

# Efecto de atmósferas modificadas con CO<sub>2</sub> sobre la germinación de banco de semillas de malezas

## Effect of atmospheres modified with CO<sub>2</sub> on the germination of weed seed bank

Judy Andrea Rincón Velásquez<sup>1</sup>; Mónica Yadira Dotor Robayo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ing. Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia; e-mail: [jarinconv@unal.edu.co](mailto:jarinconv@unal.edu.co); <https://orcid.org/0000-0002-5499-7913>

<sup>2</sup>Ing. Agrónoma, Especialista, M.Sc. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia; e-mail: [mydotorr@unal.edu.co](mailto:mydotorr@unal.edu.co); <http://orcid.org/0000-0002-2133-0450>

\*autor de correspondencia: [mydotorr@unal.edu.co](mailto:mydotorr@unal.edu.co)

**Cómo citar:** Rincón Velásquez, J.A.; Dotor Robayo, M.Y. 2020. Efecto de atmósferas modificadas con CO<sub>2</sub> sobre la germinación de banco de semillas de malezas. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 23(1):e1551. <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1551>

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:** Agosto 22 de 2019

**Aceptado** Mayo 11 de 2020

**Editado por:** Ingeborg Zenner de Polanía

## RESUMEN

Aumentos en la concentración de dióxido de carbono -CO<sub>2</sub>- atmosférico, pueden generar modificaciones sobre la composición florística, biología y ecología de malezas, lo que puede implicar modificaciones en el manejo de las mismas. Con el objetivo de reconocer el efecto del CO<sub>2</sub> sobre la germinación de un banco de semillas de malezas, proveniente de un suelo de uso agrícola, se ejecutó un diseño experimental completamente al azar, el cual, se planteó como un arreglo factorial con muestras de suelo, provenientes de 2 profundidades, 5 dosis de CO<sub>2</sub>, 4 réplicas por tratamiento y 3 medidas repetidas en el tiempo. Evaluándose el efecto de 5 concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> -400, 500, 700, 800, 900ppm-, sobre la germinación del banco de semillas. Para esto, se tomaron materos con muestras de suelo, que fueron llevados a

cámaras confinadas, en donde se adicionó CO<sub>2</sub>, hasta el valor de referencia. Allí, se mantuvieron en condiciones de germinación durante todo el experimento. Los resultados indican diferencias significativas en los tratamientos en los que se adicionó CO<sub>2</sub>, los análisis fitosociológicos muestran que el tratamiento de 900ppm de CO<sub>2</sub> presentó la mayor riqueza y diversidad, según índice de Shannon (H') y el tratamiento de 800ppm presentó la mayor cantidad de individuos. *Lolium temulentum* L. fue la especie dominante del banco de semillas, evidenciándose una respuesta positiva de la especie en relación al enriquecimiento atmosférico. Los resultados indican que ambientes enriquecidos de CO<sub>2</sub> inducen una variación en la diversidad poblacional del banco de semillas evaluado.

Palabras clave: enriquecimiento atmosférico; biodiversidad; gas de efecto invernadero; dióxido de carbono; fitosociología.

## ABSTRACT

Increases in atmospheric carbon dioxide concentration - CO<sub>2</sub>-, can generate modifications in the floristic composition, biology and ecology of weeds, which could imply in their management. With the aim of recognizing the effect of CO<sub>2</sub>-modified atmospheres on germination of weed seed bank from an agricultural soil, a completely randomized experimental design was executed, which was proposed as a factorial arrangement with soil samples from 2 depths, 5 doses of CO<sub>2</sub>, 4 replicates per treatment and 3 measures repeated over time. Evaluating the effect of 5 atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub>—400,500,700,800,900ppm-, on the germination of the seed bank. For this, pot was taken with soil samples, which were taken to confined chambers where CO<sub>2</sub> was added up to the reference value. There they were kept under germination conditions throughout the experiment. The results indicate significant differences in the treatments in which CO<sub>2</sub> was added, the phytosociological analyzes show that the treatment of 900ppm of CO<sub>2</sub> presented the greatest richness and diversity according to the Shannon index (H') and the 800ppm treatment presented the largest number of individuals. *Lolium temulentum* L. was the dominant species in the seed bank, showing a positive response of the species in relation to atmospheric enrichment. The results indicate CO<sub>2</sub> enriched environments induce a variation in the population diversity of the evaluated seed bank.

Keywords: Atmospheric enrichment; biodiversity; greenhouse gases; carbon dioxide; phytosociology.

## INTRODUCCIÓN

La concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en 1832, se encontraba en 284ppm (Wheeler & Von Braun, 2013). Actualmente (2020), se reportan valores de 412ppm (Dlugokencky & Tans, 2020) se estima que para finales del siglo XXI llegue entre 600 a 1000ppm (IPCC, 2014). Esta variabilidad en la concentración de gases atmosféricos implica cambios ambientales (IPCC, 2014), que podrían favorecer la selección evolutiva inter e intra específicas en poblaciones de plantas (Ziska, 2016).

El aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico asociado al cambio climático genera un escenario incierto para la dinámica poblacional de las malezas; diversos estudios coinciden en reconocer efectos en las plantas, como ganancia de biomasa, cambios morfológicos y cambios fenológicos (Ziska & Goins, 2006; Rogers *et al.* 2008; Zeng *et al.* 2011; Peters *et al.* 2014; Malarkodi *et al.* 2017).

El efecto del CO<sub>2</sub> sobre la germinación de bancos de semillas de malezas poco se ha estudiado, probablemente, argumentando que la concentración de CO<sub>2</sub> en suelo excede a la atmosférica, que los niveles de CO<sub>2</sub> en la capa superficial del suelo pueden ser dinámicos y estar influenciados por el CO<sub>2</sub> atmosférico (Ziska & Dukes, 2011). Aunque esto no ha sido bien documentado, existen estudios que reportan diferentes efectos en los porcentajes y tasas de germinación de algunas especies de plantas (Riemens *et al.* 2004; Ziska & Dukes, 2011; Marty & Bassiri, 2014; Kim & Han, 2018).

Es pertinente diferenciar dos tipos de banco de semillas: uno transitorio que, usualmente, para el neotrópico, se asocia con las semillas ubicadas en la capa superficial del suelo y otro persistente, es decir, aquel que contiene semillas de capas más profundas (Ferri *et al.* 2009). Estos bancos de semillas influyen en las dinámicas poblacionales, a nivel temporal, considerando las diferencias en longevidad diversidad y velocidad de germinación que pueden presentar (Acosta & Agüero, 2001; Matilla, 2004; Baskin & Baskin, 2014).

El enriquecimiento de CO<sub>2</sub> afecta la dinámica de las poblaciones de malezas en los diferentes ecosistemas; en el caso de los sistemas agrícolas, la competencia entre malezas y cultivo podría favorecer a las primeras, debido a su alta variación genética y plasticidad (Malarkodi *et al.* 2017; Peters *et al.* 2014).

A través de herramientas de la fitosociología es posible el estudio de la dinámica de las poblaciones de malezas, haciendo posible la cuantificación de la composición florística, su diversidad o el grado de nocividad.

En el presente trabajo, se acogen las siguientes definiciones y clasificación:

Plantas maleza clasificadas como altamente perjudiciales o de nocividad alta: aquellas especies que tienen alta capacidad y velocidad de propagación, se presentan en densidades altas, compiten por interferencia o explotación, afectando, de manera negativa, el cultivo (Rodríguez, 2000); para clima frío, se reportan: *Avena fatua*, *Holcus lanatus*, *Lolium temulentum*, *Malva sylvestris*, *Pennisetum clandestinum*, *Phalaris minor*, *Raphanus raphanistrum*, *Rumex acetosella*, *Rumex crispus*, *Urtica urens* y *Brassica* sp. (Vargas, 1978).

Medianamente perjudiciales o de nocividad media: son aquellas especies que compiten de manera limitada por recursos y se presentan en diferentes densidades (Rodríguez, 2000); para clima frío, se reportan las especies: *Amaranthus hybridus*, *Bromus catharticus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lolium temulentum*, *Papaver somniferum*, *Polygonum hydropiperoides*, *Silene gallica*, *Solanum marginatum*, *Spergula arvensis*, *Fuertesimalva limense*, *Chenopodium* sp., *Rumex* sp. y *Polygonum* sp. (Vargas, 1978).

Levemente perjudiciales: son las especies de fácil manejo y posiblemente, se presenten en bajas densidades (Rodríguez, 2000); para clima frío, se reportan las especies: *Dactylus glomerata*, *Erodium moschatum*, *Holcus lanatus*, *Hypochoeris radicata*, *Medicago lupulina*, *Poa annua*, *Silene gallica*, *Soliva mutiisi*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media* y *Plantago major* (Vargas, 1978); sin embargo, esta clasificación depende de la densidad, las características de la especie de maleza, el cultivo, la fertilidad del suelo y los manejos ejercidos sobre estas.

Teniendo en cuenta que es limitada la información del efecto del enriquecimiento por CO<sub>2</sub> sobre la germinación del banco de semillas de malezas, se plantea el presente estudio, que tiene como objetivo reconocer el efecto de atmósferas modificadas con CO<sub>2</sub> sobre la germinación de banco de semillas de malezas en un suelo de uso agrícola, a través de índices fitosociológicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Suelos.** Se usaron suelos de textura franco-arcillosa, provenientes del lote 1 del Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia, ubicado en el municipio de Mosquera, Cundinamarca. El lote, previamente había sido sembrado con avena forrajera y tuvo una fase de descanso de 6 meses; luego, se preparó con labranza convencional (pase de cincel, rastra y pulidor). Se tomaron 16 muestras de suelo, 8 muestras provenientes de la capa arable (primeros 20cm de profundidad) y 8 de una capa más profunda (20 a 40cm de profundidad), denominadas, para fines prácticos, como nivel 1 y 2, respectivamente. Estas muestras fueron secadas a temperatura ambiente y homogenizadas, manteniendo la división de nivel. Posteriormente, se colocó 1,5kg de suelo en materas de capacidad similar.

**Atmósferas modificadas.** Se diseñaron cajas de 1x0,5x0,75m, revestidas con plástico traslúcido calibre No. 6. En estas cajas, se confinó CO<sub>2</sub> a la concentración de referencia y, en ellas, se introdujeron las muestras de suelo. Se monitoreó la concentración de CO<sub>2</sub> cada 24 horas y si era necesario, se hacía reposición del CO<sub>2</sub> perdido.

**Diseño experimental.** Se estableció un arreglo factorial con 2 profundidades de suelo, 5 dosis de CO<sub>2</sub> -400, 500, 700, 800, 900ppm- y 4 réplicas por tratamiento; las dos primeras dosis no tuvieron adición de CO<sub>2</sub>, se mantuvieron bajo condiciones ambientales, sin y con confinamiento, respectivamente, por lo que se denominan en el artículo como tratamientos a CO<sub>2</sub> ambiental o sin adición de CO<sub>2</sub>. En todas las unidades experimentales, se indujo germinación con el suministro de agua.

**Muestreo.** Se realizó retirando la biomasa total de cada unidad experimental, proceso que se replicó en tres ocasiones, a los 30, 60 y 90 días después de inducción (ddi) de germinación. Se registraron las especies presentes, el número de especímenes y la cantidad de especies por réplica.

### Índices fitosociológicos

**Composición florística.** Para la identificación de especies, se usaron las descripciones botánicas, ilustraciones y clave vegetativa de Fuentes *et al.* (2006) y Recasens & Conesa (2009). En caso de requerirse, se llevaron las plántulas a estado adulto, realizando trasplante en materas externas, para precisar su identificación. Cada especie encontrada, se catalogó según su taxonomía, origen o distribución, hábito y grado de nocividad.

Con los datos recolectados, se determinaron los índices fitosociológicos:

**Riqueza(S):** número de especies presentes.

**Abundancia absoluta (A<sub>i</sub>):** número de individuos por especie o muestra.

**Frecuencia:** proporción de unidades de muestreo que contienen una especie determinada, sobre el total de unidades muestreadas.

**Dominancia:** fue medida como la abundancia proporcional  $P_i = \left(\frac{n_i}{N}\right)$

**Índice Shannon-Wiener:**  $H' = -\sum_{i=1}^S [P_i (\ln p_i)]$

**Índice Jaccard:**  $(J) = \frac{j}{(a+b+j)}$  donde, j es el número de especies comunes, a y b el número de especies de la comunidad a y b (Swanton *et al.* 2003).

**Análisis estadístico.** La información fue analizada haciendo uso del software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) ver 21, realizando pruebas de ANOVA y diferencia de medias y si fuera el caso, la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Los índices de diversidad Alfa y Beta, se calcularon haciendo uso del programa Past 3.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Composición florística:** En general, se encontraron 33 especies en 28 géneros, 14 familias y 10 órdenes. La mayor riqueza, tanto en géneros como especies, se presentó en las familias Asteraceae y Poaceae (Cuadro 1); estos resultados son coincidentes con los reportados por Fuentes *et al.* (2011), para el altiplano cundiboyacense de Colombia, donde se encuentra que Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae y Malvaceae representan el 67% de los géneros y el 46% de las especies, de un registro total de 143 especies.

Las especies con hábito anual predominaron en el ensayo (Cuadro 1); sin embargo, a diferencia de lo reportado por Marty & Bassiri (2014), no se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de germinación de especies anuales y perennes. Se registraron 9 especies nativas y 24 foráneas, 12 son consideradas malezas en cultivos de la zona (*Senecio* sp., *R. raphanistrum*, *Chenopodium* sp., *A. hybridus*, *Polygonum* sp., *R. crispus*, *F. limensis*, *L. temulentum*, *P. clandestinum*).

En cuanto al grado de nocividad, se identificaron 5 especies de nocividad alta, 12 especies de nocividad media y 16 especies de nocividad leve (Cuadro 1). Entre las especies clasificadas como altamente nocivas, se encuentran 2 dominantes, *Avena* sp. y *L. temulentum*.

Igualmente, cabe señalar que especies, como *A. hybridus*, *Ch. murale*, *P. aviculare*, *P. segetum* y *P. major*, se podrían llegar a considerar como altamente nocivas, en escenarios con más de 700ppm de CO<sub>2</sub>, considerando su abundancia en los tratamientos con adición de CO<sub>2</sub>, en comparación con los tratamientos a CO<sub>2</sub> ambiental (Figura 1).

Resultados similares expuso Ziska & Bunce (1993), al observar que a 700ppm de CO<sub>2</sub> aumentaba la tasa y el porcentaje de germinación de *A. hybridus* y *Ch. álbum*. También, Marty & Bassiri (2014) reportan aumentos en el porcentaje de germinación para *Ch. álbum* y *A. hypochondriacus*, en ensayos bajo enriquecimiento de CO<sub>2</sub>.

**Riqueza, abundancia y frecuencia:** El tratamiento en el cual se observó mayor riqueza fue el de 900ppm, con un total de 24

Cuadro 1. Composición florística encontrada en banco de semillas muestreado.

| Orden           | Familia         | Especie                                          | Origen o distribución                      | Hábito               | Nocividad |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|-----------|
| Asterales       | Asteraceae      | <i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist.        | América tropical (Nativa)                  | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.       | Neotrópico (Nativa)                        | anual                | Leve      |
|                 |                 | <i>Gnaphalium polycephalum</i> Michx.            | América del norte                          | anual                | Leve      |
|                 |                 | <i>Senecio madagascariensis</i> Poir.            | África del sur                             | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Senecio vulgaris</i> L.                       | Afro-Eurasia                               | anual o bianual      | Media     |
|                 |                 | <i>Soliva mutisii</i> Kunth.                     | América del sur (Nativa)                   | anual                | Leve      |
|                 |                 | <i>Sonchus</i> sp.                               | Cuenca mediterránea y Europa               | anual o bienal       | Leve      |
|                 |                 | <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.           | Europa y Asia                              | perenne              | Leve      |
| Brassicales     | Brassicaceae    | <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.       | Europa del este y Asia menor               | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Raphanus raphanistrum</i> L.                  | Asia o mediterráneo                        | anual                | Alta      |
| Caryo-phyllales | Amaranthaceae   | <i>Amaranthus hybridus</i> L.                    | América (Nativa)                           | anual                | Media     |
|                 | Chenopodiaceae  | <i>Chenopodium murale</i> L.                     | América tropical (Nativa)                  | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Chenopodium petiolare</i> Kunth.              | Andes-Altiplano (Nativa)                   | anual                | Media     |
|                 | Caryophyllaceae | <i>Spergula arvensis</i> L.                      | Europa                                     | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Stellaria media</i> L. Cyrillo.               | Eurasia                                    | anual o perenne      | Leve      |
|                 | Polygonaceae    | <i>Polygonum aviculare</i> L.                    | Europa                                     | anual                | Media     |
|                 |                 | <i>Polygonum segetum</i> Kunth.                  | Sur América (Nativa)                       | perenne              | Media     |
|                 |                 | <i>Rumex crispus</i> L.                          | Eurasia                                    | Perenne              | Alta      |
| Fabales         | Fabaceae        | <i>Trifolium patrense</i> L.                     | Europa, oeste de Asia y noroeste de África | perenne              | Leve      |
|                 |                 | <i>Trifolium repens</i> L.                       | Europa y Asia central                      | perenne              | Leve      |
| Lamiales        | Plantaginaceae  | <i>Plantago major</i> L.                         | Europa y Asia                              | perenne              | Leve      |
|                 |                 | <i>Veronica peregrina</i> L.                     | América (Nativa)                           | anual                | Leve      |
|                 |                 | <i>Veronica persica</i> Poir.                    | Eurasia                                    | anual                | Leve      |
| Malpighiales    | Euphorbiaceae   | <i>Euphorbia peplus</i> L.                       | Eurasia                                    | anual                | Leve      |
| Malvales        | Malvaceae       | <i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell       | México y Suramérica                        | anual                | Media     |
| Oxalidales      | Oxalidaceae     | <i>Oxalis corniculata</i> L.                     | Incierito                                  | anual o perenne      | Leve      |
| Poales          | Poaceae         | <i>Avena</i> sp.                                 | Asia central                               | anual                | Alta      |
|                 |                 | <i>Bromus catharticus</i> Vahl.                  | América del sur (Nativa)                   | perenne              | Media     |
|                 |                 | <i>Lolium temulentum</i> L.                      | Europa, África y Asia                      | anual otoño-invierno | Alta      |
|                 |                 | <i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chiov. | Este de África                             | perenne              | Alta      |
|                 |                 | <i>Poa annua</i> L.                              | Europa                                     | anual o perenne      | Leve      |
|                 | Cyperaceae      | <i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Böckeler      | Territorios del Caribe                     | perenne              | Leve      |
| Ranunculales    | Papaveraceae    | <i>Fumaria capreolata</i> L.                     | Europa y Asia                              | anual                | Leve      |

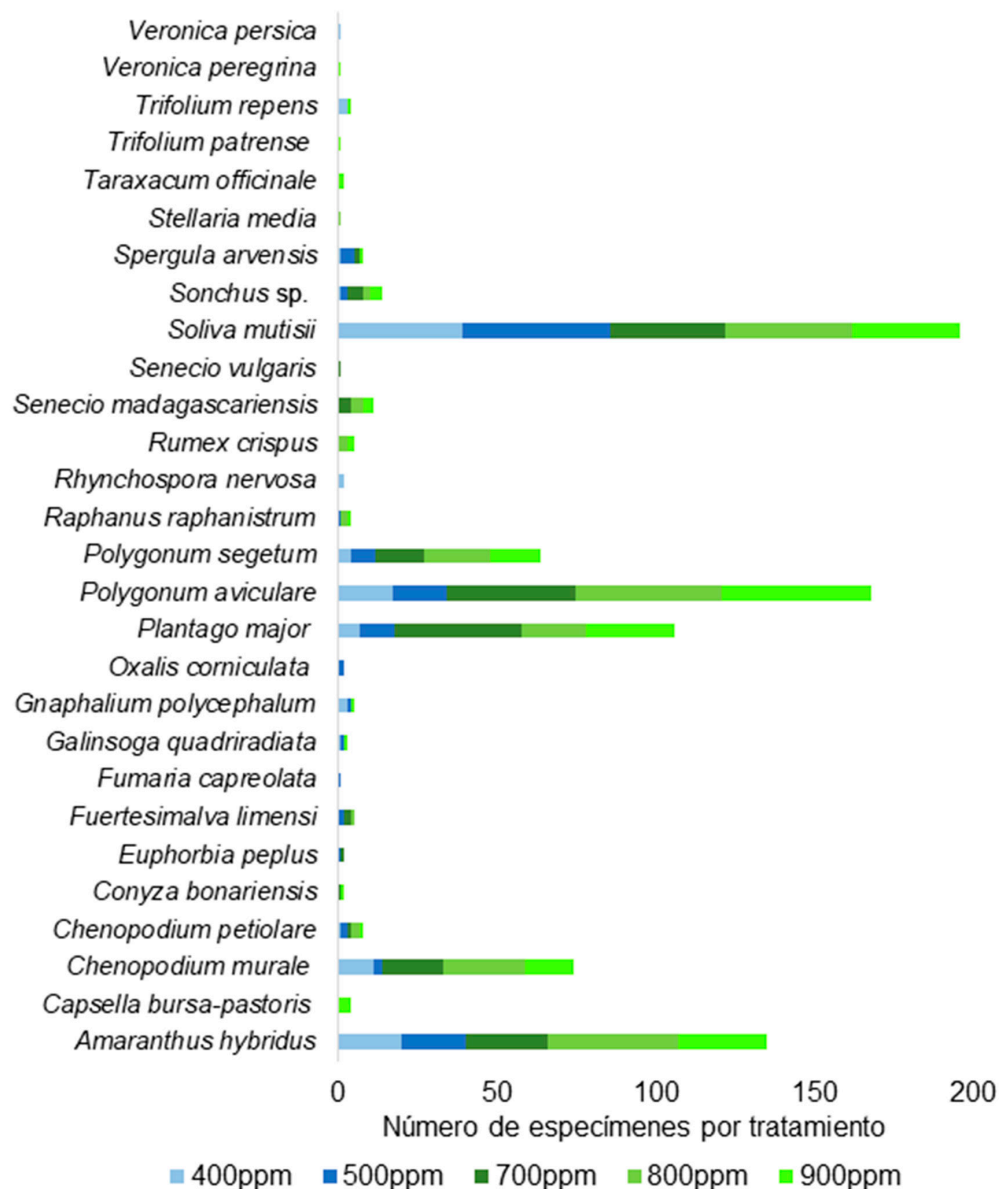


Figura 1. Dinámica de especies maleza por tratamiento de CO<sub>2</sub>, con relación a su abundancia. Colores azules muestran abundancias de tratamientos “ambiente” a los que no se les adicionó CO<sub>2</sub> y colores verdes muestran tratamientos en los que se adicionó CO<sub>2</sub> (no incluye poáceas).

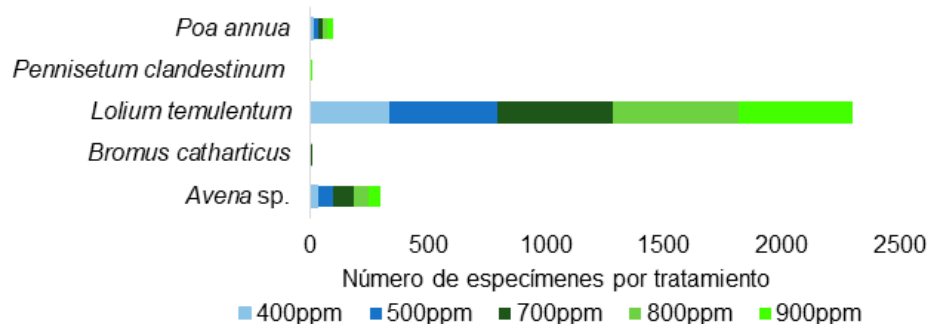


Figura 2. Dinámica de especies maleza poáceas por tratamiento de CO<sub>2</sub>, con relación a su abundancia. Colores azules muestran abundancias de tratamientos “ambiente” a los que no se les adicionó CO<sub>2</sub> y colores verdes muestran tratamientos en los que se adicionó CO<sub>2</sub>.



especies, mientras que la menor riqueza se presentó en el tratamiento de 800ppm, con 16 especies. En los tratamientos a CO<sub>2</sub> ambiental, se reportaron 19 especies para cada tratamiento y en el tratamiento con 700ppm de CO<sub>2</sub>, se registraron 18 especies (Figura 1 y 2).

En el nivel 2 de suelo, se reportó la mayor riqueza, resultado consecuente con lo reportado por Baskin & Baskin (2014), con relación a que en este nivel, es posible la formación de bancos de semillas persistentes, los cuales, aportan a la conservación de especies, disminuyendo su riesgo de extinción (Baskin & Baskin, 2014). En el nivel 1 de suelo, se reportó la mayor abundancia, comportamiento característico del banco de semillas transitorio (Acosta & Agüero, 2001).

En total, se reportaron, aproximadamente, 3.530 individuos, los cuales, provenían 14% del tratamiento de 400ppm; 18,74% del tratamiento con 500ppm; 22,68; 23,10 y 21,4% de los tratamientos con 700, 800 y 900ppm, respectivamente. Indicando que la mayor abundancia se dio en aquellos tratamientos, en los que se modificaron las condiciones de CO<sub>2</sub> (Figura 1 y 2). Resultados que indican la posibilidad de que el CO<sub>2</sub> actúe como factor terminador de latencia en algunas especies (Batlla & Benech, 2010).

También, se observó que las especies *R. crispus*, *S. madagascarensis*, *S. vulgaris*, *T. officinale*, *C. bursa pastoris*, *S. media*, *T. pratense*, *C. boanerensis* y *V. peregrinase*, se presentaron únicamente en tratamientos a los que se les adicionó CO<sub>2</sub> (Figura 1).

Según Ziska & Dukes (2011) es posible que el CO<sub>2</sub> interactúe o aumente la producción de etileno, un regulador del crecimiento de las plantas que estimula la germinación de las semillas. En *Xanthium* sp., se demostró que el CO<sub>2</sub> mejoró la producción de etileno al incrementar el precursor ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) y al aumentar el flujo de la ruta del citocromo con un aumento en el ATP (Ziska & Bunce, 1993); sin embargo, la estimulación de germinación a causa de CO<sub>2</sub> no siempre ocurre (Ziska & Dukes, 2011).

De hecho, el CO<sub>2</sub> es reconocido como factor inductor de dormancia (Quasem, 2020). En el ensayo, se observó que *V. persica*, *O. corniculata*, *F. capreolata* y *R. nervosa* fueron exclusivas de los tratamientos sin adición de CO<sub>2</sub> (Figura 1). Tendencia que también se observó en las especies *G. quadrifida*, *G. polycephalum*, *T. repens*, al mostrar una frecuencia más alta en los tratamientos sin adición de CO<sub>2</sub>, aun cuando son especies con baja frecuencia, en el banco de semillas evaluado.

Las especies que se presentaron con mayores frecuencias fueron *S. mutisii*, *L. temulentum* y *Avena* sp., registrándose en todas las cohortes y réplicas del ensayo. A estas especies, les siguieron *P. aviculare* y *P. annua*, las cuales, se presentaron en todos los tratamientos evaluados; sin embargo, la frecuencia de aparición disminuyó en la última cohorte, en muestras provenientes del nivel 2, evidenciando la tendencia de estas especies a mantener poca viabilidad en el banco de semillas persistente.

La variabilidad en la respuesta de las especies, bajo atmósferas enriquecidas de CO<sub>2</sub>, es coincidente con lo encontrado por Kim & Han (2018), quienes indican que el efecto del CO<sub>2</sub> puede diferir entre genotipos de la misma especie.

**Dominancia relativa:** La dominancia poblacional en la comunidad fue para la especie *L. temulentum*, seguida de *Avena* sp., *S. mutisii*, *P. aviculare*, *A. hybridus*, *P. major*, *P. annua*, *Ch. murale*, *P. segetum*. Las demás especies presentaron valores inferiores al 1% (Tabla 1).

La especie dominante *L. temulentum* presentó mayores valores relativos de dominancia en aquellos tratamientos en los que no se modificó la concentración de CO<sub>2</sub> (400 y 500ppm). En los tratamientos enriquecidos con CO<sub>2</sub>, *L. temulentum* disminuye su valor relativo de dominancia, pero en ningún caso, dicho valor es inferior al 61%. Esta disminución estaría influenciada por el aumento del número total de individuos de las diversas especies, que fue mayor en los tratamientos con CO<sub>2</sub> modificado (Tabla 1).

Tabla 1. Dominancia relativa discriminada por concentración de CO<sub>2</sub> y relación de individuos por metro cuadrado.

| Especie              | Dominancia |         |         |         |         |          | Individuos por m <sup>2</sup> |         |         |         |         |          |
|----------------------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                      | 400 ppm    | 500 ppm | 700 ppm | 800 ppm | 900 ppm | Promedio | 400 ppm                       | 500 ppm | 700 ppm | 800 ppm | 900 ppm | Promedio |
| <i>L. temulentum</i> | 67,6       | 69,2    | 61,7    | 65,1    | 63,8    | 65,1     | 180                           | 240     | 252     | 276     | 252     | 130      |
| <i>Avena</i> sp.     | 6,6        | 9,2     | 11,6    | 7,2     | 6,7     | 8,4      | 132                           | 252     | 372     | 240     | 204     | 130      |
| <i>S. mutisii</i>    | 7,8        | 7,1     | 4,5     | 4,9     | 4,5     | 5,5      | 240                           | 288     | 216     | 240     | 204     | 128,7    |
| <i>P. aviculare</i>  | 3,4        | 2,6     | 5,1     | 5,6     | 6,2     | 4,8      | 120                           | 120     | 288     | 324     | 336     | 128,7    |
| <i>A. hybridus</i>   | 4          | 3       | 3,2     | 5       | 3,7     | 3,8      | 180                           | 180     | 228     | 360     | 252     | 130      |
| <i>P. major</i>      | 1,4        | 1,7     | 5       | 2,5     | 3,7     | 3        | 84                            | 120     | 456     | 228     | 312     | 130      |
| <i>P. annua</i>      | 2,8        | 3       | 2,4     | 2       | 4       | 2,8      | 168                           | 240     | 228     | 192     | 360     | 128,7    |
| <i>Ch. murale</i>    | 2,2        | 0,5     | 2,4     | 3,2     | 2       | 2,1      | 180                           | 48      | 312     | 420     | 240     | 130      |
| <i>P. segetum</i>    | 0,8        | 1,2     | 1,9     | 2,6     | 2,1     | 1,8      | 72                            | 156     | 276     | 396     | 300     | 130      |

Las especies favorecidas por el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> podrían aumentar su participación en el banco de semillas, lo que afectaría, tanto el manejo de malezas en sistemas agrícolas como la posibilidad de interacciones entre plantas y microorganismos, puesto que todas las especies generan relaciones con la biota del suelo y, muchas de ellas, emiten compuestos que modifican su ambiente (Radosevick *et al.* 2007).

Siendo este el caso de *L. temuletum* y *Avena* sp., especies que pueden modificar su nicho, debido a la emisión de metabolitos secundarios y, por tanto, generar otras alteraciones en el sistema en que se encuentran inmersas, por lo que un aumento en la abundancia de las especies y, en especial, el de poblaciones dominantes, generaría mayor riesgo de disminución de la biodiversidad, aun, cuando con las condiciones ambientales actuales ya se clasificaban como

dominantes, posiblemente, por la ventaja competitiva de poseer semillas grandes y capacidad de auto-enterramiento (Baskin & Baskin, 2014; Ferri *et al.* 2009; Milberg *et al.* 2000)

**Índice de Shannon:** Según los valores de índice de Shannon, el banco de semillas presenta una diversidad baja, ya que todos los tratamientos se encuentran con valores inferiores a 1,6 (Figura 3), lo que evidencia la existencia de poblaciones dominantes y la ausencia de homogeneidad en la distribución poblacional (Pla, 2006). Además de considerar que suelos en frecuente uso agrícola presentan baja diversidad, debido a la perturbación a la que se encuentran sometidos (Baskin & Baskin, 2014; Acosta & Agüero, 2001), sumado a esto, los incrementos en la altitud, la latitud y la edad de sucesión, disminuyen la densidad de semillas en suelo (Baskin & Baskin, 2014).

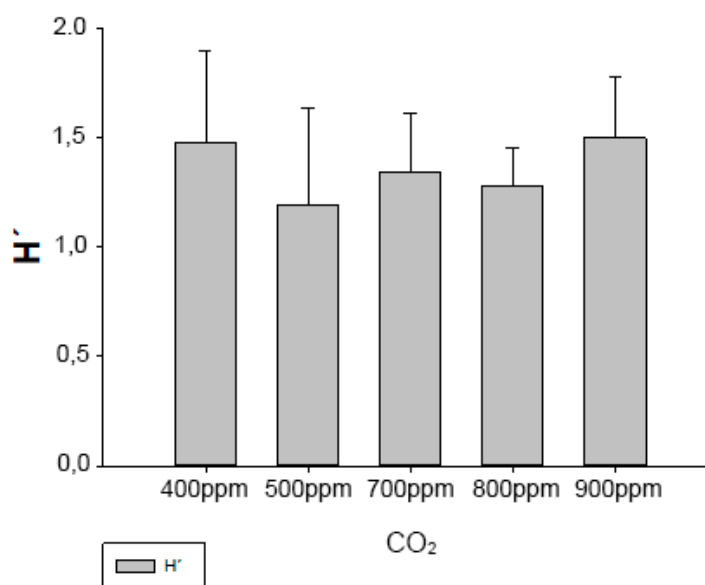


Figura 3. Índice Shannon de los tratamientos evaluados (400, 500, 700, 800 y 900ppm de CO<sub>2</sub>).

**Coefficiente de Jaccard:** El coeficiente de Jaccard muestra similitud en los tratamientos sin adición de CO<sub>2</sub>, con un coeficiente de 0,61 y los coeficientes más bajos para la relación del tratamiento de 900ppm con los demás. El dendrograma de relación entre los tratamientos (Figura 4) distingue 3 grupos: uno, conformado por los tratamientos de 400 y 500ppm, es decir, aquellos sin adición de CO<sub>2</sub>; otro, conformado por los tratamientos de 700 y 800ppm y aísla el tratamiento de 900ppm, como un grupo diferente a los demás, indicando una diferencia marcada en la diversidad encontrada en este tratamiento.

La diversidad beta muestra que la modificación en la concentración de CO<sub>2</sub> genera una composición florística diferente, debido a la influencia del gas en la germinación, por lo tanto, es posible una modificación en la dinámica poblacional y del paisaje, resultado

que estaría acorde con lo planteado por Iturbe (2010), con relación al que este gas podría actuar como un agente causal de selección de poblaciones (Iturbe, 2010).

En conclusión, el efecto de la modificación de CO<sub>2</sub> sobre el banco de semillas de malezas, medido a través de índices fitosociológicos, señala, a nivel de poblaciones, un efecto variable, encontrándose diferentes comportamientos, los cuales, incluyen aumentos disminuciones o respuestas neutras en la abundancia y la frecuencia de las especies, debido al enriquecimiento del medio con CO<sub>2</sub>; por lo tanto, su efecto es dependiente de la especie. A nivel de comunidad, se producen cambios en la composición florística, que pueden inducir modificaciones en las relaciones de competencia, debido al favorecimiento que pueden tener algunas especies, como dominantes y altamente nocivas, además de cambios en la riqueza de las mismas.

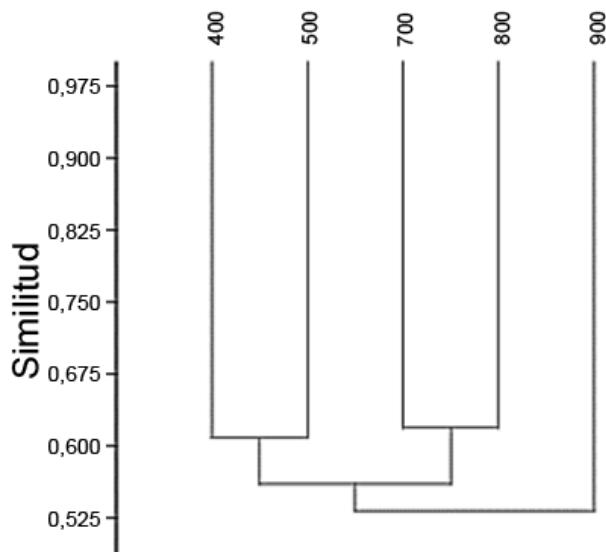


Figura 4. Dendrograma a partir de análisis de clúster con índice de Jaccard de los 5 tratamientos (400, 500, 700, 800 y 900ppm de CO).

**Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## REFERENCIAS

- ACOSTA, L.; AGÜERO, R. 2001. El banco de propágulos de malezas en el agroecosistema: conocimiento actual y propuesta metodológica para su estudio. *Agronomía Mesoamericana* (Costa Rica). 12(2):141-151. <https://doi.org/10.15517/am.v12i2.17226>
- BASKIN, C.; BASKIN, J. 2014. Germination ecology of seeds in the persistent seed bank. En: Elsevier (eds). *Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination Seeds*. Ed. Academic Press (USA). p.187-276.
- BATLLA, D.; BENECH, R. 2010. Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks. *Plant Molecular Biology-Springer* (Suiza). 73(1-2):3-13. <https://doi.org/10.1007/s11103-010-9601-z>
- DLUGOKENCKY, E.; TANS, P. 2020. ESRL Global Monitoring Laboratory. Earth System Research Laboratories. National Oceanic & Atmospheric Administration. Disponible desde Internet en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html> (con acceso el 24/04/2020).
- FERRI, R.; CEBALLOS, M.; VISCHI, N.; HEREDIA, E.; OGGERO, A. 2009. Banco de semillas de un relicto de Espinal (Córdoba, Argentina). *Iheringia Série Botânica* (Brasil). 64(1):93-100.
- FUENTES, C.; FÚQUENE, A.; PERDOMO, E.M.; PINTO, S.C. 2006. *Plántulas de especies arvenses frecuentes en la zona centro de Colombia*. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 248p.
- FUENTES, C.L.; ERASO, E.C.; SEQUEDA, O.A.; PIEDRAHITA, W. 2011. *Flora arvense del altiplano Cundiboyacense de Colombia*. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 348p.
- ITURBE, U. 2010. Adaptaciones y adaptación biológica. *eVOLUCIÓN, Rev. Soc. Española de Biología Evolutiva*. 5(1):5-12.
- KIM, D.H.; HAN, S.H. 2018. Direct effects on seed germination of 17 tree species under elevated temperature and CO<sub>2</sub> conditions. *Open Life Sciences* (Alemania). 13:137-148. <https://doi.org/10.1515/biol-2018-0019>
- MALARKODI, N.; MANIKANDAN, N.; RAMARAJ, A.P. 2017. Impact of climate change on Weeds and Weed management. *J. Innovative Agriculture* (India). 4(4):1-6.
- MARTY, C.; BASSIRI, R. 2014. Seed germination and rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration: meta-analysis of parental and direct effects. *New Phytologist* (Reino Unido). 202:401-414. <https://doi.org/10.1111/nph.12691>
- MATILLA, A. 2004. Ecofisiología de la germinación de semillas. En: Sánchez, A.; Reigosa, M.J.; Pedrol, N. (eds). *La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis*. Ed. Paraninfo (España). p.901-922.



13. MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*. (Inglaterra). 10(1):99-104. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000118>
14. PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo principal de redacción Pachauri, R.K.; Meyer L.A. (eds) IPCC (Ginebra, Suiza). 157p.
15. PETERS, K.; BREITSAMETER, L.; GEROWITT, B. 2014. Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. *Agron. Sustain. Dev.* (Francia). 34:707-721. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0245-2>
16. PLA, L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* (Venezuela). 31(8):583-590.
17. QUASEM, J. 2020. Weed seed dormancy: The ecophysiology and survival strategies. En: Jimenez, J.C. (ed). *Seed dormancy and germination*. Ed. IntechOpen (Reino Unido). p.1-36.
18. RADOSEVICK, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. 2007. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management. Ed. Wiley and sons (New Jersey). 454p.
19. RECASENS, J.; CONESA, J.A. 2009. *Malas hierbas en plántulas guía de identificación*. Universitat de Lleida (España). 457p.
20. RIEMENS, M.M.; SCHEEPENS, P.C.; VAN DER WEIDE, R.Y. 2004. Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on the influence of light. Ed. Plant Research International (Netherlands). 46p.
21. RODRÍGUEZ, E. 2000. Protección y sanidad vegetal, Sección 2: Combate y control de malezas. En: Fontana, N.; González N. (eds). *Maíz en Venezuela*. Ed. Fundación Polar (Venezuela). p.362-394.
22. ROGERS, H.; RUNION, G.; PRIOR, S.; PRICE, A.; TORBERT, H.; GJERSTAD, D. 2008. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on invasive plants: comparison of purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* L. and *C. esculentus* L.). *J. Environmental Quality* (USA). 37(2):395-400. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0155>
23. SWANTON, C.; MURPHY, S.; BOOTH, B. 2003. *Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems*. Ed. CABI Publishing (Reino Unido). 303p.
24. VARGAS, D. 1978. *Catálogo de semillas de malezas de clima frío*. Ed. Instituto Colombiano Agropecuario ICA (Colombia). 317p.
25. WHEELER, T.; VON BRAUN, J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* (USA). 341(6145):508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
26. ZENG, Q.; LIU, B.; GILNA, B.; ZHANG, Y.; ZHU, C.; MA, H.; PANG, J.; CHEN, J.; ZHU, J. 2011. Elevated CO<sub>2</sub> effects on nutrient competition between a C3 crop (*Oryza sativa* L.) and a C4 weed (*Echinochloa crusgalli* L.). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (Netherlands). 89(1):93-104. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9379-z>
27. ZISKA, L. 2016. The role of climate change and increasing atmospheric carbon dioxide on weed management: Herbicide efficacy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (Netherlands). 231:304-309. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.014>
28. ZISKA, L.; DUKES, J. 2011. *Weed Biology and Climate Change*. Ed. Blackwell Publishing Ltd. (USA). 248p.
29. ZISKA, L.H.; BUNCE, J.A. 1993. The influence of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on seed germination and emergence from soil. *Field Crops Research* (Netherlands). 34:147-157.
30. ZISKA, L.H.; GOINS, E.W. 2006. Elevated Atmospheric Carbon Dioxide and Weed Populations in Glyphosate Treated Soybean. *Crop Science* (USA). 46:1354-1359. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.10-0378>