de semillas de retamo espinoso, depositadas entre 0-5 cm, independiente de los sitios muestreados. Esta mayor densidad puede ser explicada por la apertura de vainas, que al caer se abren y las semillas quedan depositadas en el primer horizonte del suelo (Clements *et al.* 2001); sin embargo, es posible hallar semillas a profundidades superiores de 10 cm, las cuales, pueden funcionar como el reservorio futuro de *U. europaeus*, al tener la posibilidad de evitar adversidades bióticas o abióticas a esas profundidades (Hill *et al.* 2001). En este sentido, Gonzalez *et al.* (2010) encontraron un número mayor de semillas de retamo espinoso, entre los 5-10 cm del suelo y no necesariamente entre los primeros 5 cm; esto se podría deber a factores, como disturbios en el ambiente y el agotamiento de la capa superficial del suelo, así como la exposición a algunos depredadores, los cuales, afectan el tamaño de los bancos de semillas (Carbonne *et al.* 2020). En especies de plantas arvenses, el aumento en la densidad de semillas se obtuvo, igualmente, a la profundidad de 10 a 20 cm y en los primeros centímetros disminuyó, lo cual, fue relacionado con las prácticas de manejo del suelo (Vargas Gutiérrez & Blanco Metzler, 2012).

Según los análisis realizados para las tres áreas evaluadas, el banco de semillas, para el matorral la Laguna, fue de 2.125 semillas, seguido de las Delicias, con 975 semillas y finalmente con Usaba, 425 semillas; por lo anterior, el matorral la Laguna presentó valores más altos de semillas. Estos resultados pueden estar relacionados con actividades realizadas por la comunidad en dicho matorral, para el control de esta especie invasora, como las quemadas constantes. Esta práctica aumenta la dispersión y la propagación de semillas (Vargas *et al.* 2009), creando una condición de sucesión ecológica detenida, prolongando la permanencia de la especie en los matorrales (Herrera *et al.* 2016), lo cual, afecta la resiliencia del suelo y la recuperación del hábitat, con especies nativas. De igual forma, las semillas de retamo espinoso han demostrado ser tan resistentes al fuego, que los incendios favorecen la expresión masiva de los bancos de semilla, dificultando la erradicación de la planta (Barrera-Cataño *et al.* 2002; Vargas, 2007; Contreras-Rodríguez *et al.* 2019).

Al realizar el conteo de la composición del banco de semillas, se encontró que estaba compuesto, en mayor proporción, de especies dicotiledóneas, con 42,4 %, monocotiledóneas, con 37,4 % y retamo espinoso, con 20,2 %. Esta composición fue similar a los resultados obtenidos por Haretche & Rodríguez (2006), donde presentó mayor predominancia de plantas dicotiledóneas que monocotiledóneas, lo que puede estar relacionado con la longevidad de las semillas, ya que las monocotiledóneas se caracterizan por ser poco longevas.

Finalmente, se puede concluir, que las semillas de esta especie presentan una reparación de membranas celulares en corto tiempo después del inicio de la imbibición, lo cual, indica que posee alto vigor, asociado a una alta viabilidad, factores clave para su establecimiento exitoso en diversos ambientes. El banco de semillas de retamo espinoso, se puede encontrar a profundidades de hasta 20 cm del suelo en los lugares muestreados, además el matorral asociado al cuerpo hídrico

de la Laguna, presentó el mayor banco de semillas, lo que se puede atribuir a las prácticas de quemadas allí realizadas.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Cundinamarca, por la financiación y a la comunidad de Romeral Alto, por permitirnos el ingreso a los predios para la toma de muestras. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue elaborado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaran que no existe ningún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

1. AMAYA-VILLAREAL, Á.M.; RENJIFO, L.M. 2010. Efecto del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) sobre las aves de borde en un bosque altoandino. *Ornitología Colombiana*. 10:11-25.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, AOSA. 1983. Seed vigour testing handbook. 1st Edition. AOSA (USA). 88p.
3. BAPTISTE E., M.P.; CASTAÑO, N.; CÁRDENAS LÓPEZ, D.; GUTIÉRREZ, F. DE P.; GIL, D.; LASSO, C.A. 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Bogotá, D.C., Colombia). 200p.
4. BARRERA-CATAÑO, J.I.; CONTRERAS-RODRÍGUEZ, S. M.; MALAMBO-DUARTE, N.; MORENO CÁRDENAS, A.C.; OCAMPO, R.; RODRÍGUEZ PERDOMO, D.; ROJAS ROJAS, J.E. 2019. Plan de prevención, manejo y control de las especies de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*) en la jurisdicción CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca; Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia).170p.
5. BARRERA-CATAÑO, J.I.; RÍOS-ALZATE, H.F.; PINZÓN-OSORIO, C.A. 2002. Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros de Bogotá D.C. *Perez-Arbelaezia*. 13:55-71.
6. BEGUM, M.; JURAIMI, A.S.; RASTAN, S.O.B.S.; AMARTALINGAM, R.; MAN, A.B. 2006. Seedbank and seedling emergence characteristics of weeds in ricefield soils of the muda granary area in north-west peninsular Malaysia. *Biotropia*. 13(1):11-21.
7. BELTRÁN-G, H.E.; 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. *Biota Colombiana*. 15(2):3-26.

8. BELTRÁN-GUTIÉRREZ, H.; BARRERA-CATAÑO, J.I. 2015. Herramientas para la caracterización de comunidades de *Ulex europaeus* en un contexto de restauración ecológica del bosque altoandino. En: Cárdenas-Toro, J.; Baptiste E. M.P.; Ramírez, W.; Aguilar-Garavito, M. (eds.). Herramientas para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Bogotá-Colombia). p.107-112.
9. BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1985. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press (New York). 367p.
10. BORJA, P. 2012. Los suelos del páramo. Unidad 3. En: Llambi, L.D.; Soto-W., A.; Céleri, R.; De Bievre, B.; Ochoa, B.; Borja, P. (Eds.) Ecología hidrología y suelo de páramos. Páramos Andinos (Quito, Ecuador). p.69-92.
11. 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. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9370-1>
12. CANO-SALGADO, A.; ZAVALA-HURTADO, J.A.; OROZCO-SEGOVIA, A.; VALVERDE-VALDÉS, M.T.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, P. 2012. Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83:437-446.
13. CARBONNE, B.; PETIT, S.; NEIDEL, V.; FOFFOVA, H.; DAOUTI, E.; FREI, B.; SKUHROVEC, J.; ŘEZÁČ, M.; SASKA, P.; WALLINGER, C.; TRAUOGOTT, M.; BOHAN, D. 2020. The resilience of weed seedbank regulation by carabid beetles, at continental scales, to alternative prey. *Scientific reports*. 10:19315. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76305-w>
14. CLEMENTS, D.R.; PETERSON, D.J.; PRASAD, R. 2001. The biology of Canadian weeds. *Ulex europaeus* L. *Canadian Journal of Plant Science*. 81(2):325-337. <https://doi.org/10.4141/P99-128>
15. CONTRERAS-RODRÍGUEZ, S.; ORDOÑEZ-PARRA, C.; BASTO, S.; ROJAS-ROJAS, J.E.; TALERO-RODRÍGUEZ, C.; BARRERA-CATAÑO, J.I. 2019. El retamo espinoso y liso en el Territorio CAR: un problema que entre todos debemos solucionar. *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR*. 43p.
16. COX, R.; ALLEN, E.B. 2008. Composition of soil seed banks in southern California coastal sage scrub and adjacent exotic grassland. *Plant Ecology*. 198:37-46. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9383-9>
17. ELIZALDE, V.; GARCÍA, J.R.; PEÑA-VALDIVIA, C.B.; YBARRA, M.C.; LEYVA, O.R.; TREJO, C. 2017. Viabilidad y germinación de semillas de *Hechtia perotensis* (Bromeliaceae). *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)*. 65(1):153-165. <http://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.23566>
18. FATONAH, K.; SULIANSYAH, I.; ROZEN, N. 2017. Electrical conductivity for seed vigor test in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Cell Biology and Development*. 1(1):6-12. <https://doi.org/10.13057/cellbioldev/v010102>
19. FESSEL, S.A.; PANOBIANCO, M.; DE SOUZA, C.R.; VIEIRA, R.D. 2010. Electrical conductivity test of soybean seeds stored under different temperatures. *Bragantia (Brasil)*. 69(1):207-214.
20. FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; PAULA, R.C.; PANOBIANCO, M. 2006. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 41(10):1551-1559. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001000013>
21. GIORIA, M.; LE ROUX, J.J.; HIRSCH, H.; MORAVCOVÁ, L.; PYŠEK, P. 2019. Characteristics of the soil seed bank of invasive and non-invasive plants in their native and alien distribution range. *Biological Invasions*. 21(7):2313-2332. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01978-y>
22. GONZALEZ, M.; MATHIEU, A.; AUGUSTO, L.; GIRE, C.; BAKKER, M.R.; BUDYNEK, A. 2010. Gorse seed bank variability in maritime pine stands. *Seed Science Research*. 20(1):31-38. <https://doi.org/10.1017/s0960258509990237>
23. HARETCHE, F.; RODRÍGUEZ, C. 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología Austral*. 16:105-113.
24. HERRERA, I.; GONCALVES, E.; PAUCHARD, A.; BUSTAMANTE, R.O. 2016. Manual de plantas invasoras de Sudamérica. IEB Chile-Instituto de Ecología y Biodiversidad (Chile). 116p.
25. HILL, R.L.; GOURLAY, A.H.; BARKER, R.J. 2001. Survival of *Ulex europaeus* seeds in the soil at three sites in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*. 39(2):235-244. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2001.9512734>
26. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, ISTA. 2005. International rules for seed testing. Annual Meeting. Vol. 215. ISTA.
27. KARIYAWASAM, C.S.; RATNAYAKE, S.S. 2019. Reproductive biology of gorse, *Ulex europaeus* (Fabaceae) in the mount lofty ranges of South Australia and Sri Lanka.

- The International Journal of Plant Reproductive Biology. 11(2):145-152. <https://doi.org/10.14787/ijprb.201911.2>
28. MORA GOYES, M.F.; RUBIO, J.; OCAMPO, R.; BARRERA CATÁÑO, J.I. 2018. Catálogo de especies invasoras del territorio CAR. Pontificia Universidad Javeriana; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (Colombia). 220p.
 29. 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. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n1.71953>
 30. OCAMPO-ZULETA, K.; BELTRÁN-VARGAS, J. 2018. Modelación dinámica de incendios forestales en los Cerros Orientales de Bogotá, Colombia. Madera y bosques. 24(3):e2431662.
 31. 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 Sup):89-98. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18s01a05>
 32. ORTIZ, T.A.; GOMES, G.R.; DE SIQUEIRA VENGRUS, N.A.; ANSCHAU, R.; ASSARI TAKAHASHI, L.S. 2018. Electrical conductivity test for evaluating physiological quality in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. Australian Journal of Crop Science. 12(10):1561-1565. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.10.pne1022>
 33. REES, M.; HILL, R.L. 2001. Large-scale disturbances, biological control and the dynamics of gorse populations. Journal of Applied Ecology. 38(2):364-377. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00598.x>
 34. RÍOS ALZATE, H.F.; JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ "JOSÉ CELESTINO MUTIS". 2005. Guía Técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital. Complejo invasor retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) y retamo liso (*Teline monspessulana* (L) C. Koch). Jardín Botánico José Celestino Mutis (Bogotá, D.C.). 155p.
 35. RUIZ, M.A. 2009. El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. Caso de estudio: cebadilla chaqueña. Publicación técnica no. 77. EEA INTA Anguil (Argentina).19p.
 36. SÁNCHEZ, A.; ZABALETA, Á. 2006. La invasión del espinoso, un problema que nos toca enfrentar. En: Vargas, O. (Ed.). En busca del bosque perdido. Una experiencia de restauración ecológica en predios del embalse de Chisacá. Localidad de Usme, Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. p.88-94.
 37. SANGUINO FERNÁNDEZ, J.A. 2018. Identificación de impactos generados por el retamo espinoso en la vereda santa rosa localidad Ciudad Bolívar. Boletín Semillas Ambientales. 12(1):160-164.
 38. SHABAN, M. 2013. Study on some aspects of seed viability and vigor. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research (Iran). 1(12):1692-1697.
 39. SILVA, R.C.D.; GRZYBOWSKI, C.R. DE S.; FRANCANETO, J. DE B.; PANOBIANCO, M. 2013. Adaptação do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de girassol. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 48(1):105-113.
 40. SIVRITEPE, H.O.; SENTURK, B.; TEOMAN, S. 2015. Electrical Conductivity Tests in Maize Seeds. Advances in Plants & Agriculture Research (USA). 2(7):00075.
 41. SIXTUS, C.R.; HILF, G.D.; SCOTT, R.R. 2004. Variation in gorse (*Ulex europaeus* L.) seed production and viability in the South Island of New Zealand. Agronomy of New Zealand. 34:31-41.
 42. SZEMRUCH, C.; GALLO, C.; MURCIA, M.; ESQUIVEL, M.; ARANGUREN, M.; GARCÍA, F.; MEDINA, J. 2019. Uso del test de conductividad eléctrica para la estimación del vigor y la emergencia a campo de semillas de girasol. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA EEA Oliveros (Argentina). 37p.
 43. VARGAS, O. 2007. Guía metodológica para la restauración de áreas invadidas por el retamo espinoso. En: Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia; Convenio Interinstitucional Acueducto de Bogotá – Jardín Botánico – Secretaría Distrital de Ambiente. p.169-174.
 44. VARGAS, O.; LÉON, O.; DÍAZ, A. 2009. Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas. Universidad Nacional de Colombia; Convenio Interinstitucional Secretaría Distrital de Ambiente (Bogotá D.C.). 305p.
 45. VARGAS GUTIÉRREZ, M.; BLANCO METZLER, H. 2012. Efecto de prácticas de manejo del suelo sobre el banco de semillas de malezas, Guanacaste, Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. 13(26):43-57.
 46. VICTORIA T., J.A. 2006. Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. Acta agronómica (Colombia). 55(1):31-41.