

Artículo

Vegetación y banco de semillas del suelo adyacente a fosas petroleras (estado Anzoátegui, Venezuela)

Elisabeth Gordon-Colón, Edwin Escarate y Mónica Pérez

Resumen. La colonización y establecimiento de las especies depende de la dispersión de semillas, y/o del banco de semillas del suelo (BSS), aspecto importante en la rehabilitación y restauración de la vegetación. El objetivo de este trabajo fue determinar la composición y riqueza de la vegetación, y del banco de semillas del suelo en zonas adyacentes a fosas petroleras (San Tomé, estado Anzoátegui). El muestreo se realizó en junio de 2011 y 2013 en dos fosas abiertas hace 10 años (F10), y 30 años (F30). En tres transectos perpendiculares al borde de cada fosa se ubicaron 2-3 parcelas de 10 x 10 m, en las cuales se inventarió la vegetación, y se recolectaron con un barreno muestras al azar de los primeros 10 cm de suelo. El tamaño y composición del BSS se estimó mediante el método de emergencia de las plántulas. En la vegetación se identificaron 49 especies, con 38 y 34 especies en F10 y F30, y en el BSS en total se registraron 20 especies, con 10 y 18 especies en F10 y F30, respectivamente. En F10 la densidad total del BSS varió entre 202-1517 semillas/m², media 816±587 semillas/m², y en F30 varió entre 135-674 semillas/m², media 392±196 semillas/m². La baja densidad y riqueza de especies en el BSS, y su baja relación con la vegetación en pie (15 % similitud), indica la poca posibilidad de utilizarlo como donador o fuente de semillas para el proceso de restauración y/o rehabilitación de la vegetación en zonas afectadas por actividad petrolera.

Palabras claves. Densidad de semillas; germinación; sabanas; hidrocarburos; alteraciones antrópicas.

Vegetation and Soil Seeds Bank Adjacent to Oil Pits (Anzoátegui State, Venezuela)

Abstract. The colonization and species establishment depends on the seed dispersal, and/or the soil seed bank (SSB), important aspect in the restoration and rehabilitation of the vegetation. In this work, the composition and richness of the vegetation, and size of the soil seed bank in areas adjacent to oil pits were determined (San Tomé, Anzoátegui State). In June 2011 and 2013, sampling was carried out in an open pit 10 years ago (F10) and the other 30 years ago (F30). In three transects perpendicular to the edge of each pit were located 2-3 plots of 10 x10 m, where the vegetation was inventoried, and with a borehole samples at random from the first 10 cm of the soil were collected. The size and composition of the SSB was estimated through the method of seedlings emergence. In the vegetation 49 species were identified, with 38 and 34 species in F10 and F30, respectively. In the SSB in total 20 species were registered, with 10 and 18 species in F10 and F30, respectively. In F10 the total density of SSB varied between 202-1517 seeds/m², mean 816±587 seeds/m². In F30 the total density of SSB ranged between 135-674 seeds/m², mean 392±196 seeds/m². The low density and species richness in the SSB, and its low relation with the standing vegetation (Similarity 15%), indicates the little possibility of using it as a donor or source of seeds for the process of rehabilitation/restoration of vegetation in areas affected by oil production activity.

Key words. Seed density; germination; savanna; hydrocarbons; antropic disturbance.

Introducción

Venezuela en el siglo XX pasó de ser una potencia agrícola a una petrolera, lo que ha traído como consecuencia impactos ambientales severos, cuya mitigación se ha convertido en un reto para los gobiernos, las comunidades, organizaciones nacionales e internacionales, y la ciencia (Merkl *et al.* 2004, Shirdam *et al.* 2008, Mohsenzadeh *et al.* 2009, Ikhajiagbe *et al.* 2014). Para la explotación petrolera se han construido fosas alrededor de los pozos donde depositar los desechos generados durante la construcción, operación y mantenimiento. Estas fosas son focos de contaminación debido a filtraciones y desbordamientos de lixiviados petroleros, lo que puede traer consigo acumulación de elementos esenciales y no esenciales, cambios en los parámetros fisicoquímicos, componentes estructurales y morfología general del suelo, aumento en la concentración de metales pesados en el suelo, además del efecto tóxico a corto y mediano plazo sobre la biota (Ikhajiagbe *et al.* 2014).

Las tierras degradadas se caracterizan por suelos erosionados, inestabilidad hídrica, producción primaria y biodiversidad disminuida (Parrotta 1992). La mayoría de las restricciones contra el establecimiento y crecimiento de las plantas son atribuidas al deterioro de las características estructurales, químicas, nutricionales, hídricas y microbiológicas de los suelos (Tripathi y Singh 2005). Contra estos impactos adversos es necesario implementar planes de rescate para estas zonas, que incluye remediación, rehabilitación, y restauración de la vegetación, que constituyen propuestas o estrategias de manejo para revertir las consecuencias negativas de la degradación ambiental. Ello requiere de una cuidadosa planificación e integración de operaciones de rehabilitación, basadas en el conocimiento de principios ecológicos y silviculturales (Bradshaw 1987, 1997).

Los niveles de los impactos ecológicos ocasionados por las actividades petroleras determinarán los métodos a emplear en la remediación, restauración ó rehabilitación de la vegetación, a través de los cuales se aceleren los procesos sucesionales naturales, de modo que se puedan reducir las tasas de erosión, aumentar la fertilidad del suelo (incluyendo materia orgánica), productividad y complejidad biológica, e incrementar el control biótico sobre los flujos biogeoquímicos dentro del sistema recuperado (Parrotta 1992). La restauración consiste principalmente en dirigir el desarrollo del ecosistema hacia una meta, a menudo acelerando o saltando etapas sucesionales (Bossuyt y Hermy 2003, Bossuyt y Olivier 2008, García-Núñez y Azócar 2004). Los procesos de restauración dependen de la sucesión, que comienza por la fase de colonización de las especies locales como fuente para determinar la comunidad de plantas que potencialmente pueden estar presentes en el ecosistema meta, y que es función de distintos procesos que se suceden en el tiempo: la dispersión y la germinación de semillas, la fijación y establecimiento de las plántulas y su supervivencia (Zobel *et al.* 2000). Las especies colonizan lugares nuevos mediante la dispersión de semillas o a través de la germinación de semillas enterradas en los suelos o banco de semillas del suelo (BSS).

La capacidad de las especies de plantas de producir semillas que permanecen viables en el suelo (BSS), les permite separarse temporalmente de condiciones ambientales adversas para la germinación y el establecimiento de las plántulas, minimizando así los riesgos sobre la germinación mediante el aumento de viabilidad de las semillas, y al mismo tiempo conservar a largo plazo la variabilidad genética (Simpson *et al.* 1989, Williams *et al.* 2005, Bossuyt y Olivier 2008). A nivel de la comunidad, el BSS co-determina la trayectoria de la sucesión secundaria después de perturbaciones bien sea a escala grande o pequeña (Pakeman y Small 2005, Savadogo *et al.* 2017). El BSS se repone mediante la lluvia de semillas producida por la vegetación y por aquellas provenientes de la dispersión de otras zonas (Thompson y Grime 1979, Simpson *et al.* 1989), de modo que la germinación desde el BSS conduce al reclutamiento de plántulas de la vegetación en pie (Simpson *et al.* 1989, Bossuyt y Olivier 2008). Además, en el BSS pueden estar presentes las semillas de vegetación pasada, esto es de aquellas especies que desaparecieron de la vegetación. En este sentido, los BSS son dinámicos, con fluctuaciones estacionales y anuales en composición y abundancia resultantes de variaciones en la producción de semillas, caída de semillas, mortalidad de semillas, liberación la latencia y germinación de semillas (Thompson y Grime 1979, Williams 2005, Savadogo *et al.* 2017).

La naturaleza dinámica del BSS le confiere la posibilidad en ser una fuente de semillas y así constituirse en una herramienta fundamental para la restauración de las comunidades vegetales (van der Valk y Pederson 1989), de allí que es necesario determinar la composición de especies potenciales antes de ejecutar cualquier proyecto de rehabilitación / restauración (Bossuyt y Hermy 2003, Gordon *et al.* 2011, Savadogo *et al.* 2017). La posibilidad de uso del BSS para conservar y restaurar la biodiversidad se debe a que contiene una variedad de especies e individuos genéticamente diversos de la vegetación actual o en pie, y de la pasada (Simpson *et al.* 1989, Levin 1990, van der Valk *et al.* 1992, Gordon 2000, Valenta *et al.* 2015), la cual es posible recuperar dependiendo de las características de las semillas y de las condiciones ambientales locales (Savadogo *et al.* 2017). La relación entre el BSS y la vegetación pueden proporcionar información sobre la capacidad de resiliencia de una comunidad ante una perturbación y el potencial de restablecimiento de la diversidad de la comunidad, lo que puede contribuir a mejorar el manejo, conservación y restauración de los ecosistemas (Hopfensperger 2007).

En zonas impactadas por contaminación por petróleo es necesario el registro del BSS para evaluar su uso potencial en la remediación, restauración o rehabilitación de la vegetación (Mohsenzadeh *et al.* 2009; Ikhajiagbe *et al.* 2014). El objetivo del presente trabajo fue determinar la riqueza y composición de la vegetación, y el tamaño y composición del banco de semillas del suelo (BSS), a los fines de compararlo con la vegetación para evaluar su potencial de usarlo para rehabilitar / restaurar la vegetación en las zonas adyacentes a dos fosas petroleras en San Tomé, Edo. Anzoátegui.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra en San Tomé, cerca de El Tigre, municipio Simón Rodríguez, en la Altiplanicie de los Llanos orientales al sur del estado Anzoátegui, específicamente en la Mesa de Guanipa. El clima dominante es cálido, con una temperatura media anual de 27 °C, que varía entre 20 °C y 36 °C, con un régimen pluviométrico bi-estacional, que se caracteriza por la alternancia de una pronunciada estación seca de cuatro a cinco meses entre noviembre y marzo o abril, con un período húmedo menos prolongado de tres a cuatro meses (Duno de Stefano *et al.*, 2007). Los suelos son altamente meteorizados, ácidos, constituidos por capas superficiales muy arenosas dominadas por cuarzo; con variables aumentos de arcillas (predominando las caolinitas) con la profundidad; con bajas saturaciones en bases intercambiables y de materia orgánica, que los convierte en suelos de muy baja fertilidad y con poca retención de humedad (COPLANARH 1974, Schargel 2007, 2015). Categorizados además como oligotróficos (Schargel y Aymard citado por Huber 2007).

La vegetación dominante es de sabanas arboladas hasta inarboladas, ubicadas dentro de la zona de vida Bosque Seco Tropical (*sensu*: Ewel y Madriz 1968), están dominadas por una matriz herbácea de *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze, y *Curatella americana* L. (“Chaparro”), *Bowdichia virgilioides* Kunth (“Alcornoque”) y *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (“Manteco”) como los elementos arbóreos más abundantes (Huber 2007).

El muestreo se realizó en las fosas petroleras: F10 y F30, que están separadas entre si aproximadamente por 0,55 km. La primera asociada al pozo DEFO-2-F1, que contiene un crudo mediano-liviano, abierta hace 10 años y activa, ubicada geográficamente: 8°56'04"N; 63°54'19"O, y dimensiones físicas: largo de 85 m y ancho de 75 m para un perímetro de 320 m y área de 6.375 m², volumen total de la fosa = 6.375 m³; volumen de crudo = 3.187,5 m³; volumen de agua = 3.187,5 m³; volumen de sedimentos = 25.500 m³; volumen de suelo contaminado = 7.650 m³. La otra F30 asociada al pozo LG-276-F1, abierta hace 30 años, se encuentra inactiva, aparentemente en proceso “meteorización”; el tipo de crudo que contiene es mediano-liviano, su ubicación geográfica: 8°55'07"N; 63°48'11"O, y características físicas: largo de 70 m y ancho de 43 m, perímetro de 226 m, y área de 3.010 m², volumen total de la fosa = 1.806 m³; volumen de crudo = 903 m³; volumen de agua = 903 m³; volumen de sedimentos = 12.040 m³; volumen de suelo contaminado = 3.612 m³.

Trabajo de campo

El muestreo se realizó en la estación lluviosa, en el lapso del 3 – 5 de junio de 2011 y entre el 25 – 28 de junio de 2013. Perpendicular al borde de cada fosa, se colocaron tres transectos de 35 m y tomándolos como eje se colocaron parcelas de 10 m x 10 m, separadas entre si por 2 m, donde las parcelas nombradas como P1 estuvieron situadas al borde de cada fosa. En las fosas F10 y F30 se ubicaron seis y ocho parcelas, respectivamente.

En cada parcela, al igual que alrededor de cada una de ellas se hizo un inventario de la vegetación y descripción para determinar la composición y riqueza, colectándose especímenes botánicos para su posterior identificación taxonómica. Simultáneamente se procedió a la recolección al azar 10 muestras de suelo por parcela en los primeros 10 cm de suelo, mediante el uso de un barreno ($\Theta = 7\text{cm}$) para la estimación del tamaño y composición del banco de semillas del suelo (BSS). El número total de muestras de suelo fue de 60 y 80 en la fosa F10, y F30, respectivamente. Si bien este número de muestras colectadas, puede ser pequeño y en consecuencia producir imprecisiones en la estimación de la densidad de semillas en el suelo (Thompson 1986, Bigwood y Inouye 1988), fue el empleado por restricciones de espacio en el laboratorio.

Trabajo de laboratorio

En los dos lapsos de muestreo (junio 2011 y 2013) se recolectaron en total 300 especímenes botánicos de la vegetación de la zona, los cuales fueron procesados en la forma tradicional de secado de muestras botánicas, para su posterior identificación. Para este fin se usaron caracteres morfológicos, claves especializadas y colecciones de referencia, incluida la colección neotropical del Field Museum (disponible en línea en <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc/>) y la colección del Herbario V. M. Ovalles (MYF) de la Facultad de Farmacia de la UCV. Las labores antes mencionadas, exceptuando la revisión en el Herbario V. M. Ovalles, se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología de Plantas Acuáticas Vasculares, donde se depositaron los especímenes botánicos. Los nombres científicos de las especies de plantas se validaron utilizando la bibliografía disponible para tal fin (Duno de Stefano *et al.* 2007; Hokche *et al.* 2008), así como la consulta en páginas web, entre otras: <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc>, <https://en.wikipedia.org/>, y la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden: <http://www.tropicos.org/>.

Experimentos de germinación. Estimación del tamaño y composición del banco de semillas:

Una vez en el laboratorio las muestras de suelo se dejaron secar al aire por dos semanas, para ello fueron dispersadas en bandejas de plástico; después de secas, se pasaron por un tamiz de 2 mm para eliminar restos vegetales (hojarasca, raíces) y minerales (piedras, fragmentos de rocas) y se mezclaron lo más posible para homogeneizarlas. Posteriormente se colocaron en envases plásticos de 20x10x10 cm, que contenía una capa de arena de río lavada y previamente tamizada. También se colocaron tres testigos como control.

El tamaño y composición del banco de semillas se estimó mediante el método de emergencia de plántulas, que permite enumerar las semillas no latentes o ecológicamente activas (Bigwood e Inouye 1988, Ball y Miller 1989, Gordon 2000, Forcella *et al.* 2004). Si bien es más fácil identificar plántulas que semillas, este método requiere un tiempo mínimo de experimentación de tres meses, además de espacios suficientes en el laboratorio, con lo cual se corre el riesgo de subestimar el BSS. En este caso los experimentos de germinación se realizaron durante 6 meses, en el umbráculo (vivero)

del Instituto de Zoología y Ecología Tropical (Facultad de Ciencias, UCV), el cual está cubierto por malla plástica para prevenir la entrada de semillas de otras zonas que pudieran contaminar el experimento. Las muestras se mantuvieron con riego en días alternos hasta la germinación y crecimiento de las plántulas, las cuales después fueron colocadas en envases plásticos, para que una vez crecidas se hiciera posible su identificación.

Análisis de Datos

La lista general de especies fue organizada de acuerdo al grupo taxonómico: Dicotiledóneas (DICOTS) y Monocotiledóneas (MONOCOTS), forma de crecimiento (FC), hábitat, fosas y año de muestreo. La forma de crecimiento se asignó según la terminología propuesta por Whittaker (1975). El hábitat y la FC se estableció a partir de la información reportada por Díaz y Delascio-Chitty (2007), Duno de Stefano *et al.* (2007), Hokche *et al.* (2008), Rondón (2009), Gordon y Pardo (2012), Aymard (2017) y en páginas web: <https://en.wikipedia.org/>, <http://tropical.theferns.info/>, <http://www.biodiversidadvirtual.org/>, <http://www.tropicalforages.info>, www.conabio.gob.mx/malezasdemexico.

La riqueza total de especies, y la de los grupos taxonómicos y ecológicos (formas de crecimiento) se definió como el número de especies presentes en cada fosa o grupo. Con la lista de especies por fosa obtenida durante los dos lapsos de muestreo, se realizó un análisis de agrupamiento mediante el método Pares no pesados - Promedio del grupo, en el cual los grupos son conformados con base a la distancia promedio entre todos los miembros que puedan formarse entre dos grupos a fusionar (Hammer 1999-2015a), también denominado método de la vinculación promedio (Perea 2008). En este análisis se empleó el Índice de Similitud de Sørensen: $S = 2w/(a+b)$, donde a y b es el número de especies en cada comunidad y w es el número de especies comunes entre ambas comunidades. El paquete estadístico PAST Ver. 3.10 (Hammer 1999–2015b) fue el empleado para el Análisis de Agrupamiento y para el cálculo del Índice de Similitud.

Dado que los datos de densidad de semillas y riqueza del banco de semillas no se ajustaron a una distribución normal se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis utilizando el paquete estadístico Statistica ver 8 (StatSoft 2008).

Resultados y discusión

Vegetación: riqueza y composición por fosa y tiempo de muestreo

La Tabla 1 contiene la lista general de las especies de plantas, para un total de 49 especies de plantas identificadas, repartidas en 18 familias (2,72 especies/familia) y 41 géneros (1,20 especies/género). Las Poaceae (igual número de especies y géneros: seis) y Cyperaceae (seis especies y cuatro géneros), fueron las únicas familias Monocotiledóneas. Entre las Dicotiledóneas se encontraron 37 especies (31 géneros y

16 familias), siendo Fabaceae la de mayor riqueza (nueve especies y siete géneros), seguida de Rubiaceae (cinco especies y cuatro géneros), y Malvaceae (cuatro especies y tres géneros, Tabla 1). Cabe mencionar que una gran mayoría de las especies, principalmente las hierbas se han registrado en ambientes o sitios intervenidos o perturbados (SP), e infértiles (SI) y en sabanas bien sea arboladas o no, e incluso del total de especies, 29 de ellas se han reportado en humedales herbáceos (pantanos herbáceos, sabanas inundables) y arbóreos (morichales, bosques ribereños) y áreas inundables (Tabla 2). De allí que la vegetación aledaña a las fosas está constituida en gran parte por especies invasoras adaptadas a diversas condiciones ambientales, básicamente a lugares abiertos.

Las 49 especies estuvieron repartidas en hierbas perennes y anuales, con 23 y 5 especies, respectivamente, seguidas en orden numérico por árboles, sufrútices, arbustos y trepadoras (Tabla 3). En F10, la riqueza total y promedio entre años de muestreo fue de 38 y 30,5 especies, con el valor mayor en el 2011, en donde las hierbas perennes fueron el grupo dominante, seguidas de árboles y arbustos, cuyos porcentajes respecto al total de especies fueron 41 % y 24 % respectivamente; en el 2013 la riqueza total y la de las hierbas perennes disminuyó, pero el conjunto de arbustos y árboles, en términos relativos, aumentó hasta un 26 % del total de especies. Por su parte, en la fosa F30, la riqueza total, y la promedio fue de 34 y 27 especies respectivamente, valor que aumentó en el 2013 respecto al de 2011; en dicha fosa, en el 2011 las hierbas perennes, árboles y arbustos constituyeron el 39 % y 43 %, los cuales en el 2013 cambiaron a 45 % y 39 %, respectivamente. En ambas fosas hubo cambios en la riqueza y composición de grupos ecológicos entre años de muestreo; así en F10 disminuyó la riqueza total, principalmente las hierbas perennes; mientras que en F30 la riqueza total aumentó, incluyendo las hierbas perennes (Tabla 3). En F30, aun cuando las hierbas perennes son las dominantes, el componente leñoso además de aumentar entre años, en términos de porcentajes fue mayor que en la fosa F10.

El resultado de mayor riqueza en F10, coincide con lo hallado por Hernández *et al.* (2017), quienes para ambas fosas reportaron un total de 22 especies, repartidas en 15 para la F10 y 13 en F30, siendo las Asteraceae y Poaceae las familias de mayor riqueza (cuatro y tres especies, respectivamente). Como se mencionó, en este trabajo se identificaron 49 especies en dos lapsos de muestreo (Tabla 1), esto es, 27 especies más (55 %) que las reportadas por Hernández *et al.* (2017) para las mismas fosas, quienes no indicaron fecha y número de muestreos. Esto denota la importancia del tipo y frecuencia de muestreo a los fines de establecer comparaciones sobre la riqueza y composición de especies entre distintos autores. A lo anterior hay que considerar las posibles diferencias en las determinaciones taxonómicas (Mormul *et al.* 2010). Sin embargo, de las 22 especies identificadas por Hernández *et al.* (2017), 12 son comparadas con este trabajo (Tabla 1).

Tabla 1 Presencia de especies de la vegetación en fosas petroleras en San Tomé, estado Anzoátegui (F10 y F30), respecto al año de muestreo (2011 ó 2013), organizadas de acuerdo a: Los grupos taxonómicos Dicotiledóneas (DICOTS) y Monocotiledóneas (MONOCOTS). A su forma de crecimiento (FC): trepadoras leñosas (TL, lianas) o herbáceas (TH); árbol (A); arbusto (Ar); hierba (H), hierba perenne (Hp), hierba anual (Ha), hierba bianual (Hb); Sufrutice (S). Por su tipo de hábitat: sabanas (Sab), sabanas secas (SabS), sabanas húmedas (SabH), sabanas arenosas (SabA); bosques deciduos o caducifolios (BD); matorrales, arbustales (M); morichales (MO); bosque ribereño (BR); áreas inundables (AI), márgenes de ríos, bancos de ríos y de arroyos, áreas inundables de lagos, lagunas y sus alrededores, saladillales; humedales herbáceos (HH), pantanos herbáceos, sabanas inundables (esteros, bajíos, bancos); pastizales (P); zonas agrícolas o tierras de cultivo (ZC); sitios infértiles (SI), suelos arenosos, ambientes infértiles y ácidos, o degradados, o rocosos o pedregosos (grietas o barrancos, caminos empedrados) o serpentinos; sitios perturbados (SP), sitios intervenidos, lugares abiertos en bosques, vegetación secundaria, orillas de caminos o de carreteras, terrenos baldíos, paredes húmedas, lugares de disposición de desechos. Fr: frecuencia (número de veces en que aparece una especie).

DICOTS/ Familia/ Especie	FC	Hábitat	2011 F10	2013 F10	2011 F30	2013 F30	Fr
Asclepiadaceae							
** <i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T. Aiton	Ar	Sab, SP			x	x	2
<i>Metastelma parviflorum</i> (Sw.) R. Br. ex Schult.	T(Liana)	BD, AI, SP	x	x			2
Asteraceae							
** <i>Tilesia baccata</i> (L.) Pruski var. <i>baccata</i>	Hp, S, a veces T (liana)	AI, SP, Sab, MO	x				1
Boraginaceae							
<i>Cordia dentata</i> Poir.	Á o Ar.	BD	x	x		x	3
** <i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Ar.	SP, ZC	x	x	x	x	4
Cactaceae							
<i>Pereskia guamacho</i> F.A.C. Weber	A	Sab, B muy Seco, SI, M-xerófilo	x	x			2
Convolvulaceae							
** <i>Evolvulus villosissimus</i> Ooststr.	Hp postrada	SP, Sab, BD.	x	x		x	3
Dilleniaceae							
<i>Davilla kunthii</i> A. St.-Hill.	T (Liana) o Ar. trepador	Márgenes de BR, Sab, SP	x	x	x	x	4
** <i>Curatella americana</i> L.	A	Sab, ecotono Sab-BR	x		x	x	3
Euphorbiaceae							
<i>Croton conduplicatus</i> Kunth	Ar.	MO secundarios, SP Sab		x	x	x	3
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	Ha, Postrada	Sab, SP	x	x			2
Fabaceae							
<i>Aeschynomene histrix</i> Poir. var. <i>histrix</i>	S, Hp postrada, a veces erecta.	SP, márgenes de Sab, MO y BD	x				1
<i>Aeschynomene paniculata</i> Vogel	S o Ha, Hp	Sab, SP	x				1
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	A	Sab, ecotono Sab - MO	x	x	x	x	4
<i>Chamaecrista hispidula</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby	S	Sab, SI	x	x		x	3
<i>Dalea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr. var. <i>carthagenensis</i>	Hp o S	SabH	x	x		x	3
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	Hp erecta a suberecta, o Ar.	Sab; SI.	x		x		2
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	Hp, erecta o postrada	Sab, MO			x		1
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Hp, o Ar	BR, AI, SI, SP P abiertos				x	1
Lamiaceae							
** <i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	Ha, o Hp	Sab, SP, MO	x	x	x	x	4
Malpighiaceae							
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	A	Sab, ecotono Sab - BR	x		x	x	3
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth.	A	Sab, BR, MO			x	x	2
Malvaceae							
** <i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	Hp postrada ascendente	SI, Sab, BD, MO, SP	x	x	x	x	4
<i>Pavonia</i> sp.	S o Ar.	SI, SabS, SabH	x	x			2
<i>Sida ciliaris</i> L.	Hp erecta o postrada, S	SP, P, Sab, MO	x		x	x	3
** <i>Waltheria indica</i> L.	S, o Hp	Sab, BD, MO, SI, SP, AI		x	x	x	3

Tabla 1 (Continuación).

DICOTS/ Familia/Especie	FC	Hábitat	2011 F10	2013 F10	2011 F30	2013 F30	Fr
Rubiaceae							
<i>Hexasepalum apiculatum</i> (Willd.) Delprete & J.H. Kirkbr.	Hp	Sab, SI, SP			x	x	2
<i>Hexasepalum teres</i> (Walter) J.H. Kirkbr.	Ha erecta o postrada	Sab, SP, SI, MO, ZC		x	x	x	3
** <i>Spermacoce mauritiana</i> Gideon	Ha o Sa	M, SP, Sab, AI	x	x			
<i>Guettarda divaricata</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Standl.	A o Ar	Sab, BD, BR	x	x		x	3
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	S o Hp.	SP, P, ZC, M-xerófilos, AI	x	x			2
Salicaceae							
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	A o Ar	Sab, BD, MO, BR	x	x	x	x	4
Solanaceae							
<i>Solanum agrarium</i> Sendtn.	Ar, o S, erecta o semirastrera, con guijones	M, AI, SP, P, SI, ZC			x	x	2
Turneraceae							
<i>Piriqueta cistoides</i> (L.) Meyer ex. Steud.	Hp erecta	Sab, SP, AI		x			1
<i>Turnera guianensis</i> Aubl.	Hp o S	Sab, MO, BR	x				1
Verbenaceae							
<i>Lantana camara</i> L.	Ar	Sab, SP, ZC			x	x	2
<i>Tamonea spicata</i> Aubl.	Hp o S	Sab, SP, MO	x			x	2
MONOCOTS/ Familia/Género	FC	Hábitat	2011 F10	2013 F10	2011 F30	2013 F30	Fr
Cyperaceae							
<i>Abildgaardia ovata</i> (Burm.f.) Kral	Hp	SP, AI, Sab, SI			x	x	2
<i>Cyperus blepharoleptos</i> Steud.	Hp estolonífera	AI, MO, HH,	x	x			2
** <i>Cyperus ligularis</i> L.	Hp	SP, AI, MO	x	x			2
<i>Cyperus strigosus</i> L.	Hp	AI, SP, ZC,		x			1
** <i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	Hp	AI, Sab	x			x	2
<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	Hp Cespitosa Rizomatosa	SP, Sab, BR, HH				x	1
Poaceae							
<i>Andropogon selloanus</i> (Hack.) Hack.	Hp	SabS, HH, Sab de banco, P, SI			x	x	2
** <i>Aristida setifolia</i> Kunth	Hp	SP, SI, SabS	x	x		x	3
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	Hp					x	1
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Ha o Hp	Sab, SP, SI, AI	x				1
** <i>Pappophorum philippianum</i> Parodi	Hp cespitosa	Sab, SI, SP,	x	x		x	3
** <i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	Hp cespitosa	SabS	x	x	x	x	4

** Especies compartidas con el trabajo de Hernández *et al.* (2017).

El hecho que la riqueza total y promedio comparativamente fuese mayor en F10, resultó contradictorio, pues se esperaba que en la F30 al estar inactiva, con menor actividad petrolera, y como producto del proceso sucesional hubiese mayor número de especies. En la fosa F10 el ambiente es más perturbado y abierto (más incidencia de luz), con mayor superficie o área y consecuentemente disponibilidad de microhábitats (heterogeneidad ambiental) lo que permite el arribo, establecimiento y crecimiento de las especies principalmente herbáceas. Sin embargo, en F30 hay mayor porcentaje de especies arbóreas y arbustivas, que constituyen indicios del avance sucesional en la comunidad vegetal; a su vez la presencia de un mayor componente leñoso, limita la entrada de luz e impide la germinación de las especies, sobre todo a las de tamaño pequeño, que son altamente sensibles a la luz y que caracterizan a la plantas herbáceas. Previamente se mencionó que una gran mayoría de las especies pueden considerarse especies invasoras adaptadas a diversas condiciones ambientales, básicamente a lugares abiertos, lo que explica la mayor riqueza de especies en la F10 (Tabla 2).

El análisis de agrupamiento realizado con base a la presencia de las especies en las fosas y año de muestreo (Figura 1), denota que la semejanza para una misma fosa fue alta (>70 %), lo que indica poco recambio en la composición de especies entre períodos de muestreo, mientras que entre fosas la semejanza varía entre 39 y 59 % (promedio de 49 %), y depende del año de muestreo (Tabla 4). La disimilitud en la composición de especies y las diferencias en la riqueza también se puede atribuir al origen del material vegetal, que como se explicó anteriormente provienen en buena parte de una amplia variedad de ambientes (Tabla 2). Hernández *et al.* (2017), igualmente reportaron una alta disimilitud en la composición de especies entre las fosas, y lo atribuyeron a varios factores como son la antigüedad de la fosa, tiempo y frecuencia en la cual se han conformado los depósitos de los residuos petroleros, características de los desechos depositados e intensidad y homogeneidad de la contaminación alrededor de la fosa. No obstante, estos autores, no encontraron mayores diferencias en suelos contaminados y no contaminados adyacentes a las fosas, en cuanto a concentraciones de P, N total, Ca, Mg, Na y Al intercambiable, pH (5,2–5,6) y textura del suelo (franco arenosa), así como tampoco en las concentraciones de hidrocarburos (%), pero para una misma fosa hallaron diferencias significativas en las concentraciones de hidrocarburos en suelos contaminados y no contaminados, lo que promueve heterogeneidad en las condiciones ambientales, generando micro-hábitats susceptibles de ser colonizados por especies tolerantes o no a mayores o menores concentraciones de hidrocarburos.

Del total de especies, siete están presentes en ambas fosas y en los dos períodos de muestreo, entre los árboles típicos de las sabanas de los Llanos orientales tenemos: *Bowdichia virgilioides* Kunth, *Casearia sylvestris* Sw.; entre los arbustos *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult; en las trepadoras *Davilla kunthii* A. St.-Hill.; de las hierbas perennes *Pavonia cancellata* (L.) Cav. y *Trachypogon spicatus*, y de las anuales *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze (Tabla 1).

Tabla 2. Riqueza de especies (spp.) de la vegetación en fosas petroleras en San Tomé, estado Anzoátegui, de acuerdo a la forma de crecimiento (FC) y al tipo de hábitat (descrito en la Tabla 1). E: Ecotono.

FC	Total													
	General	Sab	SP	SI	ZC	P	BD	M	AI	MO	BR	HH	E-Sab-BR	E-Sab-MO
Árboles	8	7		1			4	1		2	3		2	1
Arbustos	5	3	5	1	3	1		1	1	1				
Hierbas anuales	5	5	5	2	1			1	2	2		1		
Hierbas perennes	23	19	14	8	1	3	2		8	8	3	4		
Sufrútices	6	5	4	3	1	1	2	1	2	2				
Trepadoras	2	1	2				1		1		1		1	
Total	49	40	30	15	6	5	9	4	14	15	7	5	3	1

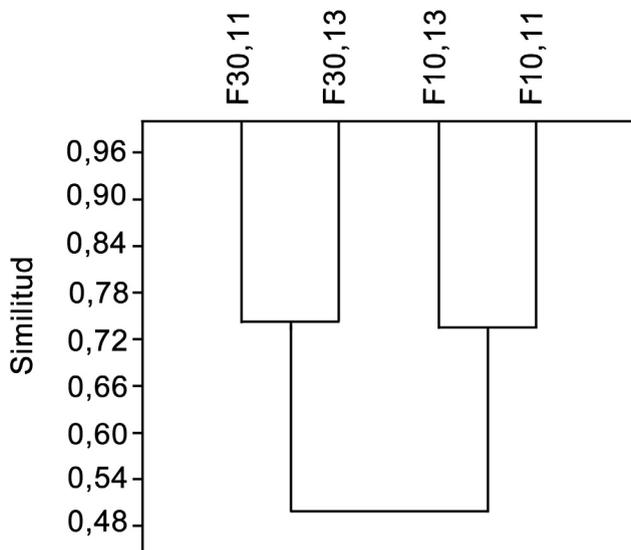


Figura 1. Agrupamiento de la similitud de dos fosas petroleras F10 y F30 con base en la composición de especies de la vegetación y año de muestreo, ubicadas en San Tomé, estado Anzoátegui.

De las 49 especies, 14 aparecen tres veces, de ellas cuatro están presentes principalmente en la Fosa 10 en los dos períodos de muestreo, entre ellas *Aristida setifolia* Kunth, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Curatella americana* L. y *Sida ciliaris* L.; mientras que las otras 10 se registraron mayormente en la F30 en los dos lapsos de muestreo, por ejemplo *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby, *Waltheria indica* L., *Cordia dentata* Poir., y *Croton conducuplicatus* Kunth. De las especies que aparecen dos veces, 12 están presentes principalmente en F10 en ambos períodos de muestreo, y pueden considerarse como exclusivas de esa fosa, entre ellas

Spermacoce verticillata L., *Passiflora foetida* L., y *Cyperus blepharoleptos* Steud. (sin. *Oxycaium cubense*), especie típica de humedales. En tanto que en F30 sólo ocho se registraron en ambos lapsos de muestreo, por ejemplo *Abildgaardia ovata* (Burm.f.) Kral., *Lantana camara* L. y *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton (Tabla 1).

A pesar de las condiciones ambientales rigurosas en el ambiente adyacente a las fosas, con suelos de textura franco arenosa, pobres en nutrientes, pH ácidos, con áreas contaminadas por hidrocarburos) (Hernández *et al.* 2017), se halló una relativa alta biodiversidad con especies potencialmente bio-indicadoras y fito-remediadoras que podrían utilizarse en procesos de remediación, rehabilitación o restauración de la vegetación en áreas degradadas, como por ejemplo *Aristida setifolia* Kunth (Martins *et al.* 1999, Rohden 2014), *Aeschynomene histrix* Poir. (Merkel *et al.* 2004, Infante *et al.* 2012) y *Tridax procumbens* L. (Merkel *et al.* 2004, Govarthanam *et al.* 2016).

Tabla 3. Riqueza de especies (spp.) de la vegetación en fosas petroleras en San Tomé, estado Anzoátegui respecto a la forma de crecimiento, fosas (F10 y F30) y año de muestreo.

FC	Total general	Total F10	2011		2013	
			F10	F10	F30	F30
Árboles	8	7	7	5	7	7
Arbustos	5	2	1	2	5	5
Hierbas anuales	5	5	5	4	2	2
Hierbas perennes	23	16	14	10	17	14
Sufrútices	6	6	5	4	2	2
Trepadoras	2	2	2	2	1	1
Total spp.	49	38	34	27	34	31

Tabla 4. Índice de similitud de Sørensen entre las fosas respecto al año de muestreo.

Fosas	F10-2011	F10-2013	F30-2011	F30-2013
F10-2011	1	0,73	0,39	0,59
F10-2013		1	0,40	0,59
F30-2011			1	0,74
F30-2013				1

Composición del banco de semillas del suelo (BSS).

A pesar que el lapso de experimentación fue de seis meses, tiempo superior a los tres meses que recomienda la bibliografía, en general la germinación fue escasa, dando como resultado que no se obtuvieran datos de especies y densidad de semillas por ejemplo de la parcela 1 (P1) transecto 1 de la Fosa 10 en el muestreo de 2011. Similarmente, en las muestras del año 2013 prácticamente no hubo plántulas, de allí que sólo se presentan los resultados de 2011. En cuanto a las especies presentes en el BSS, en algunos casos no fue posible su identificación, ya que al momento de concluir el experimento aun no habían florecido, aspecto esencial para la identificación de especies.

La Tabla 5 muestra la presencia y el número total de especies en el BSS, que fue de 20, de las cuales 15 se identificaron hasta especie, cuatro hasta familia y una a nivel de género (Poaceae); una gran mayoría de las 15 especies identificadas proviene de sitios perturbados o de ambientes infértiles (Tabla 5). Las 20 especies están repartidas en dos Monocotiledóneas de la familia Poaceae, y en 18 Dicotiledóneas. Las 18 especies de Dicotiledóneas se distribuyen en 10 familias (1,8 especies/familia), con las Rubiaceae con la mayor riqueza (cinco especies). En 14 especies identificadas fue posible bibliográficamente encontrar su forma de crecimiento, de ellas dos fueron arbóreas, un arbusto, y 11 herbáceas (H): nueve anuales (HA), y dos perennes (HP). La riqueza total fue de 10 y 18 especies en F10 y F30, respectivamente. La mayoría de las HA se hallaron en F30 (Tabla 5).

Comparando la composición de especies del BSS entre fosas considerando todas las parcelas, la semejanza según el Índice de Similitud de Sørensen fue del 42 %, debido a que ocho especies fueron comunes a ambas fosas, y que casi todas las especies de F10 están presentes en la F30. En las comunes identificadas tenemos, en las hierbas anuales: *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell., *Heliotropium indicum* L., *Oldenlandia* cf. *corymbosa* L., *Mesosphaeron suaveolens* y *Pilea microphylla* (L.) Liebm.; en las hierbas perennes *Spermacoce verticillata* L.; las otras comunes fueron dos Poaceae (*Poaceae* sp.1 y *Eragrostis* sp.) y una Rubiaceae sp2. La única especie arbórea en F10 fue *Curatella americana* L. y en F30 *Copaifera officinalis* (Jacq.) L. (Tabla 5). Al cotejar la composición de especies del BSS entre las fosas y sólo las parcelas P1 y P2, la semejanza fue del 38 %, con solo cuatro especies comunes entre F10 y F30: *Eragrostis* sp., *M. suaveolens*, *Poaceae* sp.1, y *P. microphylla*. Sin embargo, la semejanza del BSS entre P1 y P2 de cada fosa fue 75 % en F10, y 40 % en F30.

La escasez de especies arbóreas y arbustivas en el BSS es consistente con lo propuesto por Higgins *et al.* (2000), Williams *et al.* (2005) y Savadogo *et al.* (2017) en sabanas tropicales, en que éstas producen bancos de semillas de corta duración o de corto tiempo de permanencia en el BSS, y el reclutamiento de plántulas sólo puede darse cuando condiciones ambientales apropiadas coinciden con la caída de la semillas, de allí que hay limitadas posibilidades de restablecimiento de la vegetación leñosa en las sabanas, cuyas semillas posiblemente quedan atrapadas en la hojarasca y no en el BSS (Savadogo *et al.* 2017). A su vez, los resultados concuerdan con Savadogo *et al.* (2017) en el sentido de que en ambientes estacionales, el BSS está dominado por plantas herbáceas (invasoras, gramíneas), que producen numerosas semillas pequeñas y persistentes en el BSS, especies que pueden beneficiarse de la reducción de la competencia con la vegetación perenne en las sabanas después de una perturbación.

Cotejando la composición general de especies en la vegetación en pie y en el banco de semillas del suelo para un mismo período de muestreo (junio 2011), la vegetación potencial fue de 60 especies, con *M. suaveolens*, *H. teres*, *S. verticillata*, *W. indica* y *C. americana*, comunes entre la vegetación y el BSS (véase Tablas 1 y 5), y el Índice de

Similitud de Sorensen de 15 %. La relación entre la vegetación y el BSS para una misma fosa, resultó que de 40 especies potenciales en la fosa F10 la semejanza fue 14 %; y en F30 con 38 especies potenciales la similitud entre la vegetación y el BSS fue de 15%. Al contrastar, la composición de especies de la vegetación con la del BSS para una misma fosa pero entre las parcelas (P1 y P2), resultó que tanto en F10 como en F30 la semejanza tiende a aumentar hacia P2 (Figura 2), esto es, a medida que nos alejamos de la fosa se presume que disminuye el efecto perturbador de la misma sobre la vegetación potencial. Savadogo *et al.* (2017) reportó que el número de plántulas reclutadas desde el BSS disminuyó significativamente con la severidad de la perturbación.

La poca relación entre la composición de la vegetación y el BSS sugiere que éste último no representa a la vegetación en pie, concordando con varios autores (Roberts 1981, 1986, Rice 1989, Bossuyt y Hermy 2001, Decaëns *et al.* 2003, Gordon *et al.* 2011), lo cual en principio se debe a cambios en los filtros abióticos, historia del sitio y variación interespecífica en la producción de semillas. Rice (1989), señaló que la notable disimilitud entre el BSS y la vegetación en comunidades herbáceas puede deberse a las diferencias entre las especies en cuanto a su presencia y persistencia en el banco de semillas, a imprecisiones en la estimación del banco de semillas, que incluye número de muestras, a la densidad y patrones de distribución de las especies dentro de la vegetación, y a la estación de recolección de las muestras, la cual puede no coincidir con la producción y dispersión de semillas. Hopfensperger (2007), señaló que la similitud entre el BSS y la vegetación puede ser alta o baja dependiendo de las limitaciones en la dispersión y de los requerimientos de germinación de las semillas.

En las comunidades herbáceas es más probable que las plantas anuales produzcan mayor número de semillas que las perennes, la cuales casi siempre desarrollan un BSS abundante y persistente, a pesar de la poca contribución a la vegetación en pie (Rice 1989). Un ejemplo de ello es *M. suaveolens*, una especie presente en la vegetación y el BSS, aunque no dominante, es típica en las sabanas de los Llanos Centrales y Orientales de Venezuela, considerada como una maleza anual agresiva (Wulff y Medina 1971), que produce copiosa cantidad de semillas potencialmente dispersadas por el agua, adheridas a los animales (epizoocoria), a los humanos y a la maquinaria agrícola (Vibrans 2011, <http://tropical.theferns.info/>). Esta especie puede florecer y producir abundantes semillas casi todo el año, las cuales requieren luz, temperaturas por encima de 20 y por debajo de 45 °C para germinar (Wulff y Medina 1971).

Rice (1989), encontró en una variedad de comunidades herbáceas, que las hierbas perennes a pesar de ser las dominantes, su contribución al banco de semillas es pequeña. Numerosas hierbas dominantes (gramíneas) de sabanas tropicales, incluyendo algunas anuales, producen un BSS transitorio (sensu Thompson y Grime 1979), cuyas semillas se almacenan durante la estación seca y germinan o mueren durante la temporada húmeda, por lo que requieren mayor aporte de semillas para asegurar un banco de semillas para el año siguiente (Williams *et al.* 2005).

Tabla 5. Densidad de semillas (Semillas/m²) de las especies presentes en el banco de semillas del suelo (BSS) en fosas petroleras en San Tomé, estado Anzoátegui, respecto a las parcelas (P) en las fosas F10 y F30, organizadas de acuerdo a la familia, forma de crecimiento (FC); hierba (H); hierba anual (Ha), hierba perenne (Hp); sufrútice (S); árbol (A); arbusto (Ar), y tipo hábitat (descrito en la Tabla 1).

Familia/Especies	FC	Fosa 10		Fosa 30			Hábitat
		P1	P2	P1	P2	P3	
Amaranthaceae							
<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Ha	51	11			17	SP, Sab.
Asteraceae							
<i>Taraxacum officinale</i> G. H. Weber ex Wigg	Ha					17	SP
<i>Emilia coccinea</i> (Sims) G. Don	Ha				11		ZC, SP
Boraginaceae							
Boraginaceae sp2.				22			
<i>Heliotropium indicum</i> L.	Ha				11		SP, AI
Caesalpinaceae							
<i>Copaifera officinalis</i> (Jacq.) L.	A			22			BD, BR, Mo, Sab, BSV
Dilleniaceae							
<i>Curatella americana</i> L.	A	186	157				Tabla 1
Lamiaceae							
<i>Hypenia aff. salzmannii</i> (Benth.) Harley	H					17	MO, Sab. arenosas
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	Ha, o Hp		11		45		Tabla 1
Malvaceae							
<i>Sida cordifolia</i> L.	Ar o S					17	Sab, MO, SP
<i>Waltheria indica</i> L.	Hp, S				34		Tabla 1
Plantaginaceae							
<i>Plantago major</i> L.	Ha, o Hp			45	22	17	SI, SP, HH
Poaceae							
Poaceae sp. 1	H	253	11	281	157		
<i>Eragrostis</i> sp.	H	758	247	11	22		
Rubiaceae							
<i>Hexasepalum teres</i> (Walter) J.H. Kirkbr.	Ha				11		Tabla 1
<i>Oldenlandia cf. corymbosa</i> L.	Ha	17	11			17	ZC, SP, SI, P
Rubiaceae sp1.		17					
Rubiaceae sp2.		101				17	
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Hp. o S		22			34	Tabla 1
Urticaceae							
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	Ha	58	22	22		68	SP, BR
Riqueza total/m ²		8	8	6	8	9	
Riqueza promedio/m ²		4,5	3,8	3	3	6	
Densidad de semillas (semillas/m ²)		1433	494	405	314	220	

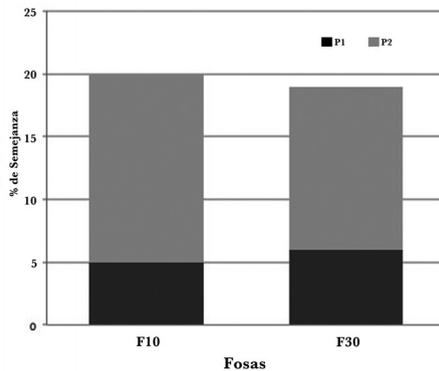


Figura 2. Semejanza (%) entre la composición de especies en la vegetación y en el banco de semillas del suelo (BSS) respecto a las parcelas (P1 y P2) en cada fosa petrolera (F10 y F30, en San Tomé, estado Anzoátegui).

El BSS estudiado está compuesto principalmente por plantas anuales (9 especies), que constituyen el 60 % de las 15 especies identificadas, y 45 % del total (20 especies), mientras que en la vegetación en pie es notoria la dominancia de hierbas perennes. En F10 a pesar de la mayor riqueza de hierbas anuales y perennes (Tabla 2) esto no se tradujo en un BSS más diverso, contrariamente en F30 con menor riqueza total de hierbas anuales y de perennes en la vegetación, hubo mayor riqueza de anuales en el BSS, lo cual denota la importancia del aporte de semillas a través del tiempo por la lluvia de semillas provenientes de la propia comunidad y de fuentes externas, además de la conformación del sustrato, ya que posiblemente, cuando se construyó la fosa F30 el suelo fue mezclado y expuesto a las capas superiores. La menor riqueza del BSS en F10 quizás es producto del período de recolección de las muestras (temporada de lluvias, junio), lapso en el cual posiblemente una mayor parte de las semillas del BSS habían germinado, aumentando la riqueza en la vegetación, quedando en el BSS las semillas permanentes en el suelo, las que se muestrearán.

Densidad y composición del banco de semillas por parcela en las fosas.

En la F10 la riqueza de especies del BSS para todas las parcelas (N=5) varió entre una y siete especies, con media de $4 \pm 2,83$ especies/parcela, y una densidad de semillas de 816 ± 587 semillas/m². Mientras que en F30 la riqueza de especies para todas las parcelas (N=8) varió entre dos y seis especies, con una media de $3,88 \pm 1,64$ especies/parcela, y una densidad de semillas de 392 ± 196 semillas/m² (Figura 3). La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis dio que la densidad y la riqueza media entre fosas no difiere significativamente (H= 1,205; $p < 0,2703$; H=0,00; $p < 1,00$, respectivamente). Esto se explica por la alta variabilidad de los datos, sobre todo en F10, lo que pudo conllevar a una subestimación del BSS que puede atribuirse a:

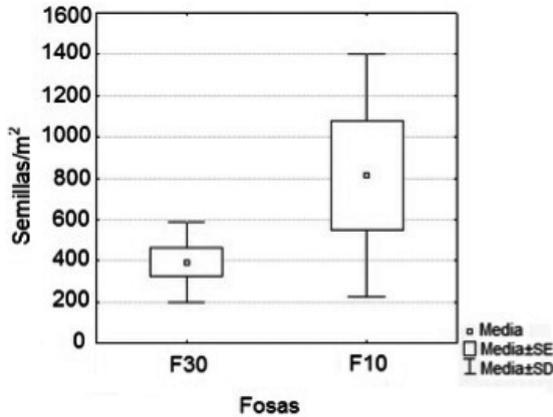


Figura 3. Densidad media semillas/m² (\pm error SE y desviación estándar SD) del banco de semillas del suelo (BBS) por fosa (F10 y F30, en San Tomé, estado Anzoátegui).

- 1) A la gran variabilidad espacial entre microhábitats dentro de un sitio (transectos y parcelas), donde en unos puede haber agotamiento del BSS, dispersión secundaria hacia zonas de acumulación de semillas (Caballero et al. 2003 citado Bossuyt y Olivier 2008), o agrupamiento de semillas alrededor de la planta madre (Olano et al. 2005 citado Bossuyt y Olivier 2008). Aunque las muestras pueden estar bien distribuidas en el área de estudio, la heterogeneidad espacial aumenta el riesgo de pasar por alto las semillas de especies particulares y sobrevalorar otras (Bossuyt y Olivier 2008).
- 2) A la escasa germinación, como por ejemplo que no hubo germinación de semillas en todas las muestras de la parcela 1 (P1) de la transecto 1, así como en otras muestras de las distintas parcelas en los transectos 2 y 3 de la F10 y de todas las muestras de F30, posiblemente producto del patrón de densidad y distribución de las semillas en el suelo, o quizás por condiciones de laboratorio no apropiadas para romper la latencia de las semillas, limitando la germinación (Bossuyt y Olivier 2008).
- 3) A limitaciones prácticas debido al porcentaje bajo de la superficie muestreada en comparación al área total del sitio de estudio, resultando en una subestimación de la riqueza y densidad de especies en el BSS (Bossuyt *et al.* 2007), lo cual podría subsanarse aumentando el número de muestras a recolectar. Sin embargo, en el muestreo de 2013, en la parcela P1 de todos los transectos de ambas fosas se duplicó el número de muestras, pero hubo una muy escasa germinación.
- 4) A la estación o período de recolección de las muestras, tal como se explicó previamente. Pese a lo antes expuesto, la densidad de semillas comparativamente tiende a ser mayor en F10, a pesar de la menor riqueza de especies en el BSS (Figura 3). Al cotejar ambas fosas pero solo entre las parcelas 1 y 2, contrario a la riqueza de

especies, la densidad de semillas tiende a disminuir con la distancia desde el borde de la fosa (P1 ubicada al borde de la fosa) (Tabla 5). Esto indica que a medida que nos alejamos de la fosa el tamaño decrece y la riqueza aumenta, quizás debido al menor efecto de perturbaciones. Las especies que están presentes en hábitats con altos ciclos de perturbación, son favorecidas por la producción de un gran número de semillas de larga vida (Grime 1979), esperando condiciones favorables para la germinación (Bossuyt y Olivier 2008, Savadogo *et al.* 2017).

La comparación de los valores del tamaño del BSS (semillas/m²) con datos publicados es difícil pues los métodos de muestreo son distintos (método de separación física vs método de emergencia de plántulas), así como en el número y tamaño de las muestras recolectadas, y duración del experimento. Sin embargo, cotejando los valores encontrados aquí con resultados para comunidades herbáceas (pastizales, praderas, herbazales) alrededor del mundo, estos se ubican hacia el extremo inferior del intervalo de valores 200–31.344 semillas/m² reportadas por Rice (1989). Bossuyt y Olivier (2008) obtuvieron para comunidades herbáceas europeas densidad promedio menor a 5000 semillas/m². Flores y Dezzeo (2005), quienes utilizaron el método de separación física en una sabana situada en la Gran Sabana obtuvieron $10 \pm$ semillas/m². Pérez y Santiago (2001) en una sabana de los Llanos Centro-Orientales reportaron una densidad media de 1702 semillas/m². Con una variación temporal entre 235 y 4624 semillas/m². Decaëns *et al.* (2003), en Colombia en una sabana nativa dominada por *Paspalum lanciflorum* Trin., *Axonopus purpusii* (Mez.) Chase, y *Trachypogon vestitus* Andersson, la densidad media de semillas en el suelo fue de 2500 semillas/m². Williams *et al.* (2005), en una sabana tropical arbolada de *Eucalyptus* sp. (Australia) reportó que la densidad total de semillas/m². En el BSS varió entre 58 y 670 semillas/m². En este trabajo los valores medios de $815,60 \pm 587,46$ semillas/m² en F10 y de $391,75 \pm 195,61$ semillas/m² en F30 (Figura 3), así como los intervalos de densidad de ambas fosas (Tabla 5), caen por debajo de la media hallada por Pérez y Santiago (2001) y Decaëns *et al.* (2003), los cuales se consideran bajos.

La baja densidad de semillas indica que muchas especies de los pastizales o herbazales tropicales no producen un banco de semillas persistentes, o no producen muchas semillas (Rice 1989, Williams *et al.* 2005). En situaciones donde no hay sitios seguros para la germinación, las especies son más favorecidas invirtiendo energía en la habilidad competitiva de las plántulas o en la reproducción asexual (Bossuyt y Hermy 2003, Bossuyt y Olivier 2008). Pérez y Santiago (2001) atribuyeron la baja densidad de semillas en el banco de la sabana por ellos estudiada a la pobreza de nutrientes y escasa capacidad de retención de agua de los suelos, lo que limita el desarrollo de la vegetación y la diversidad florística. A lo anterior se puede añadir, el desplazamiento o arrastre de las semillas pequeñas como las de las sabanas (Flores y Dezzeo 2005), hacia capas más profundas del suelo, ya que éstos en ambas fosas presentan texturas franco arenosas, constituidos en términos de porcentajes por arena con valores entre 70–80 %, arcilla 16–28 % y limo menores a 5 % (Hernández *et al.* 2017). Además, la erosión laminar puede ser un agente importante de remoción de semillas, especialmente en laderas (García-Núñez *et al.* 2001).

El desplazamiento de las semillas en el suelo, trae como consecuencia que no estén ecológicamente disponibles para la vegetación, a menos que factores externos como la acción humana y la actividad de animales produzcan movimiento y mezcla del suelo (Decaëns *et al.* 2003). Al respecto, se ha señalado que los depredadores remueven semillas; por ejemplo en *B. crassifolia*, cuyas semillas son pequeñas, 2,6–3,0 mm, suaves y muy livianas (0,00290–0,00298 g) (García-Núñez *et al.* 2001), se ha documentado que las hormigas cortadoras (*Atta laevigata*) remueven grandes cantidades de frutos de las bases de los árboles, que luego son transportados a través de distancias relativamente grandes (alrededor de 100 m), hasta sus nidos. Después de períodos variables (varias semanas hasta meses), los frutos son sacados de los hormigueros, formando pilas de desperdicios alrededor de los mismos (Farji y Silva 1995 citado por García-Núñez y Azócar 2004). En especies de gramíneas de floración tardía (*Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze, *Schizachyrium sanguineum* (Retz.) Alston y *Axonopus aureus* P. Beauv.), producen grandes cantidades de semillas (a excepción de *T. spicatus*) de mayor tamaño, pero presentan altas tasas de predación, y tienen mecanismos de latencia que sincronizan su germinación con el comienzo de la próxima estación lluviosa (Silva y Ataroff 1985 citado García-Núñez y Azócar 2004). Además de la depredación, muchas semillas principalmente de especies leñosas se descomponen rápidamente (Savadogo *et al.* 2017).

Respecto a la densidad de las especies identificadas, en la Fosa 10 la más importante de acuerdo al tamaño de banco fue *Curatella americana* ($171,50 \pm 20,51$ semillas/m²), valor bajo en comparación con la elevada producción de semillas que varía entre 50.735–232.708 semillas viables/individuo (García-Núñez y Azócar 2004); las *Poaceae* sp.1 y *Eragrostis* sp., fueron las que tuvieron la mayor densidad en ambas fosas. En F30 la más importante fue *Plantago major* ($28 \pm 14,93$ semillas/m²); (Tabla 5) esta especie produce 6 a 30 semillas/fruto de ± 2 mm de largo y 0,5 a 0,9 mm de ancho (Vibrans 2009), las cuales poseen latencia fisiológica, que requieren luz y temperatura entre 20 y 30 °C para germinar (Figueroa y Jaksic 2004), con una densidad en el BSS de 143 ± 329 semillas/m² reportada para la franja terrestre de un humedal situado en Bogotá (Colombia) (Muñoz *et al.* 2016).

En resumen de los resultados destaca que el BSS estuvo compuesto principalmente por especies herbáceas anuales, (9 especies de 15 identificadas), en su mayoría provenientes de sitios perturbados e infértiles, con baja densidad de semillas y riqueza de especies, y con poca relación con la vegetación en pie, ya sea en general o entre parcelas, encontrándose sólo cinco especies comunes con la vegetación: *M. suaveolens*, *H. teres*, *S. verticillata*, *W. indica*, *C. americana*. Esto indica la poca posibilidad de utilizarlo como donador o fuente de semillas para el proceso de rehabilitación / restauración de la vegetación en zonas afectadas por actividad petrolera. Bossuyt y Olivier (2008), señalaron que debido al bajo número de semillas en el banco de especies importantes en la vegetación (Bossuyt y Hermy 2003), y la baja similitud entre el BSS y vegetación, hay escepticismo en cuanto al éxito de la restauración a partir del BSS. Bossuyt y Olivier (2008) agregaron que la restauración basada en el BSS sólo es posible

en aquellos sitios que tienen menos de cinco años de degradación, e indicaron, que muchas especies, en particular las herbáceas típicas de los pastizales o herbazales, la probabilidad del éxito en la restauración es muy baja después de un largo período de tiempo, y dependerá de la dispersión de semillas (Bossuyt y Olivier 2008). Sin embargo, el BSS dominado por especies herbáceas podría desempeñar un papel importante en las etapas tempranas del proceso sucesional en áreas degradadas, fomentando el crecimiento de pequeños parches de vegetación capaces de atrapar semillas de árboles dispersadas en el sitio; asimismo, podría contribuir a la recolonización con especies herbáceas de sitios degradados (Savadoغو *et al.* 2017).

Conclusiones

En las zonas adyacentes a las fosas, pese a las condiciones ambientales rigurosas: suelos de textura franco arenosa, pobres en nutrientes, pH ácidos, con áreas contaminadas por hidrocarburos, se halló una relativa alta biodiversidad con especies potencialmente bio-indicadores y fito-remediadoras susceptibles de ser usadas en procesos de remediación, rehabilitación o restauración de la vegetación en áreas degradadas.

El BSS tuvo más riqueza de especies del grupo de las Dicotiledóneas (18 especies, 10 familias), pero la mayor densidad fue para dos especies de Poaceae.

El BSS estuvo compuesto principalmente por especies herbáceas anuales (9 de 15 especies identificadas), caracterizado por una baja densidad de semillas y riqueza de especies, y con poca relación con la vegetación en pie, lo que indica la poca posibilidad de utilizarlo como donador o fuente de semillas para el proceso de rehabilitación/restauración de la vegetación en zonas afectadas por actividad petrolera.

Agradecimientos. Al FONACIT-Misión Ciencia, por el financiamiento del Proyecto N° 2007001401: Desarrollo, validación y transferencia de tecnologías para el saneamiento ambiental de pasivos generados por la actividad petrolera, Subproyecto 4: Restauración ecológica en sectores con pasivos ambientales relacionados con fosas petroleras. Al Lic. Oscar Párraga por la identificación de las especies. A la Ing. Jeniffer González y al Sr. José Luis Moncada por la participación en el trabajo de campo. A los árbitros que con sus sugerencias hicieron posible la edición final de este trabajo.

Bibliografía.

- AYMARD, G. 2017. Adiciones a la flora vascular de los Llanos de Venezuela: nuevos registros y estados taxonómicos. *BioLlania* (Ed. Especial) 15: 1–296.
- BALL, D. A. Y S. D. MILLER. 1989. A comparison of techniques for estimation of arable seed banks and their relationship to weed flora. *Weed Research* 29: 365–373.
- BIGWOOD, D. W. Y D. W. INOUE. 1988. Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology* 69: 497–507.

- BOSSUYT, B. Y M. HERMY. 2001. Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a Review. *Ecography* 24(2): 225–238.
- BOSSUYT, B. Y M. HERMY. 2003. The potential of soil seedbanks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. *Belgian Journal Botany* 136(1): 23–34.
- BOSSUYT, B Y H. OLIVIER. 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 875–884.
- BOSSUYT, B., J. VAN WICHELEN Y M. HOFFMANN. 2007. Predicting future community composition from random soil seed bank sampling – evidence from a drained lake bottom. *Journal of Vegetation Science* 18: 443–450.
- BRADSHAW, A. D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. pp.53–54. *En*: W. R. Jordan, M.E. Gilpin, y J. D. Aber (eds.) *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BRADSHAW, A. D. 1997. Restoration of mined lands – Using Natural Processes. *Ecological Engineering* 8: 255–269.
- COPLANARH (Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos). 1974. Inventario nacional de tierras, regiones Centro Oriental y Oriental. CARACAS, Venezuela, Publicación No. 35, Ministerio de Agricultura y Cría, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Caracas, Venezuela. 245 pp.
- DECAËNS, T., L. MARIANI, N. BETANCOURT, J. J. JIMÉNEZ. 2003. Seed dispersion by surface casting activities of earthworms in Colombian grasslands. *Acta Oecológica* 24: 175–185.
- DÍAZ P W A Y DELASCIO-CHITTY, F. 2007. Catálogo de plantas vasculares de ciudad Bolívar y sus alrededores, estado Bolívar, Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica* 30 (1): 99–161.
- DUNO DE STEFANO, R., G. AYMARD Y O. HUBER (eds.). 2007. Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vasculare de los Llanos de Venezuela. Fundación para la Defensa de la Naturaleza-Fudena, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Dr. Tobías Lásser”- FIBV, Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela 738 pp.
- EWEL, J. J. Y A. MADRIZ. 1968. Zonas de Vida de Venezuela: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Investigación. Caracas, Venezuela.
- FIGUEROA, J. A. Y F. M. JAKSIC 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 201–215.
- FLORES, S. Y N. DEZZEO. 2005. Variaciones temporales en cantidad de semillas en el suelo y en lluvia de semillas en un gradiente bosque-sabana en la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia* 30: 39–43.
- FORCELLA, F., T. WEBSTER Y J. CARDINA. 2004. Protocolos para la determinación de bancos de semillas de malezas en los agrosistemas. *En*: Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I). Depósito de documento de la FAO; en línea: <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s03.htm>. Consulta: 15/02/2011.
- GARCÍA-NÚÑEZ, C. Y A. AZÓCAR. 2004. Ecología de la regeneración de árboles de la sabana. *Ecotropicos* 17(1–2): 1–24.
- GARCÍA-NÚÑEZ, C., A. AZÓCAR, J. F. SILVA. 2001. Seed production and soil seed bank in three evergreen woody species from a neotropical savanna. *Journal of Tropical Ecology* 17: 563–576.
- GORDON, E. 2000. Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Revista de Biología Tropical* 4(1): 25–42.
- GORDON, E., F. ALESSI, A. ESTRADA Y M. LISENA. 2011. Rehabilitación de la vegetación en una mina de bauxita en Venezuela. Pp: 165–185. *En*: Herrera F. & I. Herrera (Eds). *La Restauración Ecológica en Venezuela: Fundamentos y Experiencias*. Ediciones IVIC, Caracas, 239 p.

- GORDON, E. Y M. J. PARDO. 2012. Riqueza y composición de especies promisorias de un sector de los Llanos orientales, Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica* 32(2): 99–180.
- GOVARTHANAN, M., R. MYTHILI, T. SELVANKUMAR, S. KAMALA-KANNAN, A. RAJASEKAR E Y.C. CHANG. 2016. Bioremediation of heavy metals using an endophytic bacterium *Paenibacillus* sp. RM isolated from the roots of *Tridax procumbens*. *Biotech* 6(2): 242. DOI 10.1007/s13205-016-0560-1.
- GRIME, J. P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons, New York.
- HAMMER, Ø. 1999–2015a. Reference manual PAST Ver. 3.10. Natural History Museum, University of Oslo, Noruega. 248pp. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- HAMMER, Ø. 1999–2015b. PAST (Paleontological STatistics) Version 3.10. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- HERNÁNDEZ V., I., A. ZAMORA, N. MALAVER Y V. GONZÁLEZ. 2017. Plantas asociadas a suelos contaminados adyacentes a fosas petroleras ubicadas en los Llanos orientales de Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica* 40(1): 31–51.
- HIGGINS S.I., W.J. BOND, W. S. W. TROLLOPE. 2000. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal Ecology* 88, 213–29.
- HOKCHE, O., P. E. BERRY Y O. HUBER. (eds.). 2008. Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela. FIBV Dr. Tobías Lásser, Fonacit, NSF, Caracas, Venezuela. 859 pp.
- HOPFENSBERGER, K. N. 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116: 1438–1448.
- HUBER, O. 2007. Sabanas de los Llanos venezolanos. Pp. 73–105. En: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (eds.). *Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vascular de los Llanos de Venezuela*. Fudena, Fundación Empresas Polar, FIBV. Caracas, Venezuela. 703 p.
- IKHAJIAGBE, B., C. CHIJOIKE-OSUJI, N. OBONODI, U. OSARUESE. 2014. Effects of soil amendments on the intrinsic qualities and development of soil seed bank of a monitored naturally attenuated petroleum hydrocarbon-polluted soil. *Journal of Natural Sciences Research* 4(2): 59–71.
- INFANTE, C., I. HERNÁNDEZ-VALENCIA, L. LÓPEZ Y M. TORO. 2012. Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils in Venezuela. pp. 99–112. En: Anjum, N.A., M. E. Pereira, I. Ahmad, A. C. Duarte, S. Umar y N. A. Khan (eds.). *Phytotechnologies: Remediation of Environmental Contaminants*. CRC Press. Boca Ratón. USA.
- LEVIN, D. 1990. The Seed Bank as a Source of Genetic Novelty in Plants. *American Naturalist* 4: 563–572.
- MARTINS, C. R., J. C. C. DE MIRANDA Y L. N. DE MIRANDA. 1999. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(4): 665–674.
- MERKL, N., R. SCHULTZE-KRAFT, Y C. INFANTE. 2004. Phytoremediation of petroleum-contaminated soils in the tropics-Pre-selection of plant species from eastern Venezuela. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 78(3): 185–192.
- MOHSENZADEH, F., S. NASERI, A. MESDAGHINIA, R. NABIZADEH, A. CHEHREGANI Y D. ZAFARI. 2009. Identification of petroleum resistant plants and rhizospheral fungi for phytoremediation of petroleum contaminated soils. *Journal of the Japan Petroleum Institute* 52(4): 198–204.
- MORMUL, R. P., F. A. ESTEVES, T. SALA MICHELAN, P. CARVALHO, M. J. SILVEIRA Y S. M. THOMAZ. 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. *Revista de Biología Tropical* 58(4): 1437–1452.
- MUÑOZ, R. D. S., A. F. MORALES PISCO Y A. L. GONZÁLEZ PINTO. 2016. Banco de semillas germinable en la franja terrestre de dos humedales urbanos. *Colombia Forestal* 20(1): 31–44.
- PAKEMAN, R. J. Y J. L. SMALL. 2005. The role of the seed bank, seed rain and the timing of disturbance in gap generation. *Journal of Vegetation Science* 16: 121–130.

- PARROTTA, J. A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 115–133.
- PEREA, J. 2008. Análisis cluster, Curso de Postgrado en Herramientas Estadísticas Avanzadas. Universidad de Córdoba, Universidad Nacional de la Pampa. http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_25_sesion_8.pdf.
- PÉREZ, E. M. Y E. T. SANTIAGO. 2001. Dinámica estacional del banco de semillas en una sabana en los Llanos Centro-Orientales de Venezuela. *Biotropica* 33: 435–446.
- RICE, K. J. 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. Pp: 211-230. *En*: Leck, M.A., V.T. Parker y R.L. Simpson (eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, Estados Unidos de América. 462 pp.
- ROBERTS, H. A., 1981. Seed banks in soils. *Advances in Applied Biology* 6: 1–55.
- ROBERTS, H.A., 1986. Seed persistence in soil and seasonal emergence in plant species from different habitats. *Journal of Applied Ecology* 23: 639–656.
- ROHDEN, J. F. 2014. Espécies recomendadas e suas priorizações para restauração campestre do cerrado. 51 pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/13307>. Consulta 18/08/17.
- RONDÓN, J. B. 2009. La subfamilia Malvoideae (Malvaceae s.l.) en el occidente del estado Sucre, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9 (3): 599–621.
- SAVADOGO, P., L. SANOU, S. D. DAYAMBA, F. BOGNOUNOU Y A. THIOMBIANO. 2017. Relationships between soil seed banks and above-ground vegetation along a disturbance gradient in the W National Park trans-boundary biosphere reserve, West Africa. *Journal of Plant Ecology* 10 (2): 349–363.
- SCHARGEL, R. 2015. Suelos llaneros: geomorfología, distribución geográfica y caracterización. Cap. 3: 63-153. *En*: López Falcón, R., J.M. Hétiér, D. López-Hernández, R. Schargel y A. Zinck (eds.). *Tierras Llaneras de Venezuela*. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 860p.
- SCHARGEL, R. 2007. Geomorfología y suelos. Pp. 21-42. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (eds.). *Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vasculare de los Llanos de Venezuela*. Fudena, Fundación Empresas Polar, FIBV. Caracas, Venezuela. 703p.
- SHIRDAM, R., A.D. ZAND, G.N. BIDHENDI Y N. MEHRDADI. 2008. Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils with emphasis on the effect of petroleum hydrocarbons on the growth of plant species. *Phytoprotection* 89(1): 21–29.
- SIMPSON, R. L., M.A. LECK Y V. T. PARKER. 1989. Seed Banks: General Concepts and methodological issues. Pp: 3–8. *En*: Leck M. A., V. T. Parker y R. L. Simpson (eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, Estados Unidos de América. 462 pp.
- STATSOFT. 2008. STATISTICA (programa de análisis estadístico), versión 8. StatSoft Inc, Tulsa. www.statsoft.com.
- THOMPSON, K. 1986. Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. *Journal of Ecology* 74: 733–738.
- THOMPSON, K. Y J. P. GRIME. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67: 893–921.
- TRIPATHI, K. P Y B. SINGH. 2005. The role of revegetation for rehabilitation of sodic soils in semiarid subtropical forest India. *Restoration Ecology* 13: 29–38.
- VALENTA, K., T. S. STEFFENS, R. R. RAFALIARISON, C. A. CHAPMAN, Y S. M. LEHMAN. 2015. Seed banks in savanna, forest fragments, and continuous forest edges differ in a tropical dry forest in Madagascar. *Biotropica* 47(4): 435–440.

- VAN DER VALK, A., R. L. PEDERSON Y C. B. DAVIS. 1992. Restoration and creation of freshwater wetlands using seed banks. *Wetlands Ecology and Management* 1(4): 191–197.
- VAN DER VALK, A. Y R. L. PEDERSON. 1989. Seed banks and the management and restoration of natural vegetation. Pp. 329–346. *En*: M. A. Leck, V. Parker y R. L. (eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, Estados Unidos de América. 462 pp.
- VIBRANS, H. (ed.). 2011. URL, Malezas de México: *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/hyptis-suaveolens/fichas/ficha.htm>, Consulta 28/03/17.
- VIBRANS H. (ed.). 2009. URL, Malezas de México: *Plantago major* L. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/plantaginaceae/plantago-major/fichas/ficha.htm>. Consulta 19/03/17.
- WHITTAKER, R. 1975. *Communities and Ecosystems*. Nueva York. Macmillan Publ. Co., 387 pp.
- WILLIAMS, P. R., R. A. CONGDON, A. C. GRICE Y P. J. CLARKE. 2005. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecology* 30: 79–90.
- WULFF, R. Y E. MEDINA. 1971. Germination of seeds in *Hyptis suaveolens* Poit. *Plant and Cell Physiology*. 12: 567–579.
- ZOBEL, M., M. OTSUS, J. LIIRA, M. MOORA Y T. MOLS. 2000. Is small-scale species richness limited by seed availability or microsite availability? *Journal of Ecology* 91: 999–1007.

Recibido: 09 noviembre 2017

Aceptado: 16 mayo 2018

Publicado en línea: 30 octubre 2018

Elisabeth Gordon-Colón¹, Edwin Escarate² y Mónica Pérez³

¹ Centro de Ecología y Evolución, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela. AP. 47058, Caracas 1041-A. elizabeth.gordon@ciens.ucv.ve, egordoncolon@gmail.com

² Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, AP. 47058, Caracas 1041-A. alfernan5@gmail.com

³ Postgrado en Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, AP. 47058, Caracas 1041-A