



---

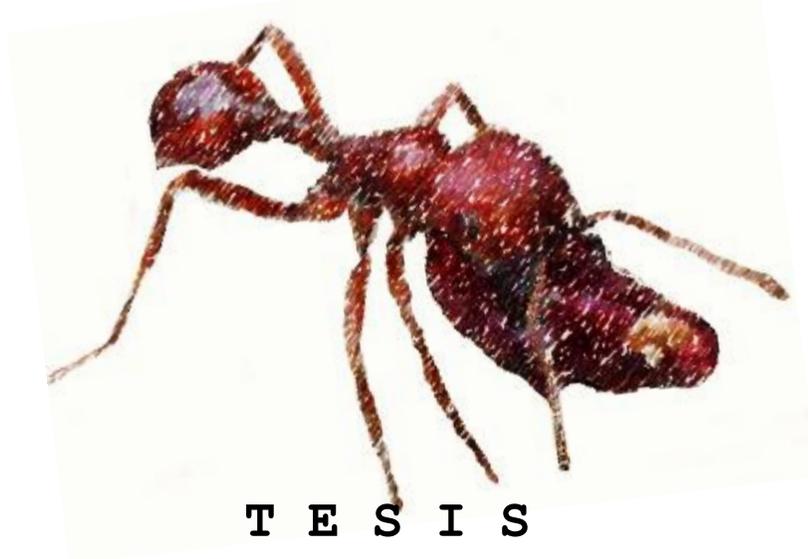
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

Unidad de Investigación en **Ecología Vegetal**

**Dinámica de la dispersión secundaria de  
semillas por *Pogonomyrmex barbatus* (Smith)  
en un sitio perturbado por incendio en el  
Parque Ecológico Cubitos, Pachuca Hidalgo**



**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**B I O L O G O**

PRESENTA

**Efraín de Jesús Carrillo-Vergara**

**Directora de tesis:** Dra. Rosalva García Sánchez

Ciudad de México, 2018





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatoria

... Y entonces el dios Quetzalcóatl convertido en hormiga trajo entre sus mandíbulas la semilla del maíz al hombre para que de aquella pequeña semilla pudiera sembrar su alimento...leyenda del maíz

- Te conozco- dijo la hormiga- Tú te reías cuando yo te dije que fueses previsor. Piensa en el presente, me decías. Pues bueno, vé y consigue tu propia comida ahora... la cigarra y la hormiga

Dedicado a mi padre por ser  
tan incansable como una  
hormiga...

A mi madre por siempre salir  
adelante pese a las  
circunstancias...

Y a las hormigas por darnos  
siempre una lección de  
vida...

## Agradecimientos

Agradezco a dios, mi familia y mis seres queridos los cuales me han apoyado siempre incluso más allá de sus posibilidades.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y mi alma mater la FES Zaragoza por permitirme ser participe de esta gran carrera llena de obstáculos pero al final del camino siempre existe el asombro de encontrarte con algo nuevo, desconocido y misterioso, que me enseñó que el ser biólogo va más allá de una licenciatura, es una aventura que dura toda vida.

A la Dra. Rosalva García Sánchez por su incondicional apoyo en todo momento, sus consejos, las pláticas de hormigas, e incluso por su gran apoyo con la beca "García" la cual formó parte importante en la elaboración de este estudio.

Al Dr, Gerardo Cruz por su apoyo y colaboración en los análisis de suelo, así como al M. en C. Eduardo Chimal por que además de su enorme apoyo en la estadística es un gran y divertido amigo de aventuras en campo.

A mis sinodales, la maestra Magda por considerar formar parte de este trabajo, sus cuestionamientos siempre me hacía pensar más allá de lo evidente, la maestra Balbina, por siempre esforzarse en formar estudiantes de calidad y mejorar cada vez más, es un gran ejemplo a seguir. Al maestro Efraín por siempre exigir más de lo que parece y con un enfoque desde una perspectiva diferente para lucir mejor nuestros trabajos. Al maestro David por su apoyo en la revisión de este trabajo y sus aportaciones que ayudaron a mejorarlo.

A mi amada, la cual no me suelta, no la suelto y no nos soltamos pese a las circunstancias, es el motor que me inspira a seguir más allá de mis propias capacidades, un claro ejemplo de que si quieres hacer algo lo puedes hacer, valiente, inspiradora y sobre todo una gran reflejo de humanidad. Te amo.

A mis compañeros de carrera los trabajadores, los del cotorreo, los borrachos, los pasados de lanza, los tranquilos, los chicos y grandes, alumnos y maestros, amistades que hice durante mi carrera que cada día hacían las cosas interesantes, divertidas, pensativas e innovadoras, los recordaré con cariño.

Agradezco también a todas las personas que pese a no conocerme del todo me dedicaron tiempo y esfuerzo para guiarme en el camino de las hormigas, hasta el momento mi pasión. Gracias Dra. Leticia Rios Casanova, Biol. Juan Manuel Vanegas, Dr. Miguel Vazquez, Dr. Milan Janda, que sigan teniendo éxito con sus estudios y me sigan inspirando a seguir en este gran gremio de los mirmecólogos.

# Contenido

## RESUMEN

### Indice de cuadros

### Indice de figuras

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	4
	Estatus de las zonas áridas y semiáridas de México	4
	Los incendios como agentes de perturbación	5
	Dispersión de semillas	6
	<i>Pogonomyrmex barbatus</i> (Smith) la hormiga dispersora de semillas en las zonas áridas y semiáridas de México	9
<b>III.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	11
<b>IV.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	12
<b>V.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	13
<b>VI.</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	13
<b>VII.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	16
	Trabajo de campo	16
	Trabajo de laboratorio	18
	Separación de semillas y detrmnación taxonómica	18
	Análisis fisicoquímicos del suelo	19
	Análisis estadísticos	20
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADOS</b>	21
	Densidad y tamaño de hormigueros	21
	Abundancia de semillas y diásporas	23
	Morfotipos de semillas y diñaporas	24
	Idenficación de familias botánicas de las semillas y diásporas	27
	Propiedades físicas del suelo de los hormigueros	37

Propiedades químicas del suelo de los hormigueros	38
Análisi de correspondencias	41
<b>IX. DISCUSIÓN</b>	45
Densiad y tamaño de hormigueros	45
Abundancia de semillas dispersadas	48
Morfortipos de semillas	51
Identificación de las semillas y diásporas dispersadas	55
Propiedades físicas y químicas del suelo de hormiguero comparado al suelo adyacente	58
Dinámica de la dispersión secundaria de semillas en condiciones post-incendio	61
<b>X. CONCLUSIONES</b>	65
<b>XI. REFERENCIAS</b>	67
<b>XII. ANEXOS</b>	76

## Índice de cuadros.

<b>Cuadro 1.</b> Semillas y diásporas por sitio y porcentaje de abundancia SQ: sitio incendiado; SC: sitio conservado	28
<b>Cuadro 2.</b> Propiedades físicas evaluadas, SQD: suelo de hormigueros del sitio quemado; SCD: suelo de hormigueros del sitio conservado; SQF: suelo fuera del hormiguero del sitio quemado; SCF: suelo fuera del hormiguero del sitio conservado. Letras diferentes con diferencias significativas ( $p < 0.05$ )	38
<b>Cuadro 3.</b> Propiedades químicas evaluadas, SQD: suelo de hormigueros del sitio quemado; SCD: suelo de hormigueros del sitio conservado; SQF: suelo fuera del hormiguero del sitio quemado; SCF: suelo fuera del hormiguero del sitio conservado. Letras diferentes con diferencias significativas ( $p < 0.05$ )	40

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Acarreo de semilla por <i>Pogonomyrmex barbatus</i> en el Parque Ecológico Cubitos	6
<b>Figura 2.</b> Modelo de diplocoria; tomado de Vander Wall y Longland, 2004	7
<b>Figura 3.</b> Ubicación del Parque Ecológico Cubitos (tomado de Hernández, 2008)	14
<b>Figura 4.</b> Vegetación del área natural de Cubitos	15
<b>Figura 5.</b> Sitios de estudio. Sitio quemado (izq.) y sitio no quemado (der)	16
<b>Figura 6.</b> Método para medir tamaño de hormiguero propuesto por Ríos-Casanova y Medina, 2013	17
<b>Figura 7.</b> Colecta de los materiales del basurero de los hormigueros	18
<b>Figura 8.</b> Número de hormigueros (izq.) y área promedio de los hormigueros (der.) en el mes de Septiembre del 2014 SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	21
<b>Figura 9.</b> Número (izq.) y tamaño (der.) de hormigueros en el mes de agosto del 2015 SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	22
<b>Figura 10.</b> Tamao de los hormigueros entre sitios en relación con el tiempo ( $p < 0.05$ )	23
<b>Figura 11.</b> Abundancia de semillas por hormiguero SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	24
<b>Figura 12.</b> Morfoespecie totales del basurero de los hormigueros SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	25
<b>Figura 13.</b> Promedio de morfoespecies de semillas y diáporas por hormiguero SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	26
<b>Figura 14.</b> Diversidad de semillas y diáporas por sitio con respecto al tiempo SQ: sitio quemado SC: sitio conservado	26
Figura 15. Morfotipos encontrados en el basurero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i> ; mft 1. Leguminosae; mft 2. Leguminosae; mft 3. Alliaceae; mft 4. Cactaceae; mft 5. Asteraceae; mft 6. NI; mft 7. Amaranthaceae; mft 8. Amaranthaceae; mft 9. Amaranthaceae	29
Figura 15. Figura 15 continuación. Morfotipos encontrados en el basurero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i> ; mft 10. Caryophyllaceae; mft 11. NI; mft 12. Cactaceae; mft 13. Convolvulaceae; mft 14. Leguminosae; mft 15. Solanaceae; mft 16. Poaceae; mft 17. Leguminosae; mft 18. Leguminosae; mft 19. Leguminosae; mft 20. Portulacaceae; mft 21. Cactaceae; mft 22. NI; mft 23. Alliaceae; mft 24. Solanaceae; mft 25. NI	30
Figura 15 continuación. Morfotipos encontrados en el basurero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i> ; mft 26. Amaranthaceae; mft 27. Malvaceae; mft 28. Euphorbiaceae; mft 29. Poaceae; mft 30. Chenopodiaceae; mft 31. Poaceae; mft 32. Euphorbiaceae; mft 33. NI; mft 34. Brassicaceae; mft 35. NI; mft 36. Poaceae; mft 37. Solanaceae; mft 38. Lamiaceae; mft 39. Solanaceae; mft 40. NI; mft 41. Solanaceae	31

Figura 15	continuación. Morfotipos encontrados en el basurero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i> ; mft 42. NI; mft 43. Euphorbiaceae; mft 44. NI; mft 45. Euphorbiaceae; mft 46. Asteraceae; mft 47. Asteraceae; mft 48. NI; mft 49. NI; mft 50. Poaceae; mft 51. Solanaceae; mft 52. Rubiaceae; mft 53. NI; mft 54. Convolvulaceae; mft 55. NI; mft 56. NI; mft 57. NI; mft 58. NI	32
Figura 15	continuación. Morfotipos encontrados en el basurero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i> ; mft 59. NI; mft 60. Asteraceae; mft 61. NI; mft 62. Asteraceae; mft 63. Poaceae; mft 64. NI; mft 65. Anacardiaceae; mft 66. NI; mft 67. NI; mft 68. NI; mft 69. NI; mft 70. Brassicaceae; mft 71. NI; mft 72. Leguminosae; mft 73. NI; mft 74. Polygonaceae; mft 75. NI; mft 76. NI; mft 77. Poaceae	33
<b>Figura 16.</b>	Riqueza ensual de semillas y diáporas por familia en el sitio quemado (arriba); clúster de similitud (Morisita) entre meses (abajo)	35
<b>Figura 17.</b>	Abundancia y riqueza mensual de semillas y diáporas por familia en el sitio quemado (arriba); clúster de similitud (morisita) entre meses (abajo)	36
<b>Figura 18.</b>	Análisis de correspondencias de riqueza y abundancia de semillas y diáporas en el sitio quemado rojo: secas, verde: lluvias, azul: agosto	42
<b>Figura 19.</b>	Análisis de correspondencias de riqueza y abundancia de semillas y diáporas en el sitio conservado rojo y azul: secas, verde: lluvias	43
<b>Figura 20.</b>	Relación entre características de hormigueros y abundancia de semillas. Hormigueros del sitio quemado (H1, H4, H7, H8, H9) y hormigueros del sitio conservado (H11, H12, H13, H14, H15)	44
<b>Figura 21.</b>	Enfrentamiento de dos hormigas de la especie <i>Pogonomyrmex barbatus</i> (observación personal)	47
<b>Figura 22.</b>	Aspecto de la cobertura vegetal herbácea del sitio incendiado	48
<b>Figura 23.</b>	Estacionalidad de la abundancia de semillas depositadas en los hormigueros de <i>P. barbatus</i>	50
<b>Figura 24.</b>	Relación de morfotipos (línea verde) y abundancia de semillas depositadas en el hormiguero (línea azul) del sitio quemado	53
<b>Figura 25.</b>	Relación de morfotipos (línea verde) y abundancia de semillas depositadas en el hormiguero (línea roja) del sitio no quemado	54
<b>Figura 26.</b>	Remoción de plántulas sobre hormiguero de <i>Pogonomyrmex barbatus</i>	62
<b>Figura 27.</b>	Modelo de diplocoria pot-incendio propuesto para <i>Pogonomyrmex barbatus</i>	64

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó el potencial de dispersión secundaria de semillas en condiciones post-incendio por la hormiga granívora *Pogonomyrmex barbatus* (Smith) al depositar las semillas que no consume sobre el basurero de sus nidos, así como el evaluar las condiciones edáficas del basurero con el fin de considerar estos micrositios, lugares propicios para la recuperación de una la cubietra vegetal semejante a la vegetación previa al incendio. El sitio de estudio fue en un área natural protegida a nivel estatal en el estado de Hidalgo, México; con vegetación característica de matorral xerófilo y a un año de sufrir un incendio sobre la cobertura vegetal natural de la reserva. Se cuantificó tamaño y densidad de hormigueros del sitio incendiado y otro sin esta perturbación. Se colectaron muestras de suelo del hormiguero y de zonas adyacentes a los mismos. Las semillas se obtuvieron por medio de tamizado. Se encontró que el sitio quemado tuvo mayor densidad de hormigueros, de mayor tamaño, la mayor cantidad de semillas comparado con los del sitio conservado. Se encontraron especies de 18 familias botánicas. Las leguminosas fueron las más abundantes en ambos sitios. Lamiaceae, Polygonaceae, Portulacaceae y Rubiaceae estuvieron presentes únicamente en el sitio quemado y Anacardiaceae en el sitio conservado. Hubo diferencias significativas en las condiciones edáficas del basurero del hormiguero y el suelo adyacente, principalmente en pH, densidad y contenido de fósforo, en ambos sitios. *P. barbatus* mostró persistencia en los sitios perturbados por incendio, manteniendo su capacidad de colectar, consumir y dispersar semillas de las diferentes especies vegetales, las que juegan un papel fundamental para reiniciar el desarrollo de la comunidad vegetal a mediano o largo plazo.

**Palabras clave:** Dispersión secundaria, *Pogonomyrmex barbatus*, matorral xerófilo, post-incendio.

## I. INTRODUCCIÓN

En México las zonas áridas y semiáridas conforman cerca del 60% del territorio nacional (Hernández, 2008; Mieles, 2010). El acelerado incremento de la población humana ha impactado estos ecosistemas, debido a la alta demanda de vivienda y alimento, por ello es común observar sobrepastoreo de ganado, excesiva deforestación, incendios y expansión de ciudades, las cuales no sólo afectan la capacidad de estos paisajes para producir servicios ambientales, sino también contribuyen a la invasión de especies exóticas y la pérdida de biodiversidad (Mieles, 2010).

La creación de áreas protegidas en las zonas urbanas contribuyen a la conservación del hábitat natural para las especies de flora y fauna silvestres de la región (Hernández, 2008), un claro ejemplo lo es el Parque Ecológico Cubitos, que es un área Área Natural Protegida (ANP) a nivel estatal que conserva parte de la vegetación natural, además de implementar programas de educación ambiental a sus visitantes, informando sobre la importancia del ecosistema y su conservación (Velázquez, 2010). Cubitos a pesar de ser un área protegida, no está exento de perturbaciones humanas, como la fragmentación del ecosistema debido a la construcción de pistas para corredores y caminos, así como oficinas de gobierno, la contaminación del suelo por basura y recientemente un incendio en la zona de vegetación natural.

El incendio como agente de perturbación en los ecosistemas, impacta profundamente en el cambio de la cobertura vegetal, modifica la composición de especies en función de la intensidad del disturbio e impacta en la resistencia o las estrategias de las especies ante el fuego, además de que abre nichos para el establecimiento de especies



nativas del ecosistema o exóticas (Sánchez, 2007). En ocasiones, el fuego es provocado por acción humana para preparar terrenos agrícolas.

La dispersión de semillas es un proceso relacionado con la composición, la distribución y la abundancia de las especies vegetales, así como su variación espacio-temporal, y que suele verse afectado por los incendios, alterando la recolonización y la recuperación de los hábitats disturbados (Quintana-Asencio, 1985; Flores, 2000). Existen dos tipos de dispersión vegetal, la dispersión primaria, dada por mecanismos autónomos de la planta o agentes externos como el viento, el agua, la gravedad y los animales; y la dispersión secundaria, efectuada por las hormigas y los roedores que son los principales agentes dispersores (Reyes, 2000; Dalling, 2002). Las hormigas como dispersoras de semillas se alimentan de ellas y dejan algunas abandonadas en sitios propicios para su germinación y posterior establecimiento (Flores, 2000).

*Pogonomyrmex barbatus* es una especie de hormiga granívora que es poco afectada por los incendios (Pirk et al., 2004), y constituye uno de los principales grupos de dispersores de semillas en zonas áridas y semiáridas (Quintana-Asencio y González-Espinosa, 1990). El nido bajo el suelo les ofrece protección y la vuelve un organismo resistente ante los agentes de perturbación. Es una especie abundante y de amplia distribución (Guzmán, 2004; Ríos-Casanova y Medina, 2013). Estas hormigas tienen la capacidad de recolectar hasta 25 Kg de semillas en pocas horas (Cano-Salgado et al., 2012), y varias de estas semillas logran sobrevivir (Flores, 2000; Dalling, 2002), por lo que las hormigas influyen así en la sucesión vegetal, además, el suelo de los hormigueros presenta mejores condiciones de fertilidad en comparación con



los suelos fuera del mismo, facilitando el establecimiento de las plántulas (Flores, 2000; Rojas, 2003; Guzmán, 2004; Escobar *et al.*, 2007). Se ha sugerido que las hormigas escogen las semillas de acuerdo con su tamaño, morfología, composición química y la disponibilidad en el ambiente (Ríos-Casanova y Medina, 2013). Actualmente, el conocimiento sobre semillas que estos insectos acarrearán hasta sus nidos es escaso en México, pudiéndose citar los trabajos de Quintana-Asencio y González-Espinoza, 1990; Guzmán, 2004; Ríos-Casanova y Medina, 2013.

Las reservas o parques ecológicos son lugares idóneos para realizar estudios de dispersión ya que las actividades humanas al estar reguladas, es posible comprender los procesos ecológicos que definen la funcionalidad de los ecosistemas. En el Parque Ecológico Cubitos tras ocurrir un disturbio por incendio en el año 2013 que alteró la vegetación natural correspondiente a un matorral xerófilo. Este evento, permitió observar la dinámica de la dispersión por hormigas posterior al incendio, de modo que en este trabajo se evaluó la remoción de semillas y la dieta de *Pogonomyrmex barbatus* a través de la recolección de semillas de la pila de desechos ubicados en la entrada de los hormigueros.



## **Antecedentes**

### **Estatus de las zonas áridas y semiáridas en México**

Las zonas áridas y semiáridas de México, además de abarcar cerca de 60% del territorio nacional, son ricas en biodiversidad y endemismos (Mieles, 2010; Vázquez, 2010; Sánchez, 2012), y aunque la creciente demanda de recursos para el bienestar humano ha provocado la alteración de estos ecosistemas (Velázquez, 2010), resulta indispensable contar con áreas, en donde se pueda lograr la protección de especies, y que además, éstos espacios sean sustentables y viables para su conservación y desarrollo a mediano y largo plazo, donde también, se puedan realizar estudios detallados sobre la ecología del ecosistema a nivel local y se logre entender los procesos que se lleven a cabo a fin de valorar y manejar adecuadamente los recursos naturales (Hernández, 2008; Velázquez, 2010; Cruz, 2013).

Entre las principales causas que han originado la pérdida de los ecosistemas áridos y semiáridos en México, está el crecimiento de la población humana, que demanda un aumento de infraestructura urbana, incremento en áreas de cultivo y ganadería y mayor explotación de los recursos naturales, que puede ocasionar la fragmentación del paisaje, así como provocar un desbalance de la dinámica del ecosistema (Flores, 2000; Mieles, 2010; Velázquez, 2010; Jacomé, 2013) además provoca la erosión del suelo y los incendios naturales o provocados son uno principales factores de deterioro de estos ecosistemas (Jacomé, 2013).



## **Los incendios como agentes de perturbación**

El fuego ha sido un factor de perturbación presente en muchos ecosistemas, se considera un proceso natural que estructura la dinámica de las comunidades de plantas, muchas de las cuales han desarrollado adaptaciones para la supervivencia y regeneración post-incendio (Manson y Jardel, 2009; Jones, 2012), sin embargo, la recurrencia del fuego incrementada por el hombre podría tener efectos negativos sobre la resiliencia de las comunidades vegetales al sobrepasar la capacidad de recuperación de algunas especies (Jones, 2012). Debido a los espacios que los incendios provocan pueden favorecer el establecimiento de plántulas e incrementar el número de especies vegetales (Zuloaga, 2010; Martínez, 2012). Sánchez (2007) indicó que después de un incendio, las plantas que aparecen son resultado de la propagación vegetativa.

Se conocen tres tipos de incendios en función de la naturaleza de los combustibles y la severidad, los incendios superficiales son los más frecuentes y se propagan horizontalmente sobre la superficie de un terreno arrasando el manto, el estrato herbáceo y arbustivo, los incendios subterráneos que son poco frecuentes, se inician como incendios superficiales pero se propagan bajo el suelo, consumiendo raíces y materia orgánica acumulada y por último los incendios más destructivos son los de copa, donde el fuego consume la totalidad de la vegetación y son los más difíciles de controlar; inicia como incendio superficial y el fuego se propaga de forma vertical hasta consumir las copas del estrato arbóreo (Sánchez, 2007; CONAFOR, 2010).

En función del tipo e intensidad del incendio se afecta el banco de semillas del suelo, en los matorrales xerófilos, las hormigas granívoras y los roedores como los principales



agentes de dispersión secundaria (Jones, 2012) y de las reservas o almacenamiento de semillas contenidas en sus madigueras, depende en gran parte los eventos de establecimiento de una nueva cubierta vegetal. De manera que el entender la dinámica de las interacciones biológicas, su estructura y funcionamiento pos-incendio, puede contribuir a promover una restauración ecológica más rápida.

### **Dispersión de semillas**

La dispersión de semillas es un aspecto funcional de la comunidad, aporta elementos esenciales para entender la composición y los patrones de distribución y abundancia de las especies vegetales, así como su variación espacio-temporal, y que se ve afectado por los incendios, alterando la recolonización y la recuperación de los hábitats disturbados (Flores, 2000).

Botánicamente una semilla es la unidad de dispersión vegetal que consta de un óvulo fecundado que contiene generalmente un embrión, nutrientes almacenados y una cubierta seminal (González *et al.*, 2010). Son las estructuras



**Figura 1.** Acarreo de semilla por *Pogonomyrmex barbatus* en el Parque Ecológico Cubitos

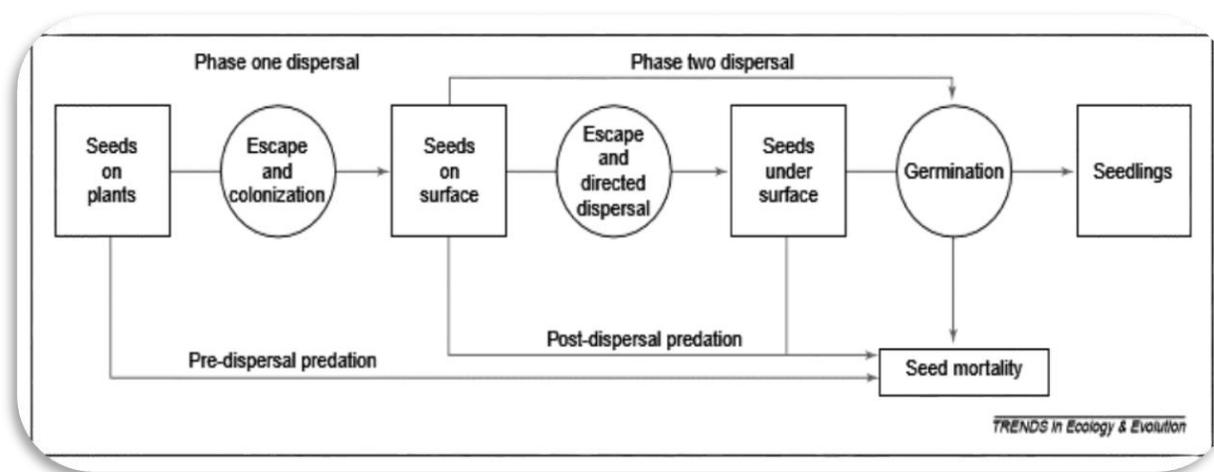
reproductivas de las plantas y al estudiar la dispersión de las especies vegetales tanto semillas como furtos pueden ser considerados la unidad de dispersión y por ello se les nombra indistintamente como diásporas o propágulos (Castillo *et al.*, 2002).

La depredación de semillas se encuentra estrechamente



relacionada con la dispersión de las mismas. Durante el acarreo de semillas hacia los nidos de las hormigas, algunas son olvidadas o dejadas, o no son consumidas y germinan posteriormente, este proceso es conocido como dispersión accidental o diszoocoria (figura 1) (Trucco y Caziani, 2008; Aranda, 2011; Barroso, 2012).

Vander Wall y Longland (2004) propusieron un modelo sobre la importancia de la dispersión secundaria de semillas en los ecosistemas, la "diplocoria" sugiere que posterior a una dispersión primaria de semillas y diasporas (fase 1), ya sea por autocoria, u otros factores abióticos (viento o agua), las semillas se encuentran en gran cantidad en el suelo y presentan sustancias (lípidos y carbohidratos) que puedan atraer a dispersores bióticos, y supervivan a una segunda fase, es decir, que el dispersor-depredador acarree las semillas a algún "sitio seguro", donde las semillas sean capaces de germinar y desarrollarse (figura 2)



**Figura 2.** Modelo de diplocoria, tomado de Vander Wall y Longland (2004).

El modelo de "diplocoria" establece también la relación estrecha entre un organismo depredador-dispersor, es decir, que los organismos granívoros son también aquellos quienes



dispersan semillas y son de vital importancia para la dispersión secundaria. Roedores, aves y hormigas constituyen el principal grupo de granívoros en los ecosistemas áridos, el consumo de semillas por parte de estos organismos ejerce una importante influencia sobre la abundancia de semillas y con ello en la distribución y abundancia de la vegetación, sin embargo, las hormigas son uno de los principales agentes de dispersión secundaria no migratorio en estos ecosistemas (Quintana-Ascencio y González-Espinosa, 1990; Reyes, 2000; Pirk, 2002).

La dispersión de semillas por hormigas es nombrada como mirmecocoria, cuya característica principal es la de utilizar a las hormigas como transportadoras de diásporas sin que el embrión resulte afectado, para ello las semillas presentan una serie de características adaptativas que atraen a las hormigas, como la presencia de elaiosomas, estructuras ricas en lípidos que consumen las hormigas (Escala y Xena, 1991; Martínez-Orea *et al.*, 2009; Aranda, 2011; Aranda-Rickert y Fracchia, 2012).

La semilla es una estructura que contiene carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales, lo que provee de alimento necesario para la vida de sus depredadores (Flores, 2000; Dalling, 2002). Las hormigas pueden dispersar diásporas con un amplio rango de características, incluyendo semillas ya dispersadas por aves y mamíferos, aunque el tamaño reducido y la presencia de arilo puede favorecer la dispersión por este grupo (Pirk, 2002).

Las hormigas granívoras consumen gran parte de las semillas recolectadas. Sin embargo, debido su "voracidad recolectora", esto es, que recolectan más semillas de las que pueden comer, disminuye el estatus de las hormigas como



depredadoras, y aumenta su papel como dispersoras (Vargas-Mendoza y González-Espiosa, 1992; Rojas, 2003; Guzmán, 2004; Escobar *et al.*, 2007; Aranda, 2011, Barroso, 2012).

Una alta densidad de hormigueros de gran tamaño en un mismo sitio causa una alta remoción de semillas de distintas especies; ésta dispersión selectiva puede causar cambios en la estructura de la comunidad vegetal ejerciendo un impacto en la productividad primaria de los desiertos (Pirk, 2002; Rojas-Fernández, 2003; Guzmán, 2004; Escobar *et al.*, 2007; Ríos-Casanova y Medina, 2013). Se ha estimado que las hormigas localizan el 90% de las semillas del suelo, y remueven entre el 40-50% de las mismas (Flores, 2000).

Entre los principales géneros de hormigas granívoras que se distribuyen en zonas semiáridas se encuentra *Pogonomyrmex*, *Pheidole*, *Veromesor* y algunos otros de la subfamilia Myrmicinae, la mayoría de las especies de hormigas granívoras conocidas, pertenecen al género *Pogonomyrmex*, que incluye unas 68 especies exclusivamente del continente Americano (Pirk, 2002; Johnson y Cover, 2015).

### ***Pogonomyrmex barbatus* la hormiga dispersora de semillas en las zonas áridas y semiáridas de México**

Las hormigas del género *Pogonomyrmex* son nativas del continente Americano, habitan en varios ecosistemas terrestres. Existen aproximadamente 28 especies distribuidas en México y Estados Unidos de América (Mackay *et al.*, 1985; Hernández, 2012). Se ha registrado que *Pogonomyrmex barbatus* puede alcanzar densidades de hasta 180,000 hormigas en una hectárea. Una característica de la especie es que puede cambiar su modo de forrajeo de individual a grupal según sea la abundancia de semillas, a fin de obtener una cosecha



máxima durante cortos periodos de recolección (Quintana-Ascencio y González-Espinosa, 1990; Guzmán, 2004; Hernández, 2012).

Las hormigas granívoras, en especial del género *Pogonomyrmex*, escogen las semillas de acuerdo con su tamaño, composición química y disponibilidad en el ambiente. Para la recolección y manipulación de semillas poseen una cabeza grande provista con mandíbulas fuertes (Hernández, 2012; Ríos-Casanova y Medina, 2013). Son organismos típicos de zonas áridas y semiáridas, numerosas y restringidas a forrajear en el suelo, lo que facilita su observación, sus nidos están desprovistos de vegetación y son de fácil avistamiento (Mackay *et al.*, 1985; Guzmán, 2004).

Los hormigueros brindan condiciones constantes de temperatura y humedad además de protección contra factores bióticos y abióticos, así también, este espacio se considera como un micrositio (o sitio seguro) que puede promover la germinación y desarrollo de las semillas, lo que puede tener un significado clave en la regeneración de la vegetación y en la permanencia de las especies vegetales en las comunidades a largo plazo (Escobar *et al.*, 2007; Cano-Salgado *et al.*, 2012)

El suelo de los hormigueros tiene mejores condiciones de fertilidad en comparación con suelos aledaños, en particular tienen un mejor drenaje, buena aireación, pH cercano al neutro, mayor contenido de materia orgánica, fósforo (P), nitrógeno (N) y mayor cantidad de algunos grupos de microorganismos edáficos lo que podría facilitar el establecimiento de las plántulas generadas a partir de las semillas que son depositadas en el disco de desecho de los hormigueros (Wagner *et al.*, 1997; MacMahon *et al.*, 2000;



Rojas, 2003; González-Polo et al., 2004, Wagner y Jones, 2006).

Una de las alternativas que se han utilizado en los últimos años para entender el impacto de las perturbaciones en un ecosistema son los indicadores biológicos, que suelen ser grupos de organismos bien representados en un sitio, tal como lo son las hormigas en los ecosistemas áridos, las cuales pueden ser de gran ayuda para valorar el impacto de la perturbación en un área y brindar información sobre los efectos de la degradación y posterior recuperación del hábitat (García-Villar y Ríos-Casanova, 2015), por ello se propone evaluar la riqueza y abundancia de semillas que *Pogonomyrmex barbatus* pudiera dispersar post-incendio en el Parque Ecológico Cubitos.

## II. JUSTIFICACIÓN

Existen pocos registros en México sobre las semillas que *Pogonomyrmex barbatus* deposita sobre el basurero de sus nidos, además de que no se conoce si los incendios como agentes de disturbio en una comunidad vegetal, afectan la riqueza y abundancia de semillas que estas hormigas abandonan en dicho basurero.

El Parque Ecológico Cubitos a pesar de ser una ANP a nivel estatal y estar rodeada por asentamientos urbanos, sufrió un incendio en el año 2013 en el área de vegetación natural; sin embargo se desconoce el papel que está jugando *P. barbatus* en la dispersión secundaria de semillas post-incendio, donde además es capaz de modificar las propiedades físicas y químicas del suelo del hormiguero en que se deposita las semillas no consumidas.



En este contexto el trabajo planteó conocer si posterior a un incendio, la riqueza y abundancia de semillas que *P. barbatus* deja sobre el basurero del nido cambia en comparación a los nidos que no han sufrido incendios, y con ello los nidos que se encuentren en sitios quemados pudieran participar en la recuperación de la cubierta vegetal al dispersar las semillas sobre el basurero del hormiguero, un sitio que se podría considerar favorable para el establecimiento de las mismas y así aportar información al conocimiento sobre el papel de estas hormigas en los procesos naturales de regeneración vegetal.

### **III. HIPÓTESIS**

Si *Pogonomyrmex barbatus* se ve atraído a los sitios perturbados debido a una gran cantidad de recursos y espacios para anidar, se espera encontrar mayor densidad y tamaño de nidos de *Pogonomyrmex barbatus* así como mayor abundancia y riqueza de semillas y diásporas depositadas en el basurero de sus nidos en el sitio perturbado por incendio que en el sitio no perturbado.

Además de que si las hormigas alteran las propiedades físicas y químicas del suelo donde establecen sus nidos, se espera que las propiedades del suelo de los hormigueros estén más enriquecidos comparados al suelo adyacente.



#### IV. OBJETIVOS

##### Objetivo general

Evaluar si los incendios modifican la riqueza y abundancia de semillas y diásporas que *Pogonomyrmex barbatus* deposita sobre el basurero de su nido.

##### Objetivos específicos

- Conocer la densidad y tamaño de los nidos de *Pogonomyrmex barbatus* de un sitio quemado y un sitio conservado.
- Evaluar la abundancia y riqueza de las semillas encontradas en los basureros de los hormigueros de cada sitio (quemado y conservado) durante un año.
- Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos de los hormigueros y el suelo adyacente en ambos sitios.

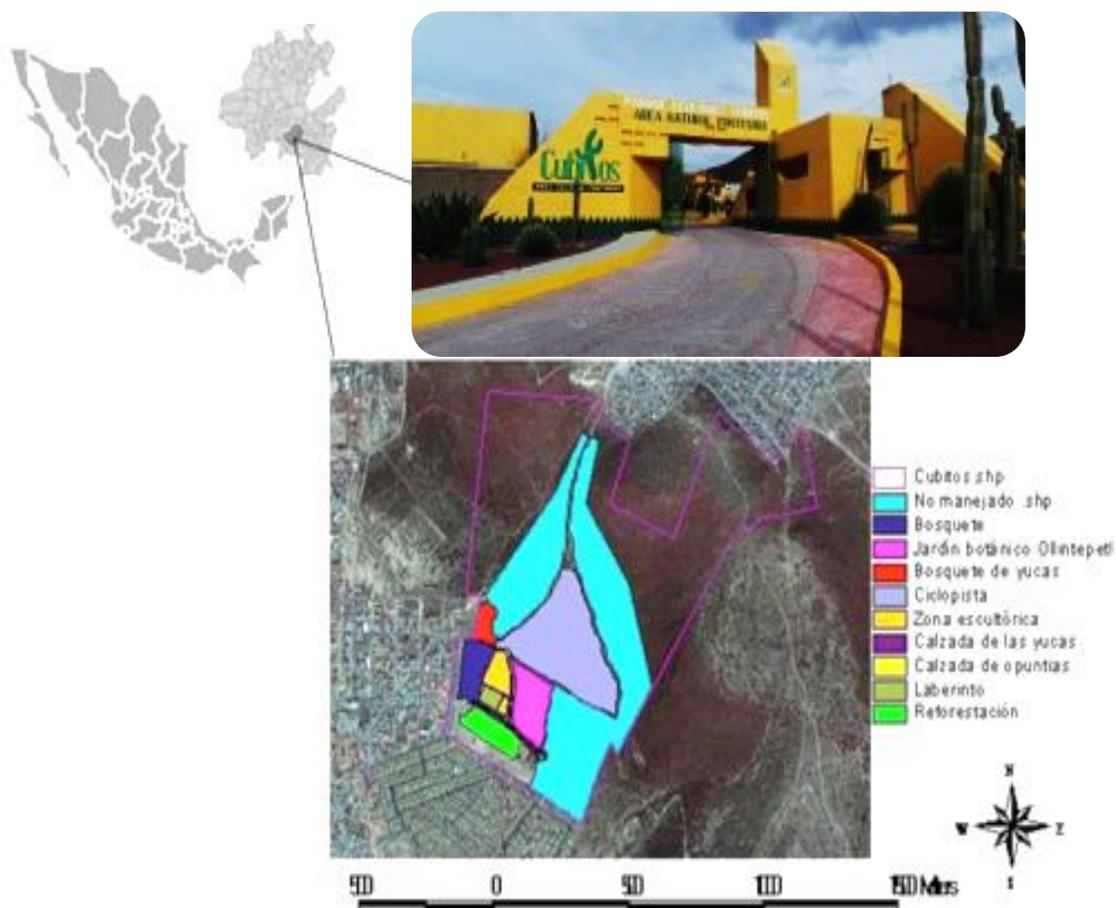
#### V. Zona de estudio

Decretado como parque estatal en 2002, el Parque Ecológico Cubitos es un área natural protegida que abarca cerca de 132 ha, localizado al sur del estado de Hidalgo entre los 20°06'33'' y 20°07'39'' longitud Norte y 98°45'60'' y 98°44'60'' latitud Oeste, abarcando los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma. Se ubica entre los 2265 y 2420 m de altitud, además de estar rodeado por la zona urbana de la ciudad de Pachuca (Cruz, 2010; Velázquez, 2010). Pertenece al sector del parteaguas de la Región Sur de la Sierra de Pachuca y los lomeríos que lo conforman están dentro de la provincia ecológica de los Lagos y Volcanes de Anáhuac (Velázquez, 2010).

El Parque se encuentra dividido en una zona de recuperación, otra de uso restringido y una más de uso



intensivo, las dos primeras forman parte de la vegetación natural del sitio, y en la última zona se han construido obras como la "Casa Ecológica", "Museo Natural", "Tuzario", y oficinas del Centro de Información y Documentación del Medio Ambiente, además de un pequeño Jardín Botánico, un bosque de pinos, un laberinto de especies introducida de arbustos y viveros (figura 3) (CIDMA) (Hernández, 2008; Velázquez, 2010; Jacomé, 2013).



**Figura 3.** Ubicación del Parque Ecológico Cubitos (Tomado de Hernández, 2008)



Presenta un clima semiseco (BS1) templado con verano cálido según la clasificación de Köppen, el registro mínimo extremo de temperatura es de 1°C, el promedio es de 16°C, y las máximas de hasta 28°C en el mes de abril. Los meses más lluviosos son junio y septiembre con 100 mm; en tanto diciembre registra los valores mínimos de precipitación de 6 mm; además de registrarse heladas durante los meses de diciembre, enero y febrero.

La vegetación corresponde a un matorral xerófilo con especies de los géneros *Mimosa*, *Yucca*, *Agave*, *Opuntia* y *Cylindropuntia* (Hernández, 2008; Hernández, 2009; Cruz, 2010) (figura 4).



**Figura 4.** Vegetación del área natural de Cubitos



## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### Trabajo de campo

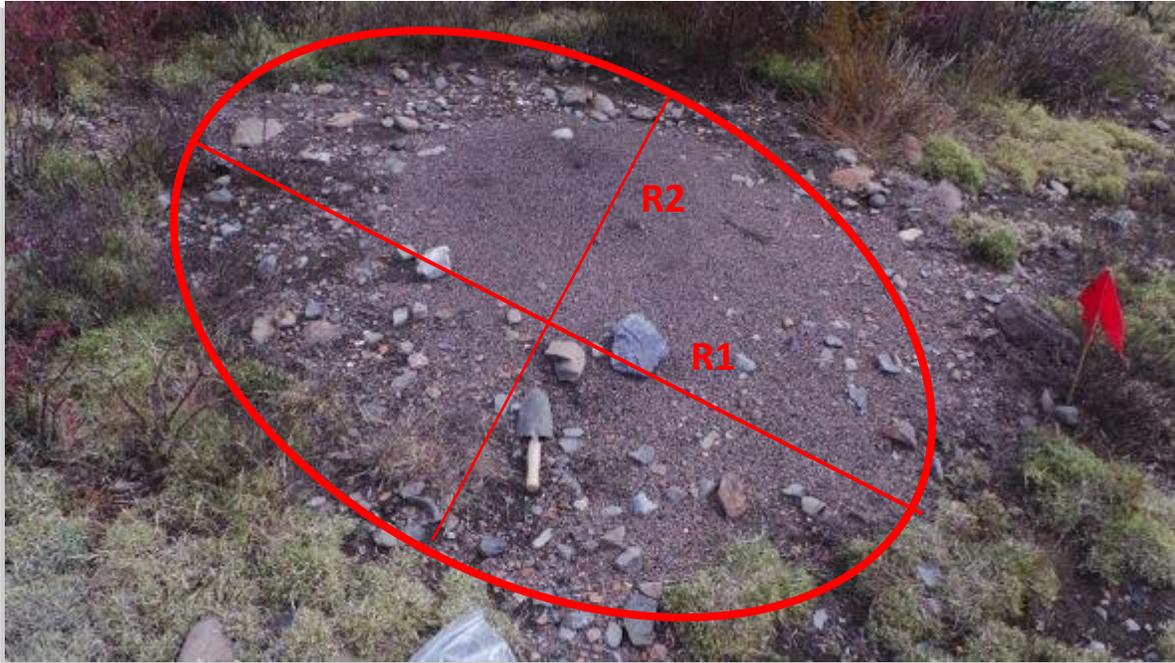
En la zona natural del parque, se trazaron dos parcelas de 50x50 m, una de ellas ubicada dentro del área perturbada por el incendio y otra en un sitio aledaño sin este tipo de perturbación (figura 5).



**Figura 5.** Zonas de estudio. Sitio quemado (izq.) y sitio no quemado (der.)

En cada parcela se trazaron cinco transectos paralelos entre sí de 10x50m con el fin de cuantificar el número inicial de hormigueros de *Pogonomyrmex barbatus*. Se midió el largo y el ancho de cada hormiguero y al final del ciclo anual se repitió el censo (figura 6). De los hormigueros censados se eligieron y marcaron cinco semejantes en tamaño en cada sitio y separados entre si por al menos 10 m. Cada marca indicó el número de hormiguero para su posterior seguimiento durante el estudio.

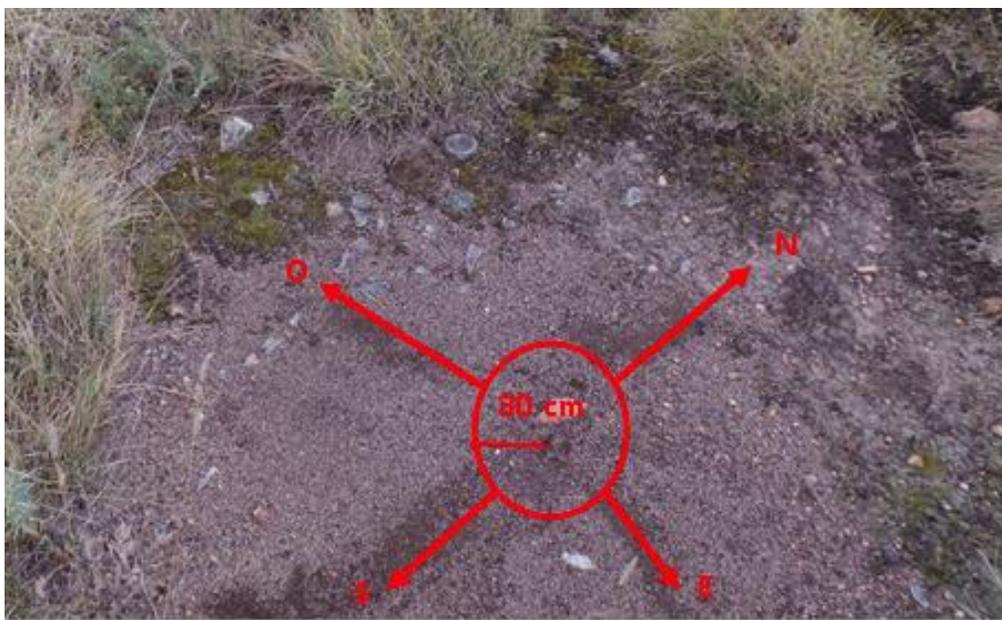




**Figura 6.** Método para medir el tamaño de hormiguero propuesto por Ríos-Casanova y Medina, 2013.

En los hormigueros seleccionados desde el mes de septiembre del 2014 a agosto del 2015, cada mes se colectó una muestra compuesta de los materiales de su basurero, se tomó como referencia los cuatro puntos cardinales y a partir de 30cm posteriores a la entrada del nido, se hizo un arrastre de las partículas de desecho del hormiguero con una pala de jardinero, del centro hacia afuera del nido como lo propone Ríos-Casanova y Medina (2013) (figura 7), cada muestra fue de aproximadamente 150g, y se colocó en una bolsa plástica previamente etiquetada para su traslado al laboratorio.





**Figura 7.** Colecta de los materiales del basurero de los hormigueros

En el mes de diciembre, se colectó una muestra compuesta de suelo en cada hormiguero y otra muestra del suelo adyacente a un metro de distancia del mismo, con la finalidad de comparar las propiedades físico-químicas presentes en los hormigueros.

### **Trabajo de laboratorio**

#### **Separación de semillas y determinación taxonómica**

A partir de una muestra de suelo de hormiguero de 100g, se pasó por una serie de tamices de los números 10, 18, 22 y 44 micras en seco. Los residuos de cada tamiz se observaron en un microscopio estereoscópico. Las semillas se separaron manualmente y se les asignó un número consecutivo a cada morfotipo así como su abundancia. Las semillas encontradas fueron guardadas en viales, previamente etiquetados y se reservaron para su posterior determinación taxonómica. Con los resultados obtenidos de la riqueza y abundancia de cada morfotipo de semilla y diáspora dispersada, se calculó la



diversidad  $\alpha$  mensual con el índice Shanon-Winner de cada sitio.

La determinación taxonómica de las semillas se realizó mediante comparaciones morfológicas con una colección de semillas de referencia de la zona de estudio, facilitada por la Dra. Ma Socorro Orozco Almanza y otra colección de semillas del Valle de Mezquital facilitada por la M. en C. Balbina Vázquez Benítez. Asimismo se consultaron estudios florísticos que contenían descripciones e ilustraciones de semillas como los libros de Espinosa y Sarukhán, (1997); Castillo *et al.*, (2002), Durán (2009); Cruz (2010); Pérez y Rodríguez (2010); Garza *et al.*, (s/año); y la versión electrónica de la colección anexa de frutos y semillas del Herbario Nacional de México (MEXU) 2004.

### **Análisis fisicoquímicos del suelo**

A las muestras de suelo obtenidas dentro y fuera del hormiguero se les determinó el pH proporción 2:1 suelo-agua, la densidad real por el método del picnómetro y la densidad aparente por el método de la probeta según lo propuesto por Guerra y Cruz (2014). Las pruebas químicas efectuadas consistieron en determinar el contenido de materia orgánica por el método de combustión de vía húmeda Walkley y Black, (1934), contenido de fósforo por el método colorimétrico de Olsen, (1954), y nitrógeno por el método microKjeldhal técnicas tomadas de Guerra y Cruz (2014).



## **Análisis estadísticos**

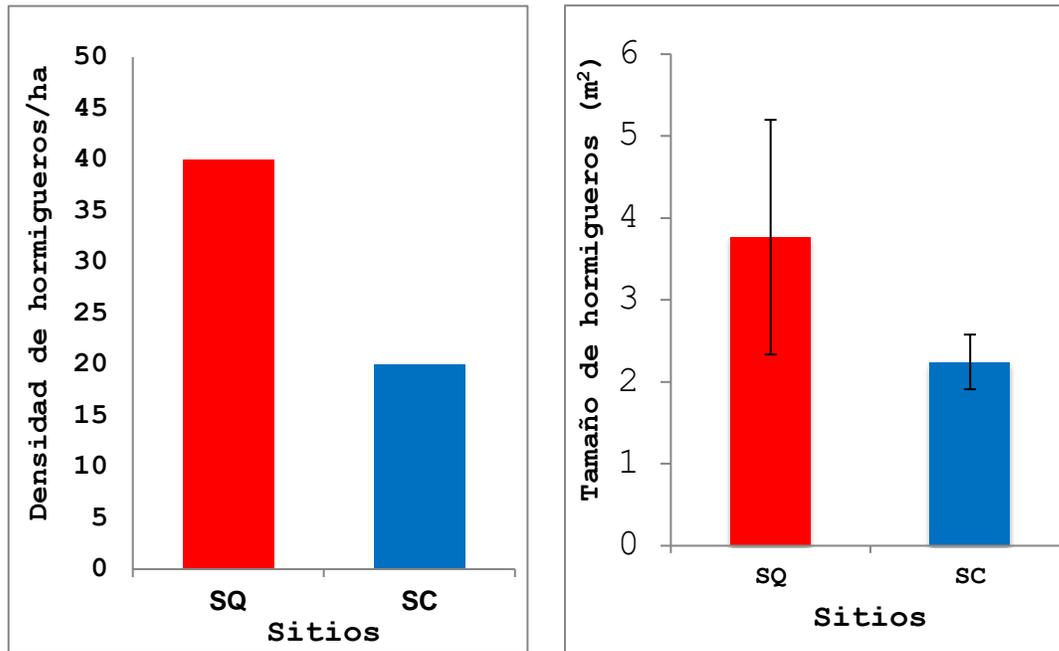
Se hicieron pruebas de normalidad de los datos obtenidos, y al no ser normales se les aplicó un Kruskal-Wallis para las variables como densidad y tamaño de hormiguero, la riqueza y abundancia y diversidad de semillas, y las propiedades físicas y químicas del suelo, para ello se utilizó el programa InfoStat versión 2008; el programa NCSS versión 2007 y el programa PAST3. Se realizó análisis clúster de similitud con el índice Morisita para grupos pareados, utilizando el programa PAST3, donde se consideró el tiempo y su relación con la abundancia de semillas encontradas en el basurero de los hormigueros. Se efectuó un análisis multivariado de correspondencias entre la ocurrencia y abundancia mensual de las familias botánicas en cada sitio, así como otro análisis de correspondencias que relacionó a los hormigueros con las variables evaluadas utilizando el programa R i386 3.4.0.



## VIII. Resultados

### Densidad y tamaño de hormigueros

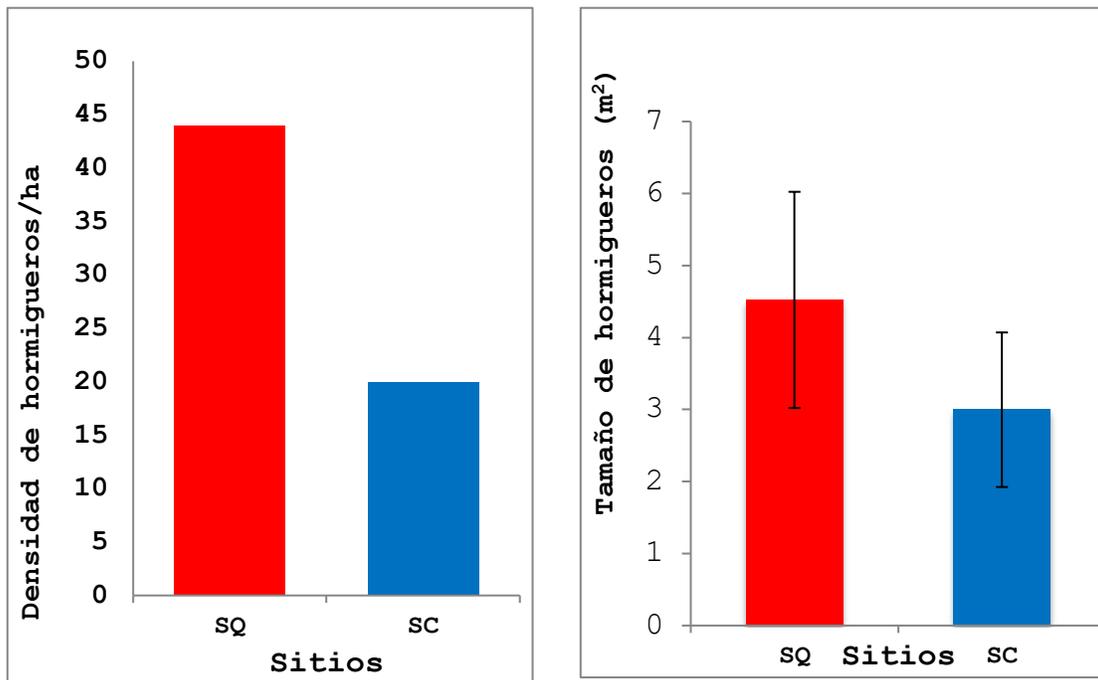
La densidad de nidos de *Pogonomyrmex barbatus* (hormigueros) en el mes de Septiembre de 2014 en el sitio perturbado por el incendio fue de 40 hormigueros\*ha<sup>-1</sup> con un tamaño promedio de 3.5m<sup>2</sup>; comparado con el sitio no quemado donde se encontró una densidad de 20 hormigueros\*ha<sup>-1</sup> y con un tamaño promedio de 2.2 m<sup>2</sup> (figura 8). En el sitio quemado se encontró el doble en la densidad y en el tamaño de los hormigueros.



**Figura 8.** Número de hormigueros (izq.) y área promedio de los hormigueros (der.) en el mes de septiembre del 2014 SQ: Sitio quemado SC: Sitio conservado



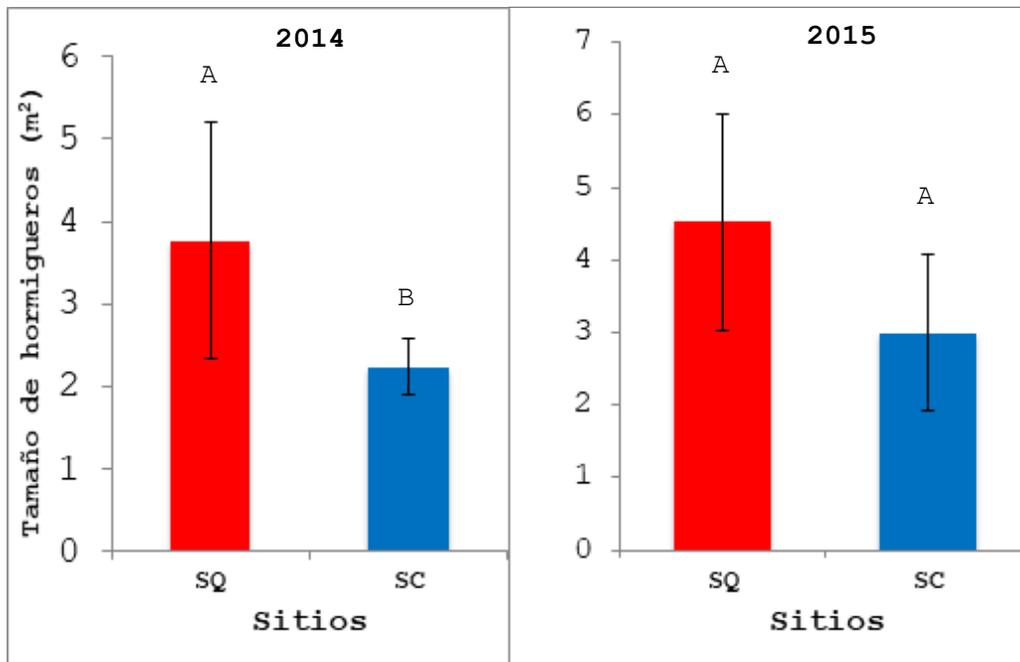
Posteriormente en el mes de agosto del 2015, la densidad de nidos en el sitio quemado aumentó a 44 hormigueros\*ha<sup>-1</sup>; con un tamaño de hormiguero de 4 m<sup>2</sup>; en el sitio conservado no hubo cambio en la densidad de hormigueros, 20 hormigueros\*ha<sup>-1</sup>, y el tamaño fue de 2.9 m<sup>2</sup> (figura 9).



**Figura 9.** Número (izq.) y tamaño (der.) de hormigueros en el mes de agosto del 2015. SQ: sitio quemado; SC: sitio conservado

La densidad y tamaño de los hormigueros del sitio quemado se incrementaron un 10% y 20% respectivamente en comparación con el año anterior sin diferencias significativas, los hormigueros del sitio conservado, aunque registraron un incremento en el tamaño de más del 30% tampoco hubo diferencias con el año anterior. Sólo en 2014 el tamaño de los hormigueros del sitio quemado y el sitio conservado presentaron diferencias significativas (figura 10).





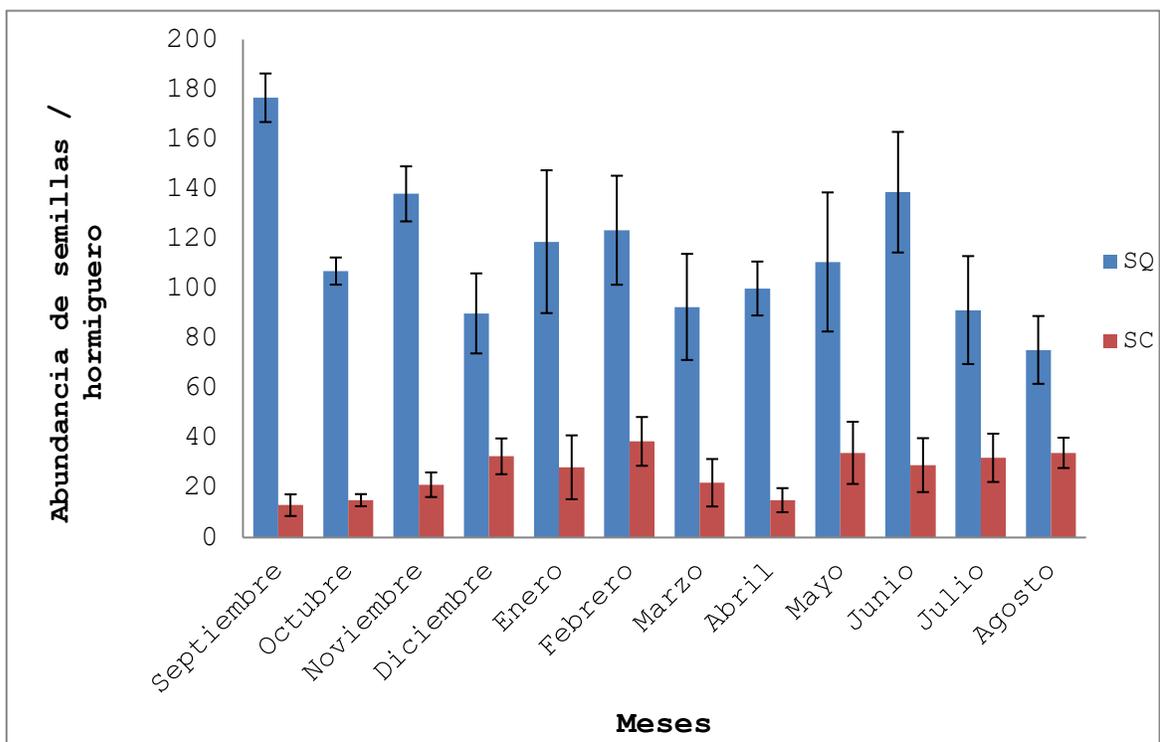
**Figura 10.** Tamaño de los hormigueros entre sitios en relación con el tiempo ( $p < 0.05$ ).

### Abundancia de semillas y diásporas

En el basurero de los hormigueros del sitio quemado, se encontró un total de 6,814 semillas, el promedio mensual para cada hormiguero fue mínimo de 75 y máximo de 120 semillas. Los meses con menor abundancia de semillas fueron diciembre, marzo, junio y agosto (figura 11)

En el sitio conservado la cantidad de semillas fue 4 veces menor que en el sitio quemado. En este sitio se extrajo un total de 1,591 semillas, con un promedio mínimo de 13 y máximo de 40 semillas por hormiguero. Los meses con mayor abundancia de semillas fueron diciembre, febrero, mayo, julio y agosto (figura 11).





**Figura 11.** Abundancia de semillas por hormiguero SQ: sitio quemado; SC: sitio conservado

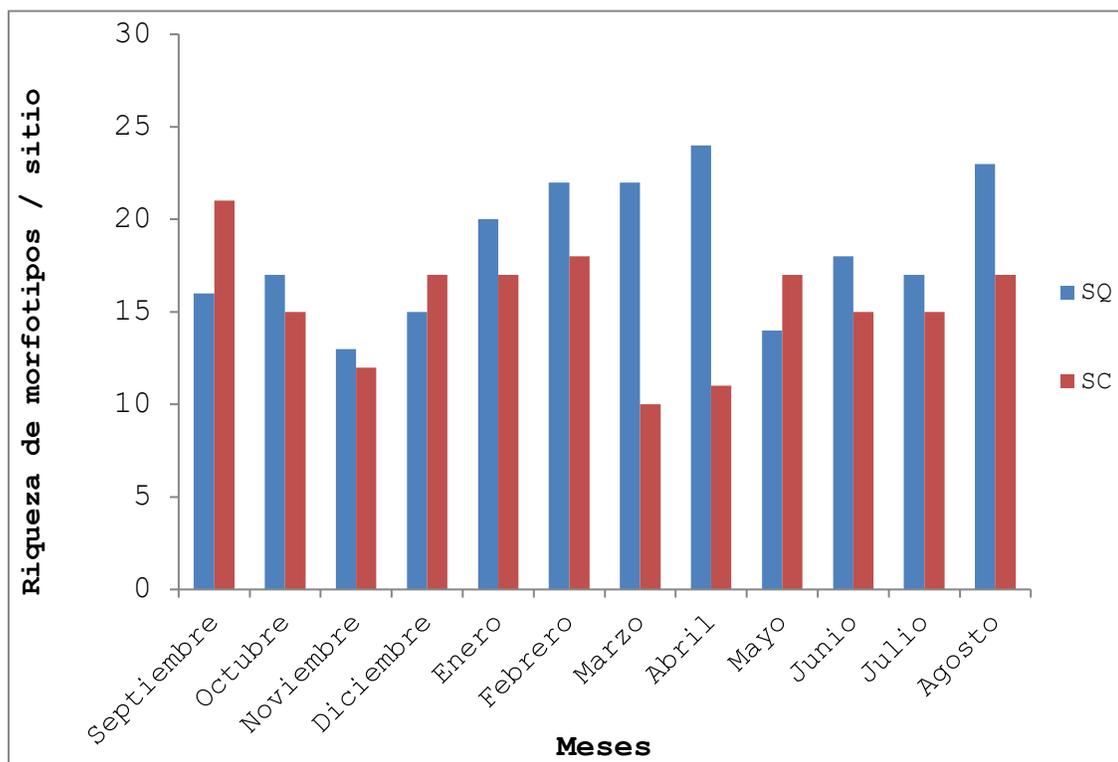
### Morfotipos de semillas y diásporas

Se encontraron 77 morfotipos de semillas y diásporas en ambos sitios. Los morfotipos por sitio a lo largo del tiempo, varió entre 13 y 23 diásporas diferentes en el sitio quemado mientras que en el sitio conservado fue de 12 hasta 21 morfotipos.

Los meses con mayor cantidad de morfotipos (20) en los hormigueros del sitio quemado fue de enero a abril (2014) y el mes de agosto del año 2015; los meses del sitio conservado con más morfotipos fueron septiembre del 2014 y febrero del 2015 (figura 12)



En los meses de septiembre y diciembre del 2014, y mayo del 2015, la zona conservada superó el número de morfotipos encontrados en los hormigueros a los del sitio quemado; en el resto de los meses, el sitio quemado mantuvo mayor número de morfotipos (figura 12)

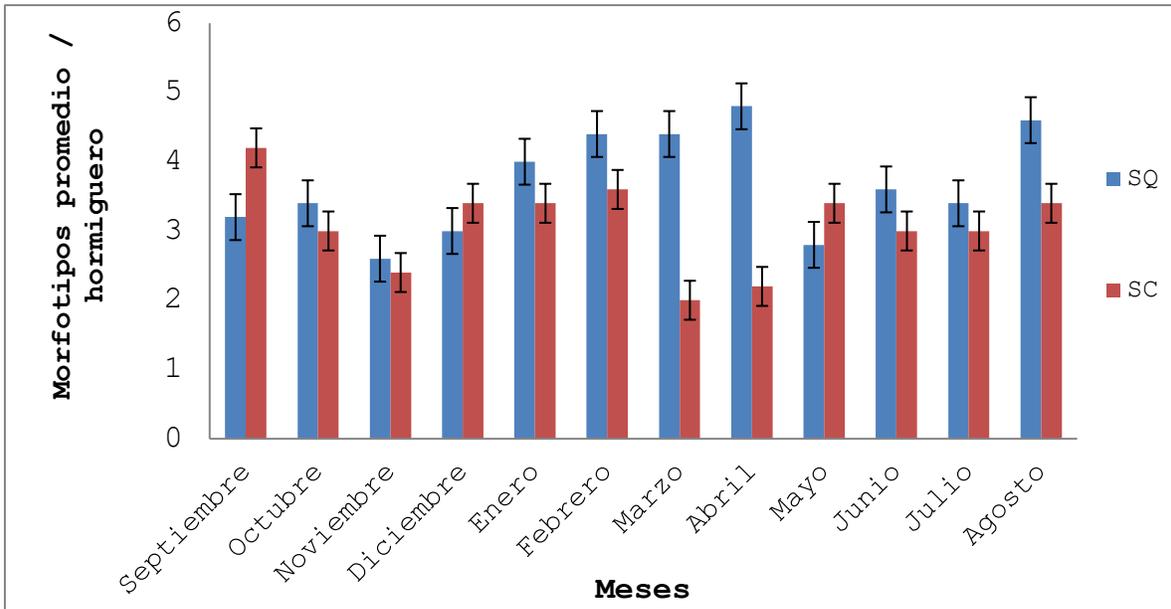


**Figura 12.** Total de morfotipos encontrados en los hormigueros por sitio SQ: sitio quemado; SC: sitio conservado

El promedio de morfotipos encontrados en los hormigueros del sitio quemado varió de tres a cinco y en los hormigueros del sitio conservado varió de dos a cuatro morfotipos por hormiguero (figura 13).

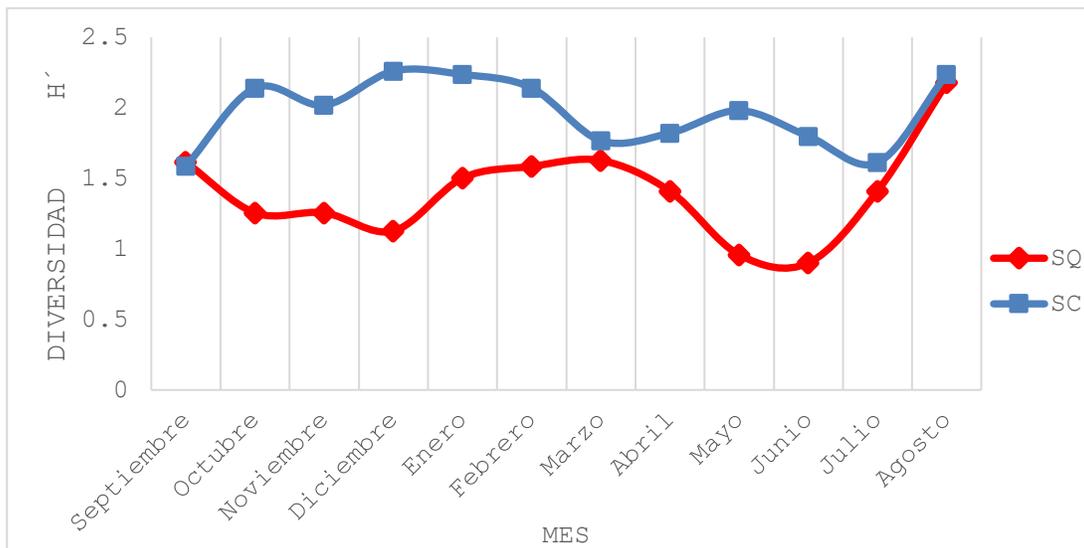
De igual manera, en los meses de septiembre, diciembre y mayo, el promedio de morfotipos en los hormigueros del sitio conservado fue mayor al de los hormigueros del sitio quemado (figura 13).





**Figura 13.** Promedio de morfoespecies de semillas y diásporas por hormiguero SQ: sitio quemado; SC: sitio conservado

El análisis de diversidad mostró que el sitio conservado fue significativamente más diverso que el sitio quemado, excepto en el mes de septiembre donde ambos sitios tuvieron una diversidad similar (figura 14).



**Figura 14.** Diversidad de semillas y diásporas por sitio con respecto al tiempo, SQ: sitio incendiado; SC: sitio conservado



## **Familias botánicas de las semillas y diásporas**

Se determinó a nivel de familia a 48 morfotipos, contenidos en 18 familias botánicas. Brassicaceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae y Polygonaceae solo se encontraron en el sitio quemado, mientras que Anacardiaceae sólo se presentó en el sitio conservado, el resto de las familias identificadas se encontraron en ambos sitios; además de otras diásporas que no pudieron ser determinadas (NI) (cuadro 1 y fig 15).

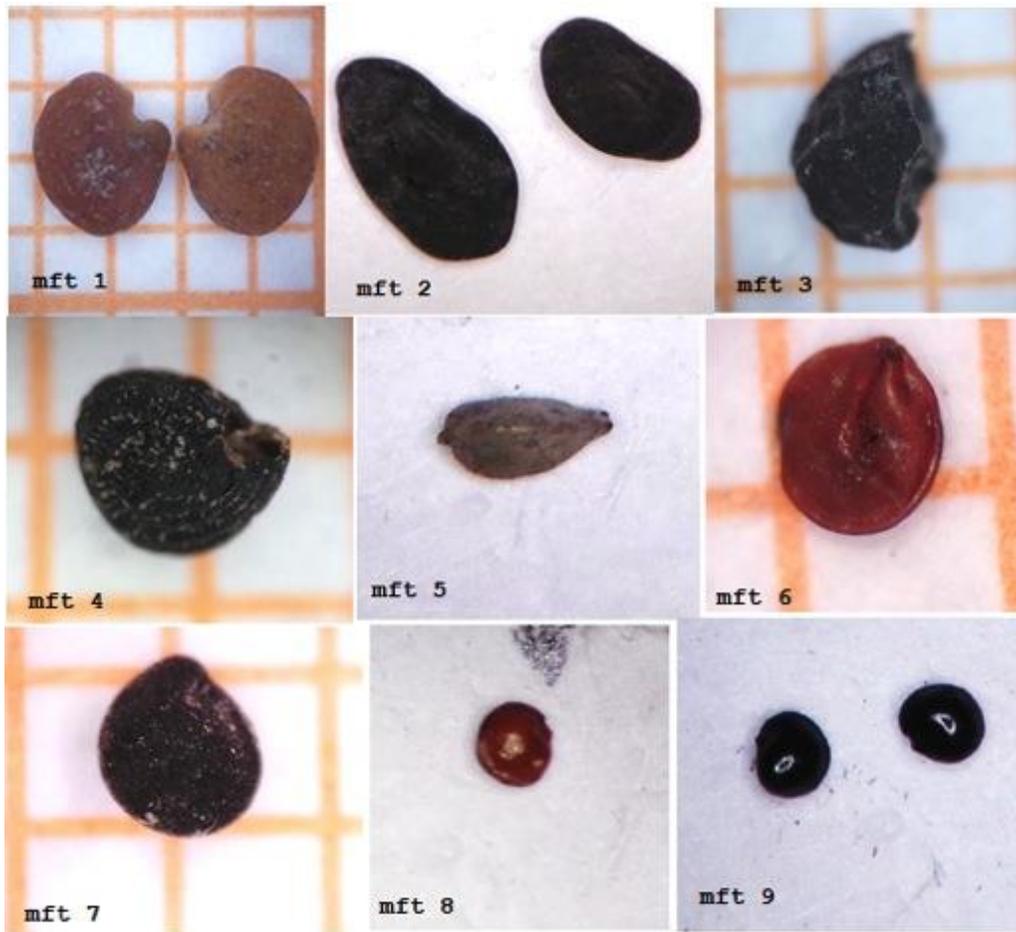
Más del 70% de las semillas y diásporas encontradas pertenecieron a la familia Leguminosae en el sitio incendiado, mientras que, en el sitio conservado 47% fueron semillas de esta familia. El resto de las semillas y diásporas del sitio quemado tuvieron proporciones de 3.9%, para Amaranthaceae, 3.3% para Alliaceae y Poaceae con 3.1%. En el sitio conservado destacó Poaceae con 12% y Cactaceae con 10%; un 8.5% de semillas y diásporas no fueron identificadas en el sitio conservado y un 3.5% en el sitio incendiado (cuadro 1).



**Cuadro 1.** Semillas y diáspora por sitio y porcentaje de abundancia SQ: sitio incendiado; SC: sitio conservado

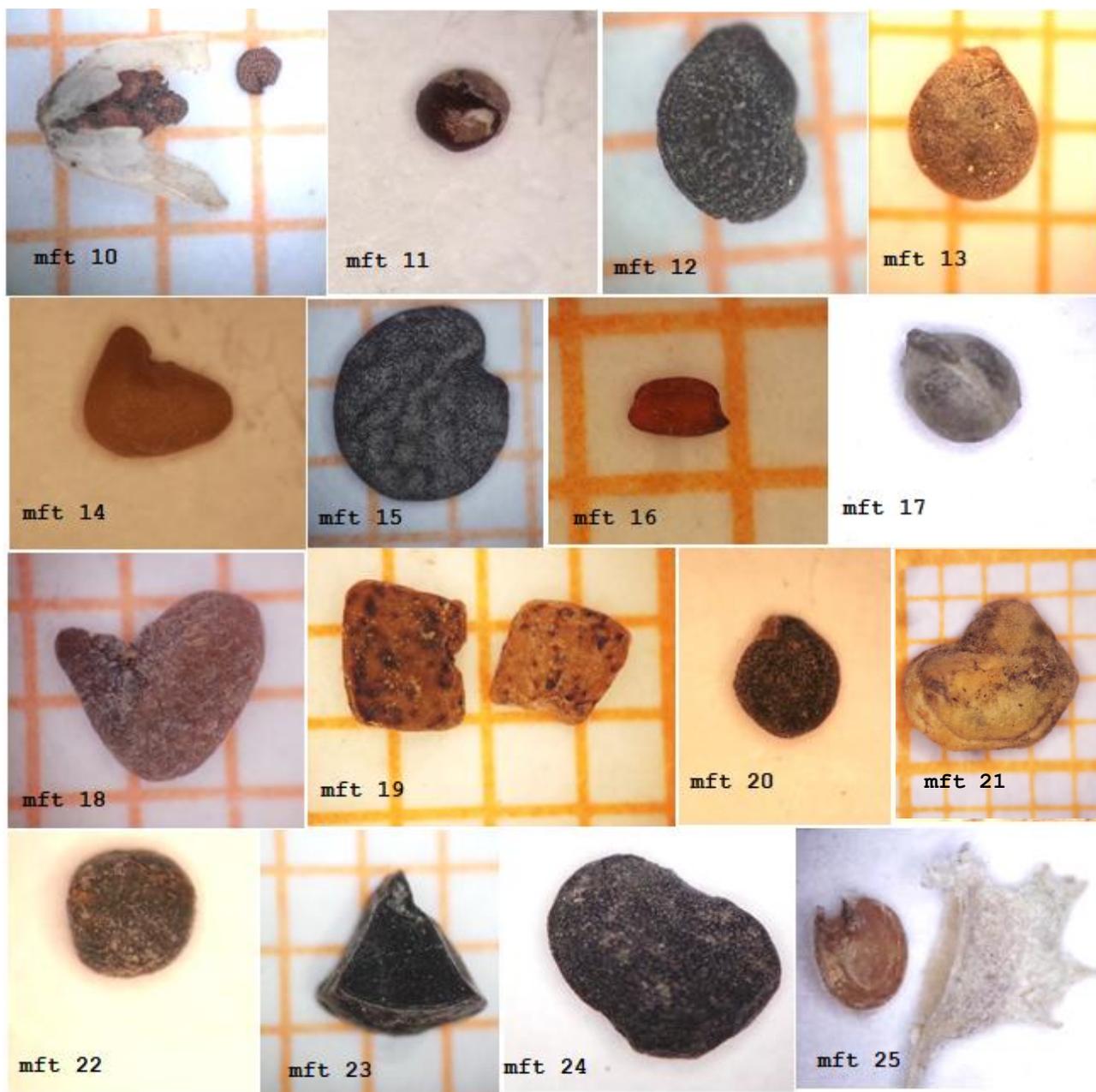
	<b>SQ</b> %	<b>SC</b> %
Alliaceae	<b>3.3</b>	3.1
Anacardiaceae	0	<1
Amaranthaceae	<b>3.9</b>	<b>6.2</b>
Asteraceae	1.9	4.8
Brassicaceae	<1	<1
Cactaceae	<1	<b>9.7</b>
Caryophyllaceae	2.5	4.2
Chenopodiaceae	<1	<1
Convolvulaceae	1.5	1
Euphorbiaceae	<1	<1
Lamiaceae	<1	0
Leguminosae	<b>77.0</b>	<b>46.9</b>
Malvaceae	<1	<1
Poaceae	<b>3.1</b>	<b>12.8</b>
Polygonaceae	<1	0
Portulacaceae	<1	0
Rubiaceae	<1	0
Solanaceae	2	<1
Otras	3.5	<b>8.5</b>





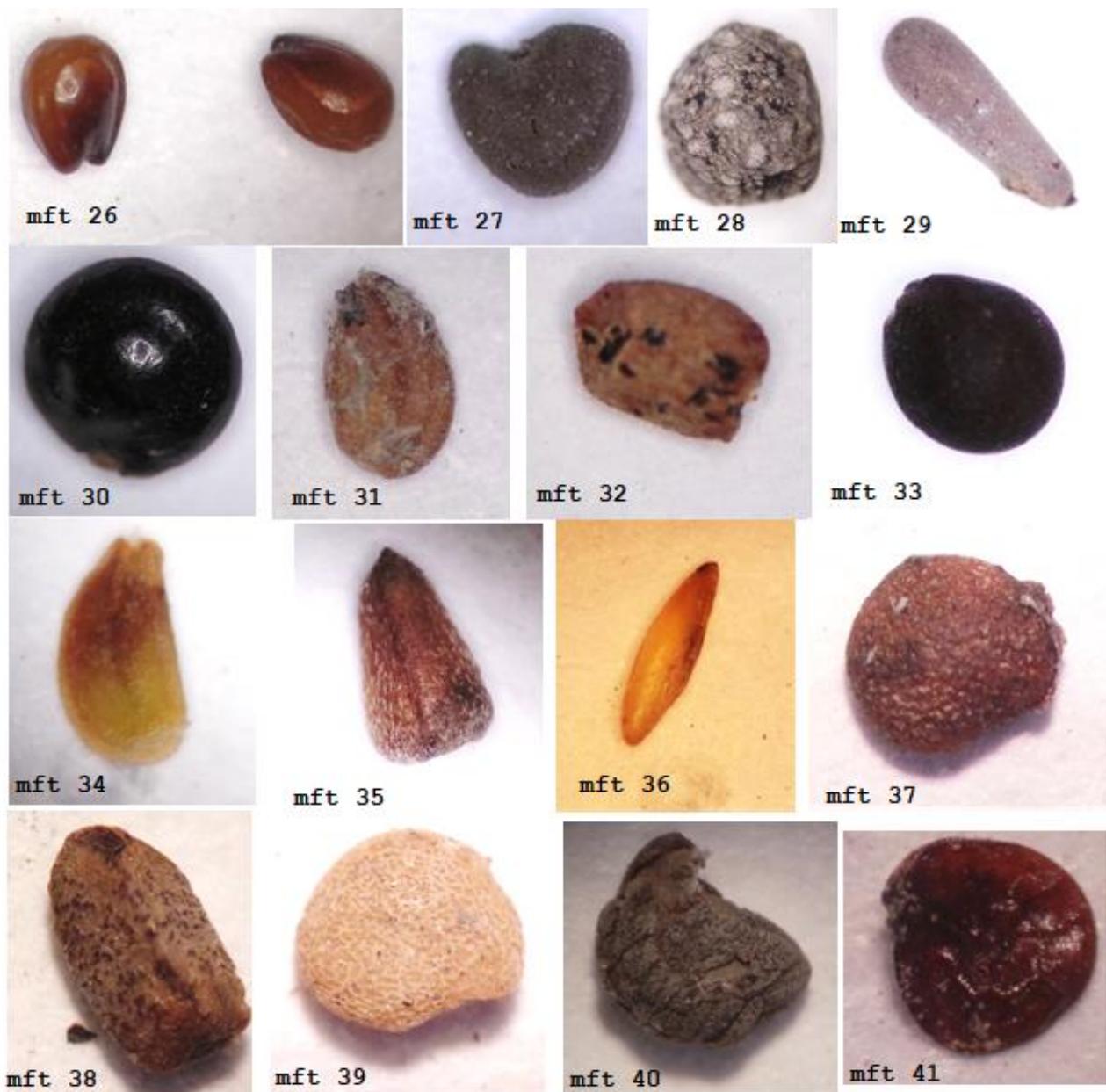
**Figura 15.** Morfotipos encontrados en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus*; **mft 1.** Leguminosae; **mft 2.** Leguminosae; **mft 3.** Alliaceae; **mft 4.** Cactaceae; **mft 5.** Asteraceae; **mft 6.** NI; **mft 7.** Amaranthaceae; **mft 8.** Amaranthaceae; **mft 9.** Amaranthaceae





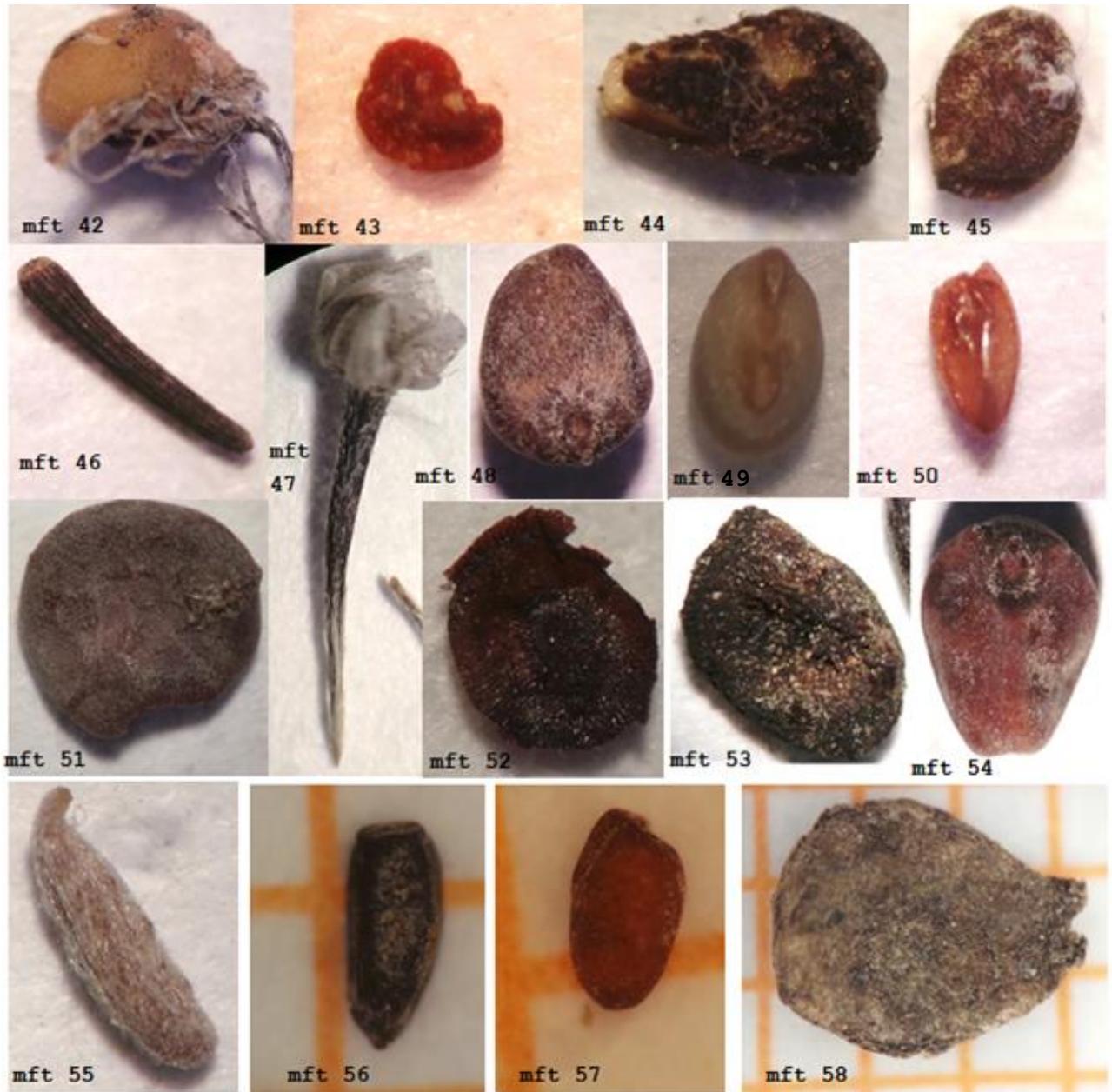
**Figura 15 continuación.** Morfotipos encontrados en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus*; **mft 10.** Caryophyllaceae; **mft 11.** NI; **mft 12.** Cactaceae; **mft 13.** Convolvulaceae; **mft 14.** Leguminosae; **mft 15.** Solanaceae; **mft 16.** Poaceae; **mft 17.** Leguminosae; **mft 18.** Leguminosae; **mft 19.** Leguminosae; **mft 20.** Portulacaceae; **mft 21.** Cactaceae; **mft 22.** NI; **mft 23.** Alliaceae; **mft 24.** Solanaceae; **mft 25.** NI





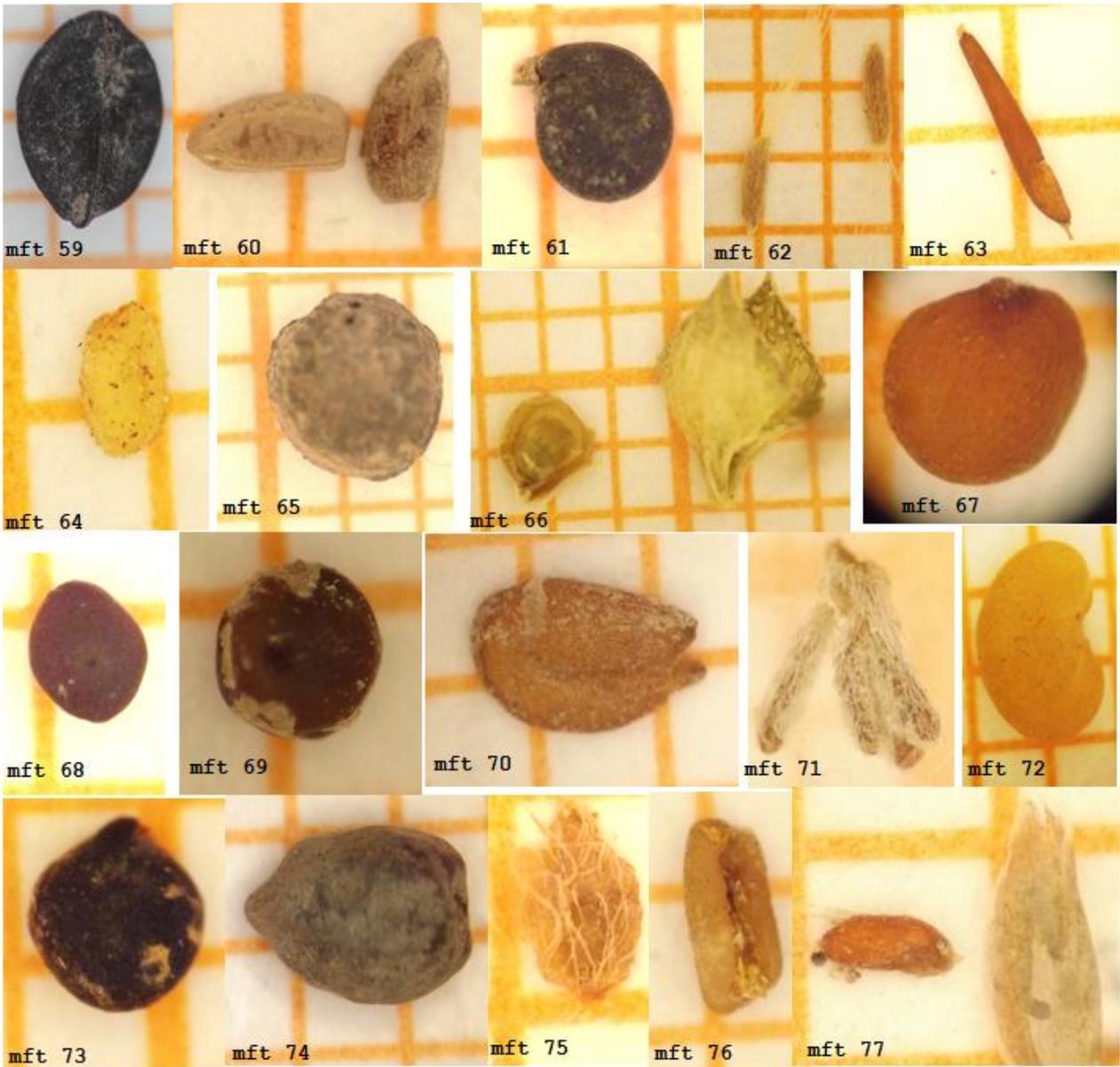
**Figura 15 continuación.** Morfotipos encontrados en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus*; **mft 26.** Amaranthaceae; **mft 27.** Malvaceae; **mft 28.** Euphorbiaceae; **mft 29.** Poaceae; **mft 30.** Chenopodiaceae; **mft 31.** Poaceae; **mft 32.** Euphorbiaceae; **mft 33.** NI; **mft 34.** Brassicaceae; **mft 35.** NI; **mft 36.** Poaceae; **mft 37.** Solanaceae; **mft 38.** Lamiaceae; **mft 39.** Solanaceae; **mft 40.** NI; **mft 41.** Solanaceae





**Figura 15 continuación.** Morfotipos encontrados en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus*; **mft 42.** NI; **mft 43.** Euphorbiaceae; **mft 44.** NI; **mft 45.** Euphorbiaceae; **mft 46.** Asteraceae; **mft 47.** Asteraceae; **mft 48.** NI; **mft 49.** NI; **mft 50.** Poaceae; **mft 51.** Solanaceae; **mft 52.** Rubiaceae; **mft 53.** NI; **mft 54.** Convolvulaceae; **mft 55.** NI; **mft 56.** NI; **mft 57.** NI; **mft 58.** NI





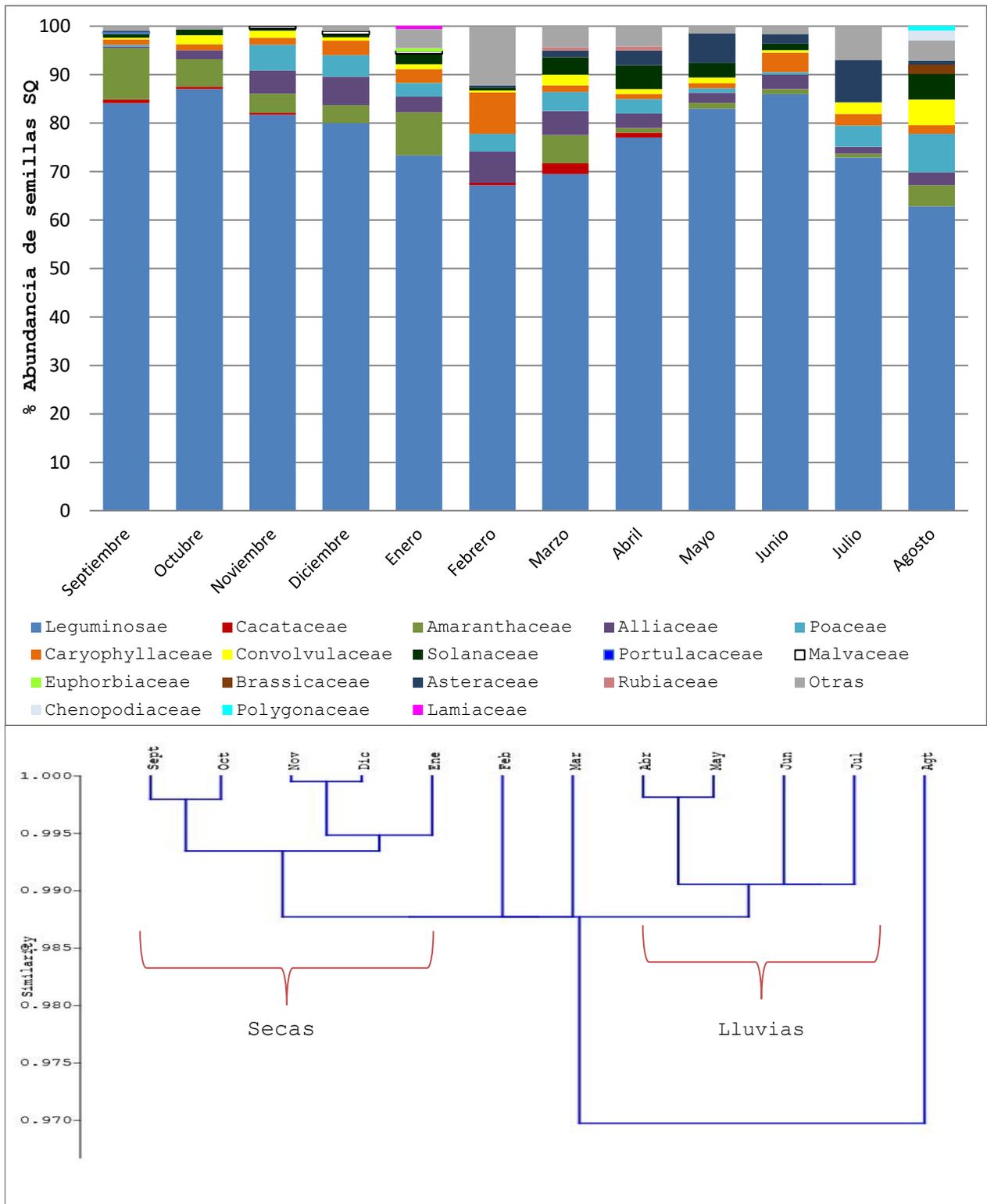
**Figura 15 continuacion.** Morfotipos encontrados en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus*; **mft 59.** NI; **mft 60.** Asteraceae; **mft 61.** NI; **mft 62.** Asteraceae; **mft 63.** Poaceae; **mft 64.** NI; **mft 65.** Anacardiaceae; **mft 66.** NI; **mft 67.** NI; **mft 68.** NI; **mft 69.** NI; **mft 70.** Brassicaceae; **mft 71.** NI; **mft 72.** Leguminosae; **mft 73.** NI; **mft 74.** Polygonaceae; **mft 75.** NI; **mft 76.** NI; **mft 77.** Poaceae



La abundancia de semillas y diásporas vario a lo largo del año. En el sitio quemado, la familia leguminosae a pesar de estar presente durante todo el año, se encontró que la mayor abundancia correspondió a los meses de estiaje (septiembre a marzo), donde también la mayoría de las diásporas de las otras familias tuvieron su máxima abundancia. A principio y durante el periodo de lluvia, las semillas y diásporas de Asteraceae, Convolvulaceae y Solanaceae tuvieron mayor abundancia en los meses de abril a agosto. El clúster de similitud de Morisita separó la abundancia de semillas y diásporas evaluadas mensualmente en las épocas de secas (septiembre a enero) y lluvias (abril a julio; Figura 16)

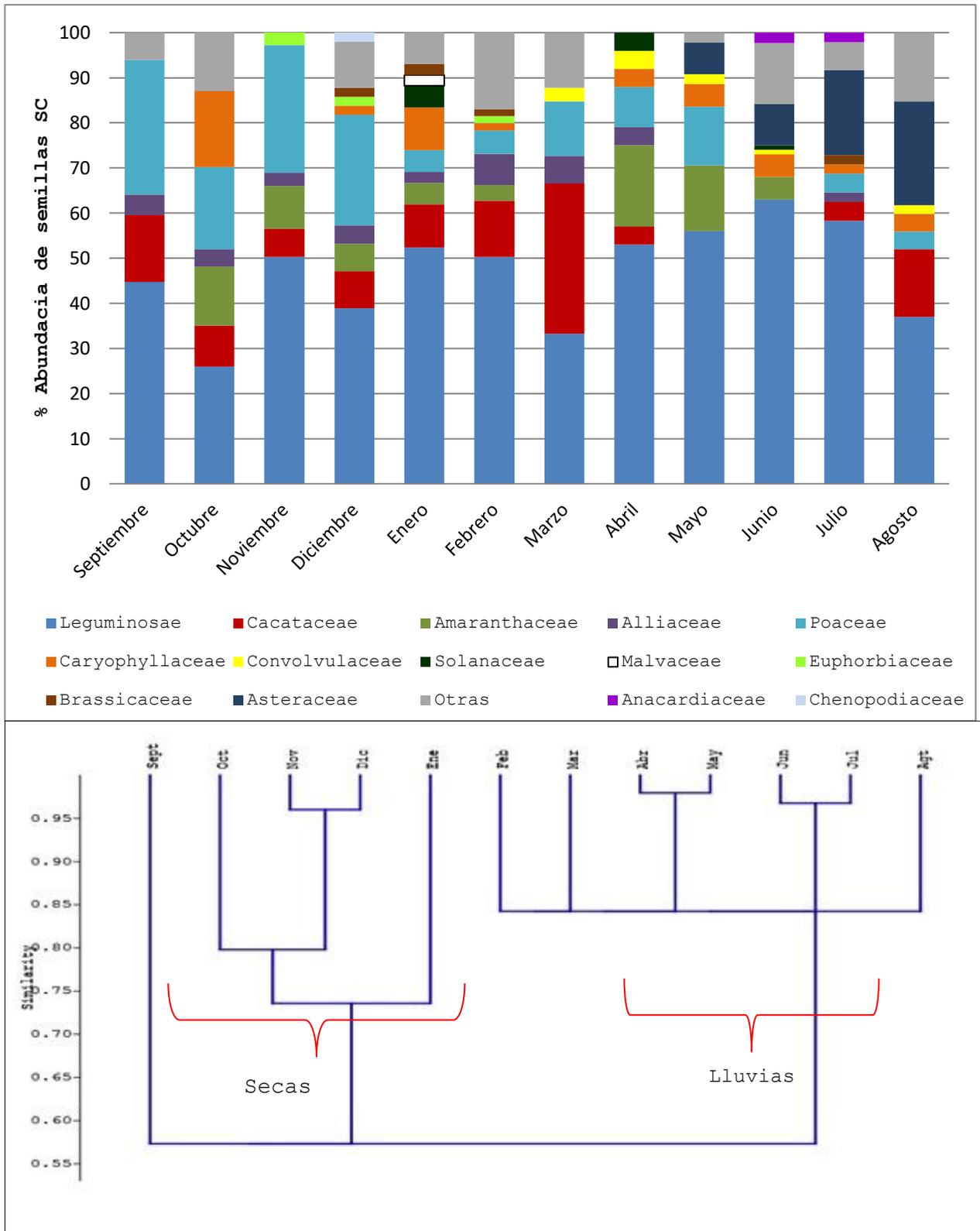
En el sitio conservado la mayor cantidad y riqueza de semillas y diásporas ocurrió durante los meses de septiembre a febrero (periodo de estiaje, mientras que las familias Anacardiaceae, Asteraceae, Solanaceae y Caryophyllaceae, tuvieron mayor abundancia en los meses de mayo a agosto (época lluviosa; figura 17). Las leguminosas presentaron una disminución en abundancia solo en el mes de marzo, cuando las cactaceas alcanzan su mayor abundancia. El clúster de similitud Morisita separó de igual manera la abundancia de semillas y diásporas encontradas mensualmente en época de secas (octubre a enero) y lluvias (abril a julio; figura 17).





**Figura 16.** Abundancia y riqueza mensual de semillas y diásporas por familia en el sitio quemado (arriba); clúster de similitud (morisita) entre meses (abajo)





**Figura 17.** Abundancia mensual de semillas y diásporas por familia del sitio conservado (SC) (arriba); clúster de similitud (morisita) entre meses (abajo)



## Propiedades físicas del suelo de los hormigueros

El suelo dentro de los hormigueros tuvieron un **pH** de 6.9 en el sitio quemado como en el no quemado, lo que de acuerdo a la NOM 021-SEMARNAT (2000), corresponde a suelos neutros. El suelo de fuera de los hormigueros de ambos sitios presentó un pH de 7.47 y 7.65 en el sitio incendiado y conservado respectivamente y se catalogaron como suelos medianamente alcalinos. Se registraron diferencias significativas en relación con el pH entre los suelos dentro del hormiguero con los suelos de fuera del hormiguero de ambos sitios. No hubo diferencias significativas del pH entre los suelos del sitio quemado y suelo del sitio conservado (cuadro 2).

La densidad aparente (**DA**) dentro de los hormigueros del sitio quemado fue de 1.20 g/cm<sup>3</sup> mientras que la DA en el suelo adyacente a los hormigueros fue de 1.0 g/cm<sup>3</sup>. La **DA** del suelo del hormiguero en el sitio conservado fue de 1.40 g/cm<sup>3</sup> y para el suelo adyacente fue de 1.24g/cm<sup>3</sup>, estos valores mostraron diferencias estadísticas significativas. La **DA** del suelo del hormiguero fue mayor, con respecto al suelo adyacente en ambos sitios (cuadro 2).

La densidad real (**DR**) del suelo de los hormigueros de ambos sitios, fue de 2.42 y 2.75 g/cm<sup>3</sup> en el sitio quemado y conservado respectivamente y fue mayor en comparación a la obtenida en el suelo adyacente de ambos sitios que fue de 2.0 g/cm<sup>3</sup>. Se registraron diferencias entre el suelo de hormiguero con respecto al suelo adyacente en los dos sitios (cuadro 2).

El porcentaje de espacio poroso (**%EP**) de los suelos de los hormigueros fue mayor comparado con el suelo adyacente a los hormigueros en ambos sitios, el suelo de los hormigueros del



sitio conservado presento mayor **%EP** con 49%; y el menor **%EP** fue en el suelo adyacente a los hormigueros del sitio conservado con 38%; estos valores no mostraron diferencias significativas (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Propiedades físicas evaluadas, SQD: suelo de hormigueros del sitio quemado; SCD: suelo de hormigueros del sitio conservado; SQF: suelo fuera del hormiguero del sitio quemado; SCF: suelo fuera del hormiguero del sitio conservado. Letras diferentes con diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

	SQD	SQF	SCD	SCF
pH	6.97 <sup>a</sup>	7.47 <sup>b</sup>	6.93 <sup>a</sup>	7.65 <sup>b</sup>
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1.2 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.4 <sup>c</sup>	1.24 <sup>b</sup>
DR (g/cm <sup>3</sup> )	2.42 <sup>a</sup>	2.08 <sup>b</sup>	2.75 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>
%EP	49.18 <sup>a</sup>	45.86 <sup>a</sup>	46.79 <sup>a</sup>	35.77 <sup>a</sup>

#### i. Propiedades químicas del suelo de los hormigueros

El contenido de materia orgánica (**%MO**) en el suelo adyacente a los hormigueros del sitio quemado, fue el que presentó mayor porcentaje con 3.5% comparado al suelo del basurero de los hormigueros de este mismo sitio que tuvo 30% menos, con 2.5% de **MO**; el análisis de Kruskal Wallis mostró diferencias significativas entre estas condiciones. De acuerdo a la NOM-021 SEMARNAT (2000), estos suelos tienen alto contenido de MO.



En el sitio conservado, el suelo adyacente a los hormigueros tuvo 0.8% de **MO** y en el suelo del basurero de los hormigueros fue de 0.6%. No hubo diferencias significativas entre ambos valores de **MO** y según la NOM-021 SEMARNAT (2000) son suelos de bajo contenido de **MO** (cuadro 3).

El porcentaje de carbono orgánico (**CO**) mostró un patrón similar al contenido de **MO**. El suelo adyacente al hormiguero del sitio incendiado fue mayor con 2% comparado al 1.5% del suelo de hormiguero. Hubo diferencias significativas entre ambas condiciones. El porcentaje de **CO** de los suelos del sitio no quemado fue de 0.43% dentro del hormiguero y de 0.52% del suelo adyacente sin diferencias significativas entre sí.

El contenido de nitrógeno total (**%Nt**) en el suelo de hormigueros y el suelo adyacente del sitio quemado fueron similares entre sí, con 0.26% y 0.28% respectivamente y sin diferencias estadísticas significativas. De acuerdo a la NOM-021 SEMARNAT (2000), este contenido es muy alto. En el suelo de hormiguero del sitio conservado, se obtuvo el mayor porcentaje con 0.30% comparado con el suelo adyacente a los hormigueros de este sitio que fue de 0.26%. No hubo diferencias significativas, en estos valores (cuadro 3).

El contenido de fósforo (**P**) en el suelo del basurero de los hormigueros del sitio conservado fue el mayor y correspondió a  $0.13 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ , el suelo adyacente a este sitio y el suelo de hormiguero del sitio quemado tuvieron concentraciones similares con  $0.12 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ . En el suelo adyacente de los hormigueros del sitio quemado se encontró la menor concentración de **P** con  $0.03 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ , y de acuerdo a la NOM-021 SEMARNAT (2000), todas las muestras analizadas se



encuentran en la categoría de baja concentración de **P**. Se encontraron diferencias significativas entre el suelo del basurero de los hormigueros del sitio quemado en relación con el suelo adyacente (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Propiedades químicas evaluadas, SQD: suelo de hormigueros del sitio quemado; SCD: suelo de hormigueros del sitio conservado; SQF: suelo fuera del hormiguero del sitio quemado; SCF: suelo fuera del hormiguero del sitio conservado. Letras diferentes con diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

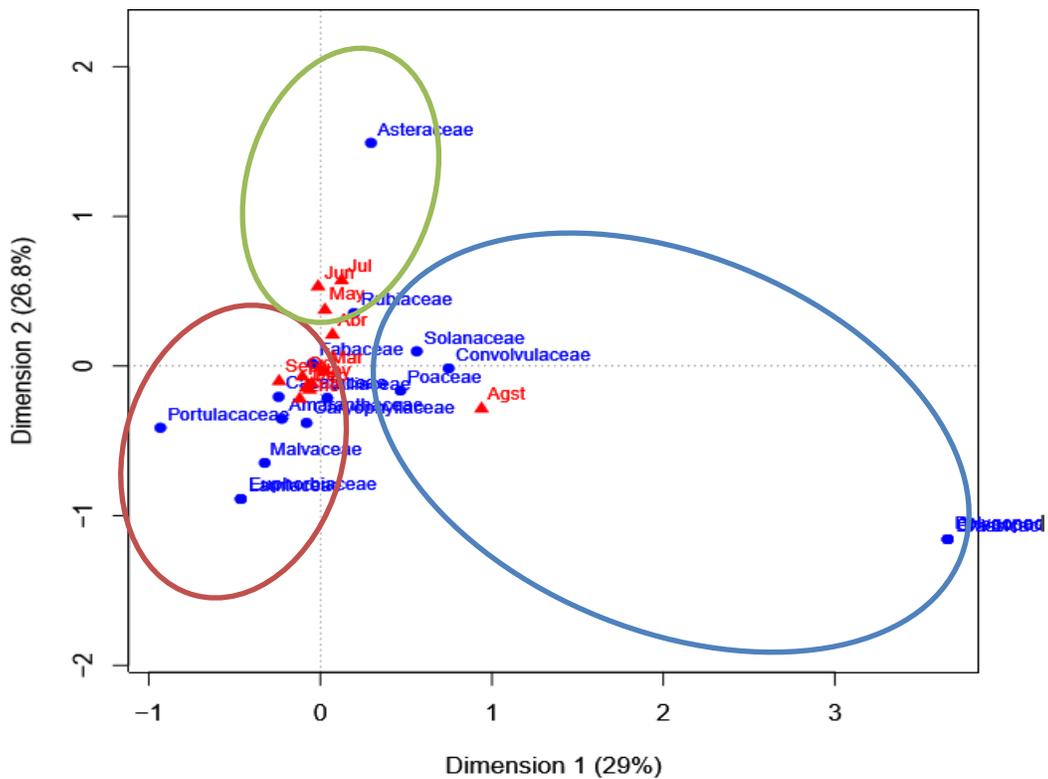
	SQD	SQF	SCD	SCF
%MO	2.65 <sup>b</sup>	3.81 <sup>c</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>
%CO	1.53 <sup>b</sup>	2.21 <sup>c</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>
%Nt	0.26 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>
P (mg/Kg)	0.12 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>



**Análisis de correspondencias (AC)**  
**Asociación entre abundancia de semillas respecto al tiempo**

El **AC** realizado para el sitio quemado, mostró que dos dimensiones explican el 55% de la variación de los datos, la primera dimensión agrupó los meses de secas (septiembre a marzo), en función de las familias botánicas con mayor abundancia de semillas y diásporas y que corresponden a Alliaceae, Amaranthaceae, Cactaceae, Caryophyllaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Leguminosae, Malvaceae, y Portulacaceae. Las leguminosas estuvieron presentes durante todo el año y fueron más abundantes en la temporada de secas. En la temporada de lluvias que comprendió los meses de abril a junio, se agruparon en la segunda dimensión y junto con ellos la riqueza de semillas y diásporas de Asteraceae y Rubiaceae. Un tercer agrupamiento corresponde al mes de agosto con semillas y diásporas de Brassicaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Poaceae, Polygonaceae y Solanaceae (figura 18).





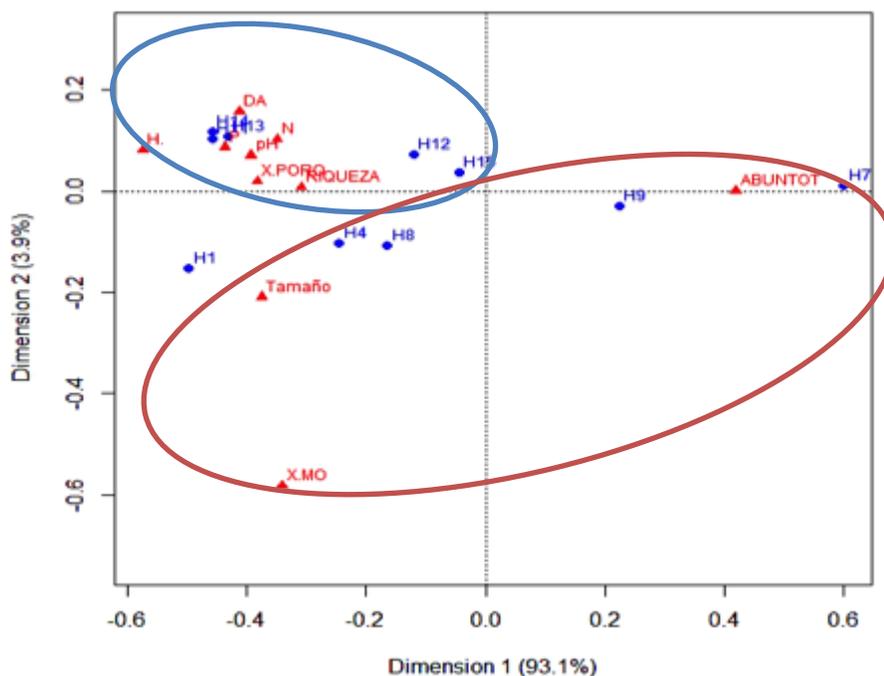
**Figura 18.** Análisis de correspondencias de riqueza de semillas y diásporas en el sitio quemado rojo: secas, verde: lluvias, azul: agosto

El AC del sitio conservado mostró que dos dimensiones explicaron más del 55% de la variación de los datos. En la primera dimensión los meses de sequía formaron dos agrupaciones en función de la abundancia de semillas. En los meses de setiembre: Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae y Poaceae, en noviembre, diciembre y marzo predominaron las familias Brassicaceae, Cactaceae. El segundo grupo formado por los meses de octubre, enero, febrero, mayo, abril y junio, con semillas de Alliaceae, Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Leguminosae, Malvaceae y Solanaceae. La segunda dimensión agrupó los meses de julio y agosto donde prevalecieron semillas de Anacardiaceae y Asteraceae (figura 19)





El análisis agrupó los hormigueros del sitio conservado que presentaron mayor diversidad de diásporas, mayor porosidad del suelo, menor DA y mayores concentraciones de fosforo y nitrógeno en suelo. En cambio, los hormigueros del sitio quemado tuvieron un mayor tamaño, mayor abundancia y riqueza de semillas, así como un mayor contenido de MO del suelo (Figura 20).



**Figura 20.** Relación entre características de los hormigueros y abundancia de semillas. Azul: Hormigueros del sitio quemado (H1, H4, H7, H8, H9) y Rojo: hormigueros del sitio conservado (H11, H12, H13, H14, H15).



## IX. Discusión

### Densidad y tamaño de hormigueros

Los géneros *Pogonomyrmex* y *Messor* tienen especies que anidan en sitios con algún grado de perturbación (Pirk et al, 2004; Crist y Wiens, 1996; Killgore et al., 2009; Guzmán-Mendoza et al, 2010; Hernández, 2012); Jones (2012) encontró mayor riqueza y abundancia de nidos de diferentes especies del género *Messor* en sitios perturbados por incendios.

En ecosistemas naturales, se han visto hormigas cosechadoras anidando en sitios abiertos, fuera de los doseles de vegetación, convirtiendo a estas hormigas en un grupo resiliente a pocos o grandes cambios en su hábitat (Hernández, 2012). En este estudio, se encontró que *Pogonomyrmex barbatus* tuvo mayor cantidad de hormigueros en un sitio perturbado por incendio, que en el sitio no incendiado, y de un año a otro, se registró un incremento en el sitio quemado de 40 a 44 hormigueros\*ha<sup>-1</sup>.

En habitats conservados o fragmentados se han encontrado densidades de nidos de *Pogonomyrmex barbatus* y de *P. occidentalis* de 10 hasta 30 hormigueros\*ha<sup>-1</sup> (Whitthort et al., 1975; Crist y Wiens, 1996; Wagner et al., 1997; Ellen, 2004), lo que concuerda con lo encontrado aquí en el sitio no incendiado. Sin embargo, cabe señalar que en este estudio se registró una mayor densidad de hormigueros por hectárea en un sitio perturbado por incendio.

La alta densidad de hormigueros se explica debido a la cantidad de recursos y nichos ecológicos que los habitats perturbados ofrecen a estas hormigas. En función de la cantidad de alimento se seleccionan los sitios para anidar.



La capacidad de estos organismos detectar cambios en la disponibilidad y abundancia de los recursos, se ve reflejado en la densidad y en el tamaño del hormiguero (Van Pelt, 1976; Gordon, 1992; 1995; Hernández, 2012). Este estudio reveló que el sitio incendiado presentó hormigueros de mayor tamaño en comparación a los del sitio no incendiado, esto se debe a que en los sitios desprovistos de cobertura vegetal densa, la labor del acarreo del alimento de las hormigas se vuelve más eficiente, debido a pérdida de las barreras físicas que dificultan el acarreo. Además, la gran cantidad de plantas oportunistas que crecen en estos sitios como parte de sucesión ecológica del ecosistema, provoca el aumento en la abundancia de los recursos necesarios para que estas hormigas puedan establecerse en estos sitios sin problema alguno. Sin embargo, en el sitio conservado, el crecimiento de los hormigueros en un año fue más acelerado, aumentando un 30% en área comparado con el 20% de incremento en área de los hormigueros del sitio incendiado; ello sugiere que puede existir competencia por recursos entre hormigueros y que ésta sea más intensa en el sitio quemado.

Estudios sobre *Pogonomyrmes barbatus* realizados por Gordon (1992, 1995 y 1996) refieren que esta especie y *P. occidenatlis* son defensoras de sus nidos y de sus áreas de forrajeo, teniendo enfrentamientos incluso con hormigas de su misma especie pero ajenas a la colonia, lo cual como sugieren Cole y Wiernasz (2000) las poblaciones de hormigas se aproximan más a una distribución estable en tamaño de los hormigueros que a una distribución estable de edad, demostrando que a pesar de tener un sitio con condiciones favorables en términos de nichos y de recursos para incrementar el número de hormigueros en los sitios



perturbados, esta se verá regulada por su misma especie limitando la cantidad de nidos que puedan establecerse al defender no sólo el espacio físico de la colonia sino también las zonas y los caminos de forrajeo (Cushman et al., 1988; Gordon, 1995, 1996; Adams, 2016) (figura 21). Esto explica el por qué en el sitio perturbado por incendio pese a tener mejores condiciones para tener hormigueros de mayor talla, éstos no crecieron más rápidamente que los del sitio conservado. Asimismo, se debe considerar el cambio en la densidad de la cobertura debido a las estaciones del año, que modifican o cambian las barreras físicas que complican el acarreo eficiente de alimento a los hormigueros del sitio incendiado (figura 22)



**Figura 21.** Enfrentamiento de dos hormigas de la especie *Pogonomyrmex barbatus* (observación personal)





**Figura 22.** Aspecto de la cobertura vegetal herbácea del sitio incendiado

### **Abundancia de semillas dispersadas**

*Pogonomyrmex barbatus* recolecta más alimento del que necesita, por ello muchas de las semillas que ha forrajado y acarreado a sus nidos, no son consumidas y son depositadas en el basurero del nido. La cantidad de semillas que esta hormiga deposita en el basurero, es reflejo de la abundancia de alimento que ha encontrado y no ha consumido.

Jones (2012) encontró que en sitios con algún grado de perturbación o con vegetación secundaria hay mayor abundancia de semillas en el suelo comparado con el de vegetación primaria. En este estudio se observó mayor cantidad de semillas en el basurero de los hormigueros del sitio incendiado que en el conservado. En los bosques templados y matorrales mediterráneos los incendios han sido relacionados con el incremento de la riqueza florística, sobre todo en el

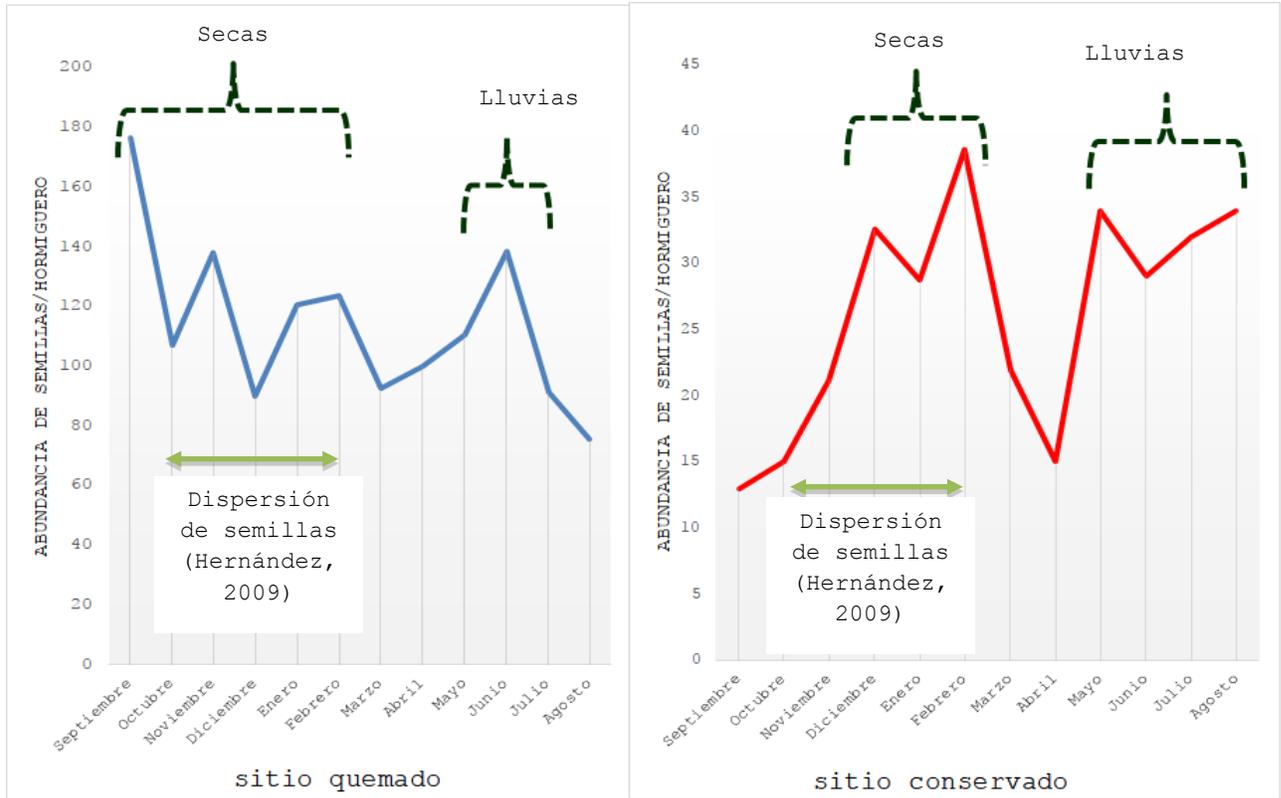


estrato herbáceo, estos incendios, suelen favorecer la germinación, lo que sugiere una gran densidad de semillas en el suelo (Sánchez, 2007; Martínez, 2012).

En los estudios sobre densidad de semillas del suelo en ecosistemas semiáridos perturbados o incendiados, se ha encontrado que, dependiendo del grado de perturbación e intensidad de los incendios, las semillas de talla pequeña <5mm, además de que se producen en mayor cantidad, pueden supervivir enterradas en el suelo de 0-10 cm de profundidad, mientras que las de mayor tamaño pueden tener características que le permitan supervivir a altas temperaturas; sin embargo, éstas se producen en menor cantidad y son más fácilmente depredadas (Chuvieco, 1999; Sánchez, 2007; Hernández, 2009). Esto significa que las semillas más pequeñas y en mayor abundancia tienen una mayor predisposición a ser dispersadas que las de mayor tamaño; para este estudio las semillas dispersadas con mayor abundancia y dispuestas en el basurero del hormiguero fueron <5mm y sólo algunas pocas mayor a ese tamaño fueron dispersadas por *Pogonomyrmex barbatus*. Este aspecto ha sido confirmado en los trabajos de Davidson y Samson, 1985; Pirk, 2007; De Falco et al., 2009; Cano-Salgado et al., 2012; Rios-Casanova et al., 2012 y Medina, 2014.

Hernández (2009) menciona que la dispersión de semillas en las regiones semisecas de Hidalgo ocurre en los meses de octubre a febrero durante la temporada seca. Una condición similar que se observó en este estudio donde hubo mayor cantidad de semillas en el basurero de los hormigueros de ambos sitios durante los meses de sequía; sin embargo también se observó una gran cantidad de semillas dispersadas durante los meses de mayo a agosto que corresponden a la época lluviosa (figura 23).





**Figura 23.** Estacionalidad de la abundancia de la dispersión de semillas depositadas en los hormigueros de *P. barbatus*

La mayor abundancia de semillas en los meses de sequía corresponderían a plantas anuales que, de acuerdo a la clasificación propuesta por Went en 1948 citado por Medrano (2012), son plantas que florecen en primavera-verano para terminar su ciclo con la fructificación y dispersión de las semillas en los meses secos, asegurando la supervivencia de su especie para la siguiente temporada o año; por otra parte, se pueden encontrar también aquellas plantas que por el contrario podrían florecer y fructificar casi todo el año, es decir perennes o bien, florecer durante los meses secos incluida la estación de primavera, y fructificar y dispersarse en la época lluviosa, donde lo más probable es que la dispersión primaria sea dirigida más por el agua y viento que por agentes bióticos; sin embargo, las semillas al



acumularse en el suelo, es posible que las hormigas las encuentren y además de consumirlas también las dispersen, pues se encontraron cantidades de semillas considerables en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus* en los meses considerados como lluviosos (mayo-julio) en ambos sitios.

Si bien en este estudio se observó una tendencia de mayor cantidad de semillas dispersadas por esta hormiga hacia la época de sequía, es importante sugerir continuar el estudio de dos años a 5 años para aseverar que lo observado sea más un patron para esta población, ya que en otros ecosistemas áridos y semiáridos se ha visto que la fructificación y producción de semillas varia de un año a otro y esta variación depende de factores ambientales de la temporada o año anterior, así como de las reservas nutrimentales de la planta y de las condiciones de fertilidad de los suelos que permitan que las plantas generen poca o gran cantidad de semillas de un periodo a otro (Quintana-et al., 2012; Medina, 2014).

### **Morfotipos de semillas**

*Pogonomyrmex barbatus* fue capaz de realizar dispersión secundaria de hasta 77 tipos de diásporas lo cual demuestra que esta hormiga está adaptada no sólo a depredar y dispersar un tamaño o forma definida de diásporas, sino una amplia gama de ellas (Mac Mahon et al., 2000; Ramírez, 2016).

Ramírez (2016) observó que *Pogonomyrmex barbatus* fue capaz de dispersar en el basurero del hormiguero semillas de hasta 136 especies de plantas, en la reserva de Tehucán-Cuicatlán, donde se le atribuyó a que en los ecosistemas semiáridos intertropicales, existe una mayor diversidad de plantas que esta hormiga aprovecha. En las regiones semiáridas neárticas,



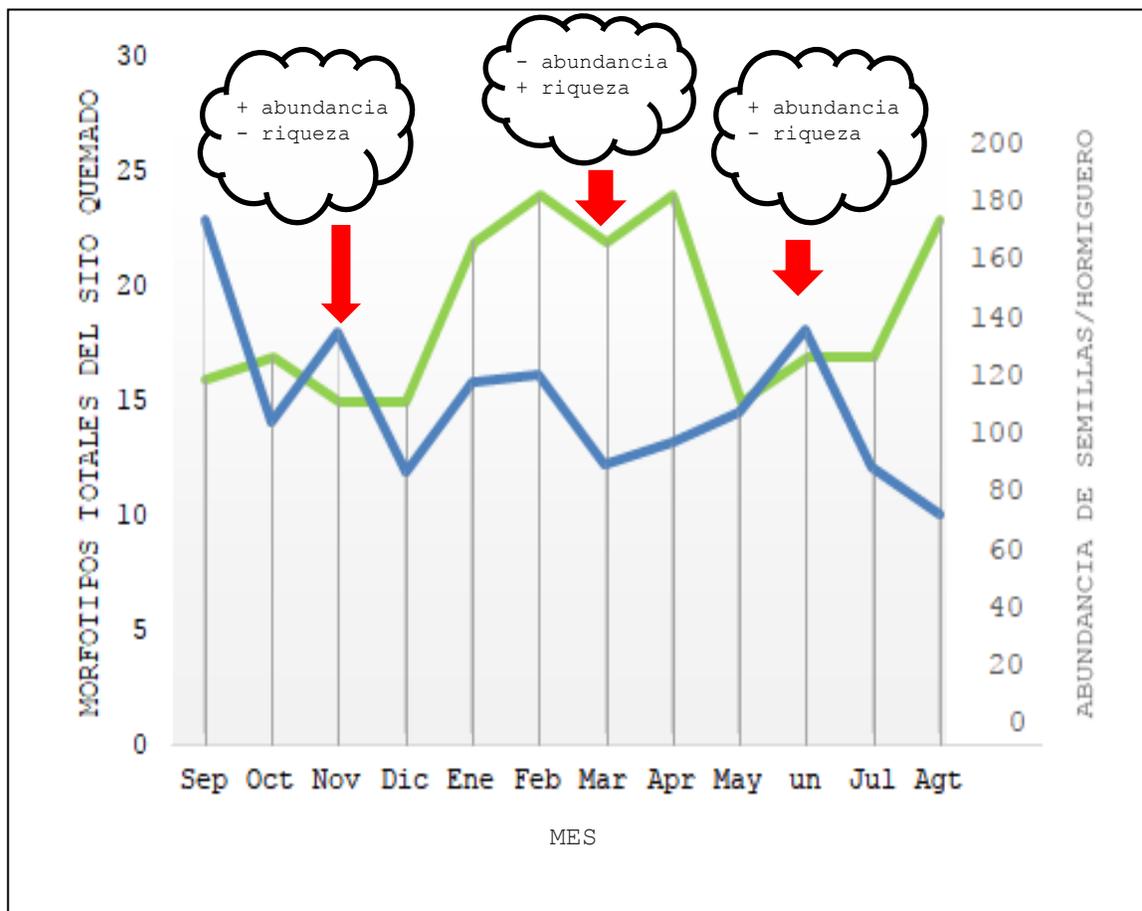
se ha observado una menor variedad de diáspora en el basurero de *Pogonomyrmex barbatus* y de otras especies del género *Pogonomyrmex*. Whitford et al., (1975) observó que *P. barbatus* y *P. rugosus*, dispersaron 52 semillas de plantas diferentes; Tschinkel y Domínguez (2017), encontraron que *P. badius* dispersó al menos 58 especies de plantas.

La presencia de los morfotipos estuvo determinada por la época del año. Así, algunos estuvieron presentes cada mes, otros, sólo se observaron en algún mes del año, o en un corto periodo de tiempo.

Guzmán (2004), Cano-Salgado et al., (2012) y Guzmán-Mendoza et al., (2012) observaron que esta especie cambia su dieta de acuerdo a la riqueza y abundancia de alimento. Por ejemplo, en la reserva de Tehuacán-Cuicatlán y Zapotitlán de Salinas en Puebla (Medina, 2014; Cano-Salgado et al., 2012; Ramírez, 2016) y en la selva baja caducifolia de la sierra de Huautla, Morelos (Hernández, 2012), se encontró que lo que más se depositaba en el basurero fueron cariósides de pastos, en otros estudios fueron frutos de Asteráceas (Guzmán, 2004; Rios-Casanova, 2005; Medina, 2013), en estos casos se observó que cuando las semillas preferidas eran escasas en las zonas de forrajeo, *P. barbatus* era capaz de cambiar su dieta y coleccionar semillas de otras plantas que anteriormente no había escogido. Esto explica por qué, en este estudio, durante la temporada de poco alimento en el sitio incendiado, es decir, cuando menos abundancia de semillas fueron depositadas en el basurero, las hormigas rojas forrajearon otras semillas y diásporas presentes en el suelo, además de las que prefiere consumir, pues pese a que en el periodo de marzo a mayo no hubo gran cantidad de semillas dispersadas en el basurero, se encontraron mayor



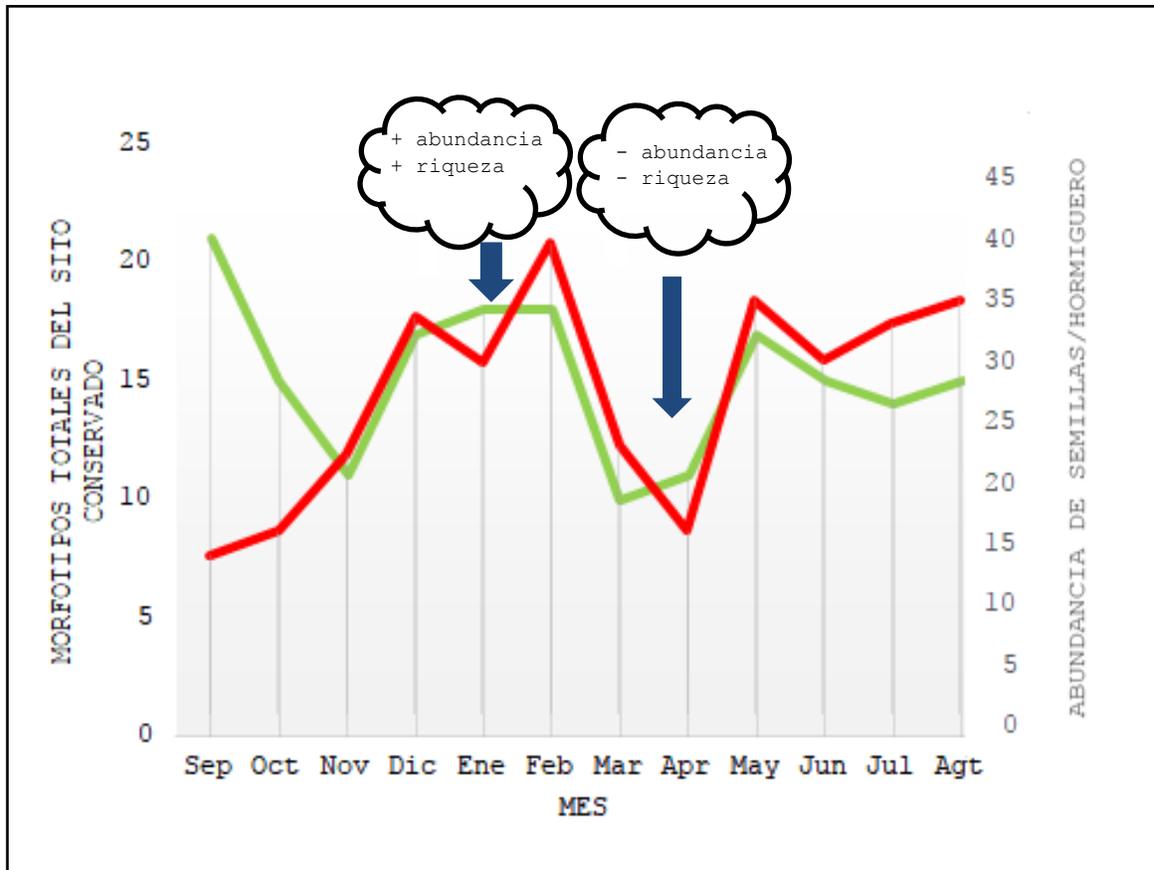
cantidad de morfotipos (especies) que en los meses que mayor dispersión (figura 24).



**Figura 24.** Relación de morfotipos (línea verde) y abundancia de semillas depositadas en el hormiguero (línea azul) del sitio quemado.

Sin embargo, contrario al sitio quemado, el sitio conservado cuando menor abundancia de semilla fueron depositadas en el basurero, en los meses de estiaje (noviembre-febrero), menor fue la cantidad de especies dispersadas y (figura 25)





**Figura 25.** Relación de morfotipos (línea verde) y abundancia de semillas depositadas en el hormiguero (línea roja) del sitio no quemado

De acuerdo a lo observado en el análisis de diversidad, *Pogonomyrmex barbatus* es capaz de dispersarla una gran riqueza de plantas, pese a encontrarse en ambientes perturbados como en no perturbados. Estas hormigas no son estrictamente selectivas, ya que coleta gran variedad de diásporas y logra con ello, ensamblar mosaicos de vegetación cuya diversidad dependerá de la composición florística donde se encuentren los hormigueros. Así, si el hábitat donde consume y dispersa estas semillas es de un parche de vegetación con alta diversidad como indicativo de una baja perturbación, se verá reflejado en la diversidad de semillas que *P. barbatus* sea capaz de dispersar, y viceversa.



## Identificación de las semillas y diásporas dispersadas

Es frecuente que en los ecosistemas semiáridos ocurra la producción y dispersión de semillas durante los meses de octubre a febrero (Hernández, 2009), incluyendo a las leguminosas que suelen ser dominantes en estos ambientes. Asimismo es el período de dispersión de especies de Asteraceae, Portulacaceae y Rubiaceae, mismas que también producen semillas durante los meses de mayo a agosto, en época lluviosa. Algunas de las especies de estas familias son consideradas como oportunistas y aprovechan estas temporadas como una estrategia adaptativa para que sus diásporas germinen tan pronto haya humedad en el suelo para establecerse, dado que la radiación solar y la temperatura no son extremas como al estar al sol directo. Esta condición favorece la dispersión y el establecimiento exitoso de plantulas (Bernstein, 1974; Guzmán-Mendoza *et al.*, 2012)

Que *Pogonomyrmex barbatus* disperse en mayor cantidad leguminosas en un sitio perturbado es importante, ya que este grupo participa y fortalece algunos ciclos biogeoquímicos. Cruz (2010) y García-Sánchez (2011) observaron que en suelos desprovistos de vegetación o perturbados, las leguminosas por medio de la simbiosis con las bacterias del género *Rizhobium*, son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo a una forma asimilable para las plantas mejorando la fertilidad de los suelos. Otros autores mencionan que arbustos de leguminosas como *Prosopis*, *Acacia* y *Mimosa*, son considerados plantas madre y establecen una serie de simbiosis con otras plantas y hongos a través de la rizósfera del suelo y no sólo restauran la fertilidad del mismo sino también conforman los llamados mosaicos de vegetación, lo que aumenta la diversidad vegetal y disminuye la competencia en un ecosistema natural o



perturbado (De-la-Rosa-Mera y Moroy-Ata, 2006; Pérez, 2007; Durán, 2009; León, 2008; Pérez y Rodríguez, 2010; Chimal-Sánchez *et al.*, 2015). Sin embargo, para que se presente el proceso de restauración y recuperación vegetal, es necesario que ocurra la dispersión de semillas y las hormigas son de los principales dispersores secundarios de muchas de estas semillas, incluidas las de especies oportunistas como asteráceas, rubiáceas y también algunas gramíneas (Quintana-Asencio y Gozález-Espinosa, 1990; Guzmán, 2004; Calderón y Rzedowski, 2010; Pérez y Rodríguez, 2010; Cano-Salgado *et al.*, 2012; Medina, 2014; Ramírez, 2016).

En el sitio conservado con más diversidad de especies, además *barbatus* también dispersó otras plantas—suculentas como las cactáceas, árboles como el “pirúl” de la familia Anacardiaceae, herbáceas nativas como algunas de las familias Alliaceae, Euphorbiaceae, y Poaceae; así como plantas oportunistas de las familias Asteraceae y Chenopodiaceae (Quintana-Asencio y Gozález-Esiponosa, 1990; Espinoza y Sarukhán, 1997; Gómez y Espalader, 1997; Wolfson *et al.*, 2005; Pirk, 2007; Durán, 2009; De Falco *et al.*, 2009; Calderón y Rzedowski, 2010; Ríos-Casanova *et al.*, 2012; Ramírez y Ríos-Casanova, 2015).

Algunas cactáceas pueden dispersar sus semillas en las diferentes épocas del año. Determinadas especies de cactus producen grandes cantidades de semillas como una medida contra la depredación. En *Opuntia*, la cantidad de frutos y semillas producidas puede variar de un año a otro e incluso pueden ser producidos fuera de la temporada (Quintana-Asencio y González-Espinosa, 1990). Además estas plantas ofrecen su arilo, una estructura jugosa y carnosa que atrae a las hormigas, aves y mamíferos. El arilo es una estructura



atractiva y nutritiva que funciona como recompensa para los dispersores, de forma que se establece una simbiosis como la de *Pogonomyrmex cunicularis* y *Jatropha excista* en Argentina (Aranda-Rickert, 2011).

La producción de frutos carnosos requiere de una provisión de agua para completar su desarrollo y atractivos y jugosos para los consumidores o dispersores (Quintana-Asencio y González-Esiponoza, 1990), como sucede con los frutos del "pirul", que solo fueron vistas en la época lluviosa, cuando las semillas ya dispersadas, son aprovechadas por las hormigas al descubrirlas en el suelo, las acarrear al nido y al no consumirlas las depositaron en el basurero del mismo, donde podría germinar o establecerse en cuanto encuentre condiciones ambientales favorables para hacerlo.

Estudios sobre forrajeo, acarreo, dieta y dispersión secundaria de semillas por hormigas del género *Pogonomyrmex* han encontrado que las especies *P. badius*, *P. occidentalis*, *P. floridanus*, *P. californicus*, *P. rugosus*, interaccionan con gran variedad de plantas entre las que destacan Asteraceae, Euphorbiaceae, Leguminosae y Poaceae con mayores abundancias o riquezas en los desiertos del norte del país; también se ha visto esta interacción en los desiertos del sur del continente americano con las especies *P. inermis*, *P. protonalis*, *P. cunicularis*, *P. rastratus* (Whitford et al., 1975; Mancilla, 1989; Pirk et al., 2004; Pirk, 2007; Whitford et al., 2008; De Falco et al., 2009; Aranda-Rickert, 2011; Tschinkel y Domínguez, 2017).

En este trabajo, la mayor abundancia de semillas, en ambos sitios correspondió a plantas anuales al igual que en otros estudios (Bernstein, 1974; Gordon, 1987; Mancilla, 1989; De



Falco *et al.*, 2009). Aunque las semillas de plantas perenes como cactáceas, anacardiáceas y leguminosas también estuvieron presentes.

### **Propiedades físicas y químicas del suelo de hormiguero comparado al suelo adyacente**

Las hormigas como ingenieros del ecosistema, no sólo son capaces de alterar la cobertura vegetal que les rodea, sino también las propiedades físicas y químicas del suelo en el que habitan (Rojas-Fernández, 2003; Guzmán-Mendoza *et al.*, 2012). En este estudio fue posible identificar que las condiciones físicas como químicas de los suelos de los hormigueros fueron significativamente diferentes a los suelos adyacentes a ellos, y en los hormigueros se encontraron mejores condiciones de fertilidad.

Whitford *et al.*, (1975), Crist y Wiens (1996), Wagner *et al.*, (1997) MacMahon *et al.*, (2000), Rojas-Fernández (2001), Wagner y Jones (2006) y Cammeraat y Risch (2008) han indicado que las diferencias en DA de suelo de nidos de hormiguero y suelo adyacente, se debe principalmente a la construcción del nido en sí; es decir, las hormigas al excavar, limpiar y mantener túneles y galerías de su nido producen un aumento en la porosidad del suelo, volviéndolo menos compacto que los suelos adyacentes, facilitando la aireación y la infiltración de agua (Lei, 2000; Li *et al.*, 2014), lo que evita la evapotranspiración. Las hormigas al construir sus nidos realizan un recambio de suelo al extraer partículas minerales del suelo y fragmentos de roca que son depositadas sobre la superficie de los nidos, expuestas a la intemperie donde entran como parte de algún ciclo biogeoquímico como el del fósforo, calcio, potasio o magnesio.



En cuanto a las condiciones químicas, las hormigas al depositar sus desechos orgánicos en el basurero, no sólo pueden aumentar el contenido de materia orgánica (MO) y carbono orgánico (CO), sino también modificar el pH del suelo del hormiguero, como consecuencia de la mineralización de la MO, en la que se producen ácidos húmicos y fúlvicos que acidifican el suelo (Rojas-Fernández, 2003; Santander, 2004; Inbellone *et al.*, 2010). Las actividades de las hormigas permiten reactivar a una gran cantidad de meso y microbiota entre bacterias y protozoarios que participan en la disponibilidad de otros nutrientes que las plantas utilizan como el nitrato, fosfatos, y algunos otros iones; lo que vuelve al suelo del basurero de estos hormigueros un sitio que puede favorecer el establecimiento de diferentes plantas (Crist y Wiens, 1996; Lei, 2000; Rojas-Fernández, 2003; Wagner *et al.*, 2004; Cammeraat y Risch, 2008; Echezona e Igwe, 2012).

Sin embargo, los incendios también son modeladores del ecosistema, tienen su propio papel, y no sólo modifican la cobertura vegetal sino también pueden actuar sobre algunas de las propiedades del suelo, y en ello también recae el grado de perturbación del incendio mismo.

García (2003), Santander (2004) y Barragan (2016) evaluaron suelos forestales en condiciones post-incendio y encontraron que los incendios moderados, no modifican las propiedades físicas de los suelos; aunque si lo hacen con algunas propiedades químicas, como el contenido de materia orgánica, nitrógeno, azufre, calcio y potasio (Mataix-Solera *et al.*, 2009). Dependiendo de la intensidad de los incendios se ha indicado que hay poco impacto de los incendios sobre la



densidad y la porosidad del suelo (Chuvienco, 1999; Killgrove et al., 2009; Mataix-Solera et al., 2011).

Ravi et al., 2009, informó sobre la pérdida de la capa superficial del suelo debido al arrastre por agua y viento; Snyman (2003) señaló que hubo un decremento en la humedad del suelo incendiado. El presente trabajo demostró que el incendio en el Parque Ecológico Cubitos si provocó cambios en las propiedades físicas y químicas evaluadas aquí; la densidad aparente fue significativamente menor en el suelo del sitio quemado respecto al no incendiado, donde el incendio posiblemente provocó un cambio en los agregados y los poros del suelo como lo observado por Barragán (2016).

En cuanto a las propiedades químicas del suelo post-incendio se vio enriquecido por el aporte de material orgánico quemado (cenizas), que provoca el aumento de materia orgánica y carbono orgánico. La menor concentración de fósforo, en suelo del sitio quemado puede atribuirse a que fue lixiviado o volatilizado por acción del agua y viento respectivamente, como lo sugirió Chuvienco (1999) y Mataix-Solera et al., (2009).

Que no se haya encontrado diferencias entre sitio incendiado y no incendiado en nitrógeno total, ni entre condición fuera o dentro de los hormigueros, expresa que existe actividad micro, meso y macro biológica activa en el suelo de las cuatro condiciones evaluadas. Con ello se puede inferir que las condiciones edáficas del suelo del basurero de los hormigueros podrían ser favorables para que aquellas semillas depositadas sobre ellos tengan la posibilidad de germinar y establecerse.



## **Dinámica de la dispersión secundaria de semillas en condiciones post-incendio**

De acuerdo al modelo de "diplocoria" propuesto por Vander Wall y Longland (2004), las hormigas en ecosistemas semiáridos funcionan como agentes de dispersión de semillas por diplocoria. De manera natural las especies vegetales dispersan sus semillas por mecanismos autónomos o factores abióticos y son depositadas en el suelo dispersión primaria (**F1**), sin embargo si aparece una perturbación por incendio algunas de estas semillas quedan resguardadas bajo el suelo sobreviviendo al incendio (**IN**). Siguiendo los estudios de dieta de *Pogonomyrmex barbatus*, y *P. floridanus* se sabe que estas hormigas colectan las semillas que se encuentran sobre la superficie o bajo suelo, es decir aquellas que ya posiblemente tuvieron algún mecanismo de dispersión primaria y han superado el impacto del fuego (Quintana-Asencio, 1985; Quintana-Asencio y González-Espinoza, 1990; Guzmán, 2004; Vander Wall y Longland, 2004), considerando lo anterior, en este estudio se observó que una gran cantidad de semillas y diásporas colectadas que no fueron consumidas del sitio incendiado fueron dispersadas en el basurero del hormiguero, formando parte de la dispersión secundaria (**F2**), un sitio que se podría considerar idóneo para la germinación y establecimiento de las plántulas; sin embargo, cuando los factores son favorables y las semillas germinan, *Pogonomyrmex* obstaculiza su desarrollo ya que no permite que se establezca alguna cubierta vegetal sobre sus nidos, tal como lo menciona (Mackay *et al.*, 1985; Rios-Casanova, 2005) y forma parte de la depredación post-dispersiva como lo menciona el modelo de Vander Wall y Longland, 2004 (figura 26)





**Figura 26.** Remoción de plántulas sobre hormiguero de *Pogonomyrmex barbatus*

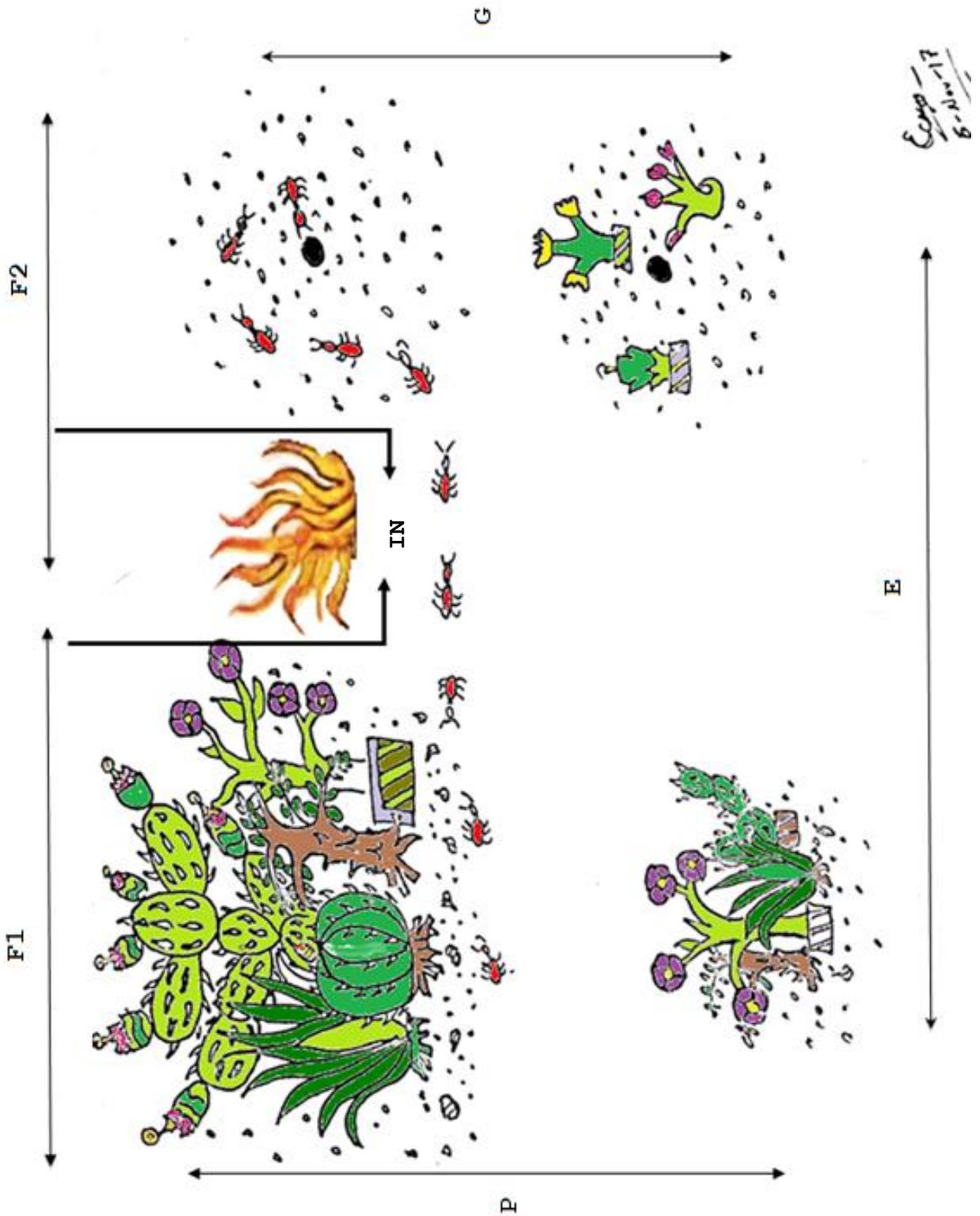
Aunque pareciera ser más un depredador que un dispersor, esta hormiga puede moverse de un lugar a otro relocalizando su nido, como lo han reportado (Gordon 1987,1992; Van Pelt, 1976), con este suceso y considerando la muerte natural de una colonia, el aservo de semillas que fueron depositadas en el basurero tendrían la posibilidad de germinar (**G**) y podrían contribuir a la construcción de un mosaico vegetal rico en diferentes especies a mediano o largo plazo al establecerse (**E**), lo que podría permitir la recuperación vegetal del ecosistema posterior a un incendio, siendo un eslabón fundamental para reiniciar el desarrollo de una comunidad vegetal y la permanencia(**P**) de las especies vegetales (Figura 27).

Trabajos posteriores como el de determinar la procedencia de las semillas colectadas por esta hormiga, establecer el porcentaje de emergencia y la viabilidad de las semillas



depositadas en el basurero del nido, así como el de un seguimiento de la recuperación vegetal posterior a un abandono del nido, pueden contribuir a un mejor entendimiento del papel que ejerce esta hormiga como dispersor secundario de semillas sobre los ecosistemas semiáridos intertropicales posterior a una perturbación como lo son los incendios.





**Figura 27.** Modelo de diplocoria pot-incendio propuesto para *Pogonomomyrmex barbatus*



## X. Conclusiones

La densidad y el tamaño de los hormigueros fueron favorecidos por el incendio, pues los nidos del sitio incendiado fueron de mayor tamaño y se encontró mayor densidad de hormigueros de *Pogonomyrmex barbatus*.

El incendio favoreció significativamente la riqueza y abundancia de semillas en el basurero de los hormigueros del sitio incendiado comparado con los hormigueros del sitio no incendiado.

En este estudio, *P. barbatus* fue capaz de dispersar un total de 6814 semillas en un año por cada 100g de suelo del basurero de los hormigueros del sitio incendiado y 1591 semillas en los hormigueros del sitio conservado. Estas semillas corresponden a 77 morfotipos (especies) diferentes, clasificadas en 18 familias en total, donde la familia Leguminosae fue la más favorecida en el sitio incendiado. Y aunque también la estuvo en el sitio conservado, también fueron favorecidas en riqueza especies de Alliaceae, Asteraceae, Cactaceae y Poaceae. Especies de Lamiaceae, Polygonaceae, Portulacaceae y Rubiaceae fueron dispersadas en el sitio incendiado mientras que semillas de Anacardiaceae fue dispersada exclusivamente en el sitio conservado.

El periodo que comprendió los meses de septiembre a febrero, que corresponde a la temporada de sequía, fue donde más semillas fueron dispersadas en el basurero de los hormigueros en ambos sitios; sin embargo también hubo dispersión significativa en los meses de mayo a agosto en la temporada lluviosa; donde las semillas de Asteraceae, Convolvulaceae, Rubiaceae y Solanaceae fueron dispersadas en el sitio incendiado, mientras que las semillas de Asteraceae,



Anacardiaceae, Leguminosae y Solanaceae fueron en los hormigueros del sitio conservado en esta misma temporada.

En los hormigueros del sitio conservado se encontró mayor diversidad de diásporas significativamente diferente a la diversidad de diásporas que se dispersaron en los hormigueros del sitio incendiado.

Los análisis de suelo de los hormigueros y suelo adyacente mostró diferencias significativas en las propiedades físicas y muy pocas en las propiedades químicas entre una condición y otra, el factor incendio fue el que provocó el aumento en contenido de materia orgánica y carbono orgánico al suelo del sitio incendiado adyacente a los hormigueros; en cambio no hubo diferencia entre el suelo de los hormigueros del sitio conservado respecto al suelo adyacente.

Los suelos de los hormigueros ofrecen mejores condiciones de densidad aparente, pH, y mayores concentraciones de fósforo, nitrógeno y porcentaje de porosidad, lo que vuelve al basurero de los hormigueros un sitio seguro para que las semillas viables depositadas puedan germinar y las plántulas establecerse.



## XI. Referencias

- Adams E.S. 2016. Territoriality in ants (Hymenoptera: Formicidae): a review. *Myrmecological News*. 23: 101-118
- Aranda-Rickert A. 2011. Ecología de la dispersión de semillas por hormigas en *Jatropha excisa* Griseb. (Euphorbiaceae). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Aranda-Rickert A., Fracchia S. 2012. La biología de *Pogonomyrmex cunicularis pencosencis* (Hymenoptera: Formicidae) en relación con su comportamiento como dispersora de semillas con eleosoma en el Noroeste semiárido argentino. *Rev. Soc. Entomol. Arent*. 71: 11-27
- Barragán M.S.M. 2016. Emergencia y crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides* en condiciones postincendio. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Barroso R.G. 2012. Uso de hábitat por la hormiga mediterránea *Aphaenogaster senilis*, en Doñana: competencia y explotación de los recursos. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. España.
- Bernstein A. R. 1974. Seasonal Food Abundance Activity in Some Desert Ants. *Rev. The American Naturalist*. 108(962): 490-498
- Calderón R.G., Rzedowski J. 2010. Flora Fanerogámica del Valle de México. Edición digital. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Méico.
- Cano-Salgado A., Zavala-Hurtado J., Orozco-Segovia A., Valverde-Valdés M., Pérez-Rodríguez P. 2012. Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. *Rev. Mexicana de Biodiversidad* 83: 437-446
- Cammeraat E.L.H., Risch A.C. 2008. The impacto of ants on mineral properties and processes at different spatial scales. *J. Appl. Entomol*. 132: 285-294
- Castillo A.S., Guadarrama P., Martínez Y., Mendoza-Hernández P., Nuñez-Castillo O., Romero-Romero M., Sánchez-Gallén I. 2002. Diásporas del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Chimal-Sácnchez E., Araiza-Jacinto M.L., Román-Cárdenas V.J. 2015. El efecto del fuego en la riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares asociada a plantas de matorral xerófilo en el Parque Ecológico "Cubitos". *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 18(2): 107-115.



- Chuvieco E. 1999. Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basin. España. Springer.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2010. Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores. Tercera edición. Jalisco, México.
- Crist T.O., Wiens J.A. 1996. The distribution of ant colonies in a semiarid landscape: implications for community and ecosystem processes. *OIKOS*. 76: 301-311
- Cruz M.J. 2010. Germinación de ocho especies de la familia Fabaceae, bajo diferentes regímenes de temperatura. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Cole B.J., Wiernasz D.C. 2000. Colony size and reproduction in the western harvester ant, *Pogonomyrmes occidentalis*. *Insectes Sociaux*. 47: 01-05
- Cushman J.H., Martinense G.D., Mazeroll A.I. 1988. Density-and size-dependent spacing of ants nests: evidence for intraspecific competition. *Oecologia*. 77: 522-525
- Dalling J.W. 2002. Ecología de semillas: Pag. 345-375, en Guariguata M.R; Kattan G.H. (eds.) *Ecología y Conservación de bosques neotropicales*. Costa Rica
- Davidson D.W., Samson D.A. 1985. Granivory in the Chuihuhuan desert: interactions within and between trophic levels. *Ecology*. 66(2):486-502
- De Falco L.A., Esque T.C., Kane J.M., Nicklas M.B. 2009. Seed Banks in a degraded desert shrubland: Influence of soil Surface condition and harvester ant activity on seed abundance. *Journal of Arid Environments* 73: 885-893.
- De-la-Rosa-Mera C.L., Monroy-Ata A. 2006. Mosaicos de vegetación para la restauración ecológica en una zona semiárida. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 9(2): 96-100
- Durán C.S. 2009. Evaluación de la reserva de semillas del suelo en dos matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México.
- Echezona B.C., Igwe C.A. 2012. Evaluation of different ant nest media for growth and yield of soybean. *Journal of Plant Nutrition*. 35: 1601-1617
- Ellem B.L. 2004. Harvester ant mounds: utility for small object detection in archaeology. Tesis de maestría. Colorado State University. Colorado.
- Escala M., Xena E.N. 1991. Studio morfo-anatómico de semillas mirmecócoras en un ecosistema semiárido venezolano. *Rev. Orsis*. 6:



- Escobar S., Armbrrecht I., Calle Z. 2007. Transporte de semillas por hormigas en bosques y agroecosistemas ganaderos de los andes colombinos. *Agroecología* 2: 65-74.
- Espinoza G.F.J., Sarukhán J. 1997. Manual de Malezas del Valle de México, claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México.
- Durán G.M. 2008. Caracterización edáfica bajo dosel de cuatro especies de la familia Leguminosae, en la zona semiseca del Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Flores G.M. 2000. Remoción de semillas en un fragmento de matorral espinoso tamaulipeco, Linares, N.L. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- García Q.O. 2003. Propiedades físicas y químicas de los suelos afectados por incendios en un bosque de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. Del Parque Nacional "El Chico" Hidalgo. Tesis de Licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- García-Sánchez R., Camargo R.S.L., García M.E., Romero-Manzanares A. 2011. Influencia de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera* en la diversidad vegetal y fertilidad del suelo en un ecosistema semiárido mexicano. En: García-Sánchez R. 2011. Diversidad funcional de los hongos micorrizógenos arbusculares de islas de recursos del Valle del Mezquital. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.
- García-Villar P., Ríos-Casanova L. 2015. Diversidad de Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en una zona restaurada: La antera Oriente del Pedregal de Ángel. 139-150 En Castaño-Meneses G; Vásquez-Bolaños M; Navarrete-Heredia J; Quiroz-Rocha G; Alcalá-Martínez I. 2015. Avances de Formicidae de México. Centro de Estudios en Zoología. Universidad de Guadalajara. México.
- Gómez C., Espalader X. 1997. Manipulación por hormigas de semillas de *Euphorbia characias* (Euphorbiaceae) dentro del hormiguero. *SCIENTIA geundensis*. 23: 53-61
- González-Polo M., Folgarait P., Martínez A. 2004. Evaluación estacional del efecto de los nidos de *Camponotuspunctulatus* sobre la biomasa y la actividad microbiana en una pastura subtropical de Argentina. *Ecología Austral*. 14: 149-163
- Gordon D.M. 1987. Group-level dynamics in harvester ants: Young colonies and the role of patrolling. *Animal Behavior*. 35:833-843



- Gordon D.M. 1992. Nest relocation in harvester ants. *Entomology Society of America*. 85(1): 44-47
- Gordon D.M. 1995. The development of an ant colony's foraging range. *Animal Behavior*. 49: 649-659.
- Gordon D.M. 1996. Founding, foraging, and fighting: colony size and the spatial distribution of harvester ant nests. *Ecology*. 77(8): 2393-2409
- Guerra H.E., Cruz F.G. 2014. *Métodos de Evaluación y Diagnóstico para Agua y Suelo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Guzmán M.R. 2004. Patrones de actividad de forrajeo de *Pogonomyrmex barbatus* en el Valle semiárido intertropical de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México.
- Guzmán-Mendoza R., Castaño-Meneses G., Herrera-Fuentes M.C. 2010. Variación espacial y temporal de la diversidad de hormigas en el Jardín Botánico del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81: 427-435.
- Guzmán-Mendoza R., Castaño-Meneses G., Zavala-Hurtado J.A. 2012. Foraging Activity and Trophic Spectrum of Red Ant *Pogonomyrmex barbatus* Smith 1858, in Productivity-Contrasted Microenvironments. *Psyche*. Doi:10.1155/2012/942737
- Hernández F.J. 2012. Conducta de forrajeo y dieta de la hormiga *Pogonomyrmex barbatus* en el Limón de Cuauchichinola Sierra de Huautla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Morelos. México.
- Hernández G.R. 2008. Biología reproductiva de aves residentes en un parque urbano: El Parque Ecológico Cubitos, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Hernández V.V. 2009. Persistencia de semillas en la reserva del suelo de cuatro especies de leguminosas nativas de una zona semiseca de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Inbellone A.P., Giménez E.J., Panigatti L.J. 2010. Suelos de la región Pampeana. Procesos de formación. Ed. INTA. 320pp. Buenos Aires.
- Jacomé C.A. 2013. Control de la erosión de suelo por medio de técnicas de bioingeniería en el Parque Ecológico Cubitos, en el estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.



- Johnson R.A. & Cover S.P. 2015. A taxonomy revision of the seed-harvester ant genus *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) on Hispaniola. ZOOTAXA. 3972(2): 321-249
- Jones R.G. 2012. Evaluación de la remoción de semillas por roedores y hormigas en pinares mediterráneos afectados por incendios forestales. Tesis doctoral. Universidad de Girona. España.
- Killgore A., Jackson E., Whitford W.G. 2009. Fire in Chihuahuan Desert: Short-term effects on vegetation, small mammal population, and faunal pedoturbation. Journal of Arid Environments. 73: 1029-1034
- Lei A.S. 2000. Ecological impacts of seed harvester ants on soil attributes in a *Larrea*-dominated shrubland. Western North American Naturalist 60(4): 439-444.
- León A.E. 2008. Evaluación de la actividad microbiana en las islas de recursos formados por *Mimosa biuncifera* y *Prosopis laevigata* en matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Hidalgo. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Li R.X., Gao H.Y., Su Q.J., Jia R, L., Zhang S.Z. 2014. Ants mediated soil water in arid desert ecosystems: Mitigating rainfall interception induced by biological soil crusts?. Applied Soil Ecology. 78: 57-64.
- Mackay P.W., Mackay E.E., Pérez D.F., Valdez S.L., Vielma O.P. 1985. Las Hormigas del estado de Chihuahua México: El género *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). Rev. Sociobiology 11 (1): 39-54
- MacMahon A.J., Mull F.J., Crist T.O. 2000. Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): Their community and Ecosystem Influences. Annu. Rev. Ecol. Syst. 31: 265-291
- Mancilla M.B.R. 1989. Selección de semillas de plantas anuales por las hormigas forrajeras del desierto central de Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Manson R.H., Jardel P. E. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En Dirzo R; González R; March I. J. 2009. Capital Natural de México Vol. II Estado de Conservación y Tendencias de Cambio. CONABIO. México.
- Martínez P. M. 2012. Dinámica vegetal de un matorral mediterráneo tras eliminación de competencia e introducción de especies. Efectos a mediano plazo. Tesis de licenciatura. Universidad de Valencia. Gandia.
- Martínez-Orea Y., Castillo A.S., Guadarrama C.P. 2009. La dispersión de frutos y semillas. Ciencias 96: 38-41



- Mataix-Solera J., Cerdà A., Arcenegui V., Jordán A., Zavala L.M. 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Science Reviews*. 109: 44-60
- Mataix-Solera J., Guerrero C., Arceniegui V., Bárcenas G., Zornóza R., Pérez-Bejarano A., Bodí B.M., Mataix-Beneyto J., Gómez I., García-Orenes F., Navarro-Pedreño J., Jordán M.M., Cerdá A., Doerr H.S., Úbeda X., Outerio L., Pereira P., Jordán A., Zavala M.L. 2009. Los Incendios Forestales y el Suelo: un resumen de la investigación realizada por el grupo de edafología ambiental de la UMH en colaboración con otros grupos. En: Cerdá A., Mataix-Solera J., (Editores). 2009. Efectos de los incendios forestales sobre los suelos de España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles. Universidad de Valencia, Cátedra Divulgación da la Ciencia. España.
- Medina S.M.A. 2014 bn. Estudio de la dieta de la hormiga *Pogonomyrmex barbatus*: un análisis de los basureros de sus nidos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México.
- Medrano G.F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Mieles G. A. 2010. Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del área periurbana de Ensenada, Baja California: Efectos de los componentes ecológicos geográficos sobre la riqueza de especies. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Norma Oficial Mexicana-021- SEMARNAT, (2000). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Pérez P.C.J. 2007. Germinación de semillas de *Mimosa aculeaticarpa* var. *Biuncifera* (Benth) Barneby Fabaceae. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Pérez C.J., Rodríguez G.R.K. 2010. Caracterización del hábitat y de atributos ecológicos de especies herbáceas y leñosas nativas de matorral xerófilo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Pirk G.I. 2002. Dieta de las hormigas granívoras *Pogonomyrmex protonalis* y *Pogonomyrmex rastratus* en el Monte Central. Tesis de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.



- Pirk I.G. 2007. Granivoría por hormigas del género *Pogonomyrmex* en el Monte Central: Consumo de semillas e impacto sobre el banco del suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Pirk G., López C.J., Pol R. 2004. Asociación de las hormigas granívoras *Pogonomyrmex protonalis*, *P. rastratus rastratus* y *P. inermis* con caminos en el Monte Central. *Ecología Austral* 14: 65-57
- Quintana-Asencio P. F. 1985. Dispersión de las semillas de nopal (*Opuntia* spp.) por animales silvestres y domésticos en "El Gran Tunal" San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Quintana-Asencio P; González-Espinoza M. 1990. Variación estacional en la dieta de *Pogonomyrmex barbatus* (Hymenoptera: Formicidae) en nopaleras del centro de México. *Folia Entomol. Mex.* 80:245-261 pp.
- Ramírez L.I. 2016. Semillas removidas por la hormiga *Pogonomyrmex barbatus* (Smith): especies, familias y formas de vida. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México.
- Ramírez L. I., Ríos-Casanova L. 2015. Semillas removidas por la hormiga *Pogonomyrmex barbatus* (Smith): especies, familias y formas de vida. En: Castaño-Meneses G., Vázquez-Bolaños M., Navarrete-Heredia J.L., Quiroz-Rocha G.A., Alcalá-Martínez I. (Editores). 2015. Avances de Formicidae de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad de Guadalajara. México.
- Ravi S., D'Odorico P., Wang L., White C.S., Okin G.S., Macko S.A., Collins S.L. 2009. Post-fire resource redistribution in desert grasslands: A possible negative feedback on land degradation. *Ecosystems*. 12: 434-444
- Ríos-Casanova L. 2005. Seed selectivity by a harvester ant in soil chronosequence in the Tehuacan Valley Mexico. En Ríos-Casanova L. 2005. Efecto de la heterogeneidad ambiental de un abanico aluvial sobre la comunidad de hormigas en Coxcatlán, Puebla. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Ríos-Casanova L., Godínez-Álvarez H., Martínez M.G. 2012. Remoción de semillas en hábitats transformados: *Pogonomyrmex barbatus* (Hymenoptera: Formicidae) y cinco especies de cactáceas del centro de México. *Sociobiology*. 59(1): 49-65 revisar para discusión de semillas
- Ríos-Casanova L., Medina S.A. 2013. Estudio de la remoción de semillas por la hormiga *Pogonomyrmex barbatus* (Smith) en ambientes transformados: un análisis de los basureros de los nidos. En Vázquez-Bolaños M., Castaño-Meneses G., Cisneros-Caballero A., Quiroz-Rocha G., Navarrete-Heredia J. Formicidae de México. Universidad de Guadalajara



- Reyes L.J. 2000. Dispersión Secundaria de Semillas por Hormigas (Hymenoptera: Formicidae): nuevos ejemplos en ecosistemas Mediterráneos. Boln. Asoc. esp. Ent. 24(3-4): 201-203
- Rojas-Fernandez P. 2003. Las hormigas del suelo de México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana. (n.s.) 1: 189-238
- Sánchez H. M. 2007. Tipos de Incendio y su relación con la recuperación y diversidad del estrato herbáceo en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Sánchez S. J. 2012. Cactoflora de la zona árida y semiárida de Durango, México. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Santander G.M. 2004. Caracterización de materia orgánica por espectroscopía de infrarrojo (FT-IR) y su relación con nitrógeno y fósforo en el suelo post-incendio de un bosque de Oyamel. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Snyman H.A. 2003. Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid climated of South Africa. Journal of Arid Environments. 55: 160-180
- Trucco C.E., Caziani S.M. 2008. Remosioin de semillas en un borde inducido por incendio forestal en el Chaco semiárido argentino. ne
- Tschinkel R.W., Domínguez D.J. 2017. An illutrated guide to seeds found nest of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. PLos ONE. 12(3)
- Vargas-Mendoza M.C., González-Espiosa M. 1992. Habitat heterogeneity and dispersal of *Opuntia streptacantha* (Cactaceae) in nopaleras of Central Mexico. Rev. TheSouthWestern Naturalist. 37(4): 379-385
- Vander Wall S.B., Longland W.S. 2004. Diplochory: are two seed dispersers better than one?. Ecology and Evolution. 19(3): 155-161
- Van Pelt A. 1976. Nest Relocation in the ant *Pogonomyrmex barbatus*. Ann. Entomol. Soc. Am. 69: 493
- Velázquez V. D. 2010. Diagnóstico ambiental del Parque Ecológico Cubitos, ubicado en el municipio de Pachuca, estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México.
- Wagner D., Brown M.J., Gordon D.M. 1997. Harvester ant nest, soil biota and soil chemistry. Oecologia 112: 232-236



- Wagner D., Jones J.B., Gordon D.M. 2004. Development of harvester ant colonies alters soil chemistry. *Soil Biology & Biochemistry*. 36: 797-804
- Wagner D., Jones B.J. 2006. The impact of harvester ants on decomposition, N mineralization, litter quality, and the availability of N to plants in the Mojave Desert. *Rev. Soil Biology & Biochemistry* 36: 2593-2601
- Whitford W.G., Johnson P., Ramírez J. 1975. Comparative ecology of the harvester ants *Pogonomyrmex barbatus* (F. Smith) and *Pogonomyrmex rugosus* (Emery). Progress reports Utah State University. 29-37
- Whitford W.G., Barnes G., Steinberg Y. 2008. Effects of three species of Chihuahuan Desert ants on annual plants and soil properties. *Journal of Arid Environments*. 72: 392-400
- Wolfson B.A.S., Kolb T.E., Sieg C.H., Clancy K.B. 2005. Effects of post-fire conditions on germination and seedling success of diffuse knapweed in northern Arizona. *Forest Ecology and Management*. 216(1-3): 342-358
- Zuloaga A. S. 2010. Efecto del fuego sobre la germinación y el banco de semillas de bosques templados del occidente de México. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz.

#### Referencias electrónicas

- Colección anexa de frutos y semillas (MEXU). 2004. Disponible en: [http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/69346/browse?projecto=Irekani&type=title&submit\\_browse=Title&collec=only](http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/69346/browse?projecto=Irekani&type=title&submit_browse=Title&collec=only)



## XII. Anexos

### Anexo I. Análisis de varianza de tamaño de hormigueros con método no paramétrico KruskalWallis.

#### **Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
TAMAÑO	HSC2014	9	2.24	0.33	2.14	11.89	0.0078
TAMAÑO	HSC2015	9	3.00	1.07	2.98		
TAMAÑO	HSQ2014	9	3.77	1.43	3.30		
TAMAÑO	HSQ2015	9	4.22	1.50	4.43		

#### Trat. Ranks

HSC2014	9.44	A
HSC2015	16.83	A B
HSQ2014	22.39	B
HSQ2015	25.33	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Anexo II. Análisis de la varianza variables del suelo del basurero de los hormigueros y suelo adyacente con método no paramétrico KruskalWallis.

#### **Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
pH	SCD	10	6.93	0.64	7.08	15.47	0.0014
pH	SCF	10	7.65	0.27	7.64		
pH	SQD	10	6.97	0.29	6.90		
pH	SQF	10	7.47	0.29	7.39		

#### Trat. Ranks

SQD	12.40	A
SCD	14.65	A B
SQF	24.80	B C
SCF	30.15	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
DA	SCD	10	1.40	0.07	1.39	27.93	<0.0001
DA	SCF	10	1.24	0.03	1.25		
DA	SQD	10	1.20	0.10	1.20		
DA	SQF	10	1.08	0.08	1.05		

#### Trat. Ranks

SQF	7.80	A
SQD	17.70	A B
SCF	21.45	B
SCD	35.05	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
DR	SCD	10	2.75	0.79	2.50	7.03	0.0115
DR	SCF	10	2.08	0.44	2.08		
DR	SQD	10	2.42	0.26	2.50		
DR	SQF	10	2.08	0.44	2.08		

#### Trat. Ranks

SQF	15.75	A
SCF	15.75	A
SQD	23.55	A B
SCD	26.95	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
%MO	SCD	10	0.74	0.38	0.81	27.06	<0.0001
%MO	SCF	10	0.90	0.87	0.58		
%MO	SQD	10	2.65	0.86	2.44		
%MO	SQF	10	3.81	1.14	4.23		

Trat.		Ranks
SCD	10.90	A
SCF	11.30	A
SQD	27.05	B
SQF	32.75	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
%Corg	SCD	10	0.43	0.22	0.47	27.06	<0.0001
%Corg	SCF	10	0.52	0.50	0.33		
%Corg	SQD	10	1.54	0.50	1.41		
%Corg	SQF	10	2.21	0.66	2.45		

Trat.		Ranks
SCD	10.90	A
SCF	11.30	A
SQD	27.05	B
SQF	32.75	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
<b>P</b>	SCD	10	0.13	0.04	0.14	22.07	0.0001
<b>P</b>	SCF	10	0.12	0.03	0.11		
<b>P</b>	SQD	10	0.12	0.04	0.13		
<b>P</b>	SQF	10	0.03	4.1E-03	0.03		

Trat.		Ranks
SQF	5.60	A
SCF	24.05	B
SQD	25.05	B
SCD	27.30	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
<b>N</b>	SCD	10	0.33	0.25	0.21	0.66	<b>0.8805</b>
<b>N</b>	SCF	10	0.27	0.18	0.21		
<b>N</b>	SQD	10	0.27	0.09	0.25		
<b>N</b>	SQF	10	0.28	0.16	0.26		

Variable	hormigueros	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
%PORO	SCD	10	46.79	9.34	44.44	4.96	<b>0.1736</b>
%PORO	SCF	10	38.15	13.56	38.41		
%PORO	SQD	10	49.18	11.12	51.80		
%PORO	SQF	10	45.86	11.74	46.19		



### Anexo III. Análisis de correspondencias

#### SEMILLAS SITIO QUEMADO

> ca (semillasq)

Principal inertias (eigenvalues):

	1	2	3	4	5	6	7
Value	0.066139	0.061023	0.046767	0.018207	0.014106	0.012672	0.00579
Percentage	29%	26.76%	20.51%	7.98%	6.19%	5.56%	2.54%
	8	9	10	11			
Value	0.002022	0.000805	0.000456	4.5e-05			
Percentage	0.89%	0.35%	0.2%	0.02%			

**Rows:**

	Fab	Cac	Ama	All	Poa	Cary
Conv						
Mass	0.798487	0.004771	0.047376	0.033394	0.032407	0.022701
0.014970						
ChiDist	0.066527	1.219676	0.726780	0.635889	0.650976	1.116452
0.799746						
Inertia	0.003534	0.007097	0.025025	0.013503	0.013733	0.028296
0.009574						
<b>Dim.1</b>	<b>-0.190292</b>	<b>-0.962008</b>	<b>-0.890294</b>	<b>0.139593</b>	<b>1.802302</b>	<b>-0.330185</b>
<b>2.895867</b>						
<b>Dim.2</b>	<b>0.065814</b>	<b>-0.833317</b>	<b>-1.432340</b>	<b>-0.868014</b>	<b>-0.665700</b>	<b>-1.538071</b>
<b>0.065684</b>						

	Sol	Port	Malv	Eupho	Bras	Aste
Rub						
Mass	0.019576	0.000494	0.001481	0.000494	0.001152	0.019576
0.000987						
ChiDist	0.839695	2.391051	1.633224	3.090925	3.979866	1.557001
2.364108						
Inertia	0.013802	0.002821	0.003949	0.004715	0.018239	0.047456
0.005516						
<b>Dim. 1</b>	<b>2.173422</b>	<b>-3.637112</b>	<b>-1.273135</b>	<b>-1.819209</b>	<b>14.210210</b>	<b>1.136339</b>
<b>0.746538</b>						
<b>Dim. 2</b>	<b>0.390999</b>	<b>-1.675740</b>	<b>-2.623813</b>	<b>-3.603125</b>	<b>-4.686829</b>	<b>6.030538</b>
<b>1.428967</b>						

	Cheno	Poly	Lamia
Mass	0.001152	0.000494	0.000494
ChiDist	3.979866	3.979866	3.090925
Inertia	0.018239	0.007817	0.004715
<b>Dim. 1</b>	<b>14.210210</b>	<b>14.210210</b>	<b>-1.819209</b>
<b>Dim. 2</b>	<b>-4.686829</b>	<b>-4.686829</b>	<b>-3.603125</b>

**Columns:**

	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Mar						
Mass	0.148873	0.089488	0.113341	0.073367	0.094752	0.090146
0.073038						
ChiDist	0.426363	0.228841	0.259609	0.302893	0.418329	0.610692
0.389157						
Inertia	0.027063	0.004686	0.007639	0.006731	0.016582	0.033620
0.011061						
<b>Dim.1</b>	<b>-0.935378</b>	<b>-0.408715</b>	<b>-0.194187</b>	<b>-0.320216</b>	<b>-0.467857</b>	<b>-0.245896</b>
<b>0.109620</b>						
<b>Dim.2</b>	<b>-0.413956</b>	<b>-0.288417</b>	<b>-0.470799</b>	<b>-0.583596</b>	<b>-0.890075</b>	<b>-0.645187</b>
<b>0.139545</b>						

	Abr	May	Jun	Jul	Agst
--	-----	-----	-----	-----	------



Mass	0.078960	0.089982	0.020069	0.068597	0.059385		
ChiDist	0.351900	0.398282	0.725740	0.624901	0.998790		
Inertia	0.009778	0.014274	0.010570	0.026787	0.059241		
<b>Dim. 1</b>	<b>0.274363</b>	<b>0.102310</b>	<b>-0.053270</b>	<b>0.481036</b>	<b>3.654524</b>		
<b>Dim. 2</b>	<b>0.845536</b>	<b>1.516265</b>	<b>2.146845</b>	<b>2.314595</b>	<b>-1.157780</b>		

SEMILLAS SITIO CONSERVADO

ca (semillas)

Principal inertias (eigenvalues):

	1	2	3	4	5	6	7
Value	0.211715	0.177232	0.100029	0.087075	0.04647	0.024032	0.016161
Percentage	30.82%	25.8%	14.56%	12.68%	6.77%	3.5%	2.35%
	8	9	10	11			
Value	0.012271	0.006139	0.003604	0.002166			
Percentage	1.79%	0.89%	0.52%	0.32%			

**Rows:**

	Fab	Cac	Ama	All	Poa	Cary
Conv						
Mass	0.641481	0.074544	0.046146	0.032961	0.084686	0.041582
0.007606						
ChiDist	0.287325	1.262676	1.236372	0.698265	1.152707	0.992785
1.399602						
Inertia	0.052958	0.118849	0.070540	0.016071	0.112525	0.040984
0.014900						
<b>Dim. 1</b>	<b>-0.533037</b>	<b>1.868302</b>	<b>0.807017</b>	<b>0.591443</b>	<b>2.203349</b>	<b>-0.518507</b>
<b>0.547747</b>						
<b>Dim. 2</b>	<b>0.228662</b>	<b>-1.301751</b>	<b>1.225783</b>	<b>0.521346</b>	<b>0.456424</b>	<b>0.287176</b>
<b>0.921305</b>						

	Sol	Malv	Eupho	Bras	Aste	Ana
Cheno						
Mass	0.010142	0.001521	0.003043	0.004564	0.048682	0.001521
0.001521						
ChiDist	1.481056	3.779791	2.655361	1.918382	1.696164	3.497842
3.549648						
Inertia	0.022247	0.021735	0.021453	0.016796	0.140056	0.018613
0.019168						
<b>Dim. 1</b>	<b>-1.104383</b>	<b>-0.165157</b>	<b>3.424124</b>	<b>0.744316</b>	<b>-0.601503</b>	<b>-1.284412</b>
<b>3.682518</b>						
<b>Dim. 2</b>	<b>1.268169</b>	<b>1.233092</b>	<b>1.757923</b>	<b>-0.408923</b>	<b>-3.727457</b>	<b>-4.070344</b>
<b>1.610484</b>						

**Columns:**

	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Mass	0.031947	0.026876	0.053753	0.073529	0.065416	0.077586	0.049189
ChiDist	0.974854	1.330986	0.935147	1.000329	0.871209	0.503797	1.294035
Inertia	0.030361	0.047612	0.047007	0.073578	0.049651	0.019692	0.082368
<b>Dim. 1</b>	<b>1.674262</b>	<b>0.226407</b>	<b>1.456630</b>	<b>1.694417</b>	<b>-0.075993</b>	<b>0.356287</b>	<b>1.878284</b>
<b>Dim. 2</b>	<b>0.170984</b>	<b>0.583359</b>	<b>0.802137</b>	<b>0.677996</b>	<b>0.519118</b>	<b>0.202196</b>	<b>-0.805302</b>

	Abr	May	Jun	Jul	Agst		
Mass	0.038032	0.090771	0.342799	0.075558	0.074544		
ChiDist	0.820942	0.651532	0.546651	0.934377	1.181494		
Inertia	0.025632	0.038532	0.102438	0.065966	0.104058		
<b>Dim. 1</b>	<b>0.253468</b>	<b>0.075306</b>	<b>-1.039153</b>	<b>-0.590990</b>	<b>0.092254</b>		
<b>Dim. 2</b>	<b>0.881655</b>	<b>0.249439</b>	<b>0.439891</b>	<b>-1.713569</b>	<b>-2.704978</b>		



CARACTERÍSTICAS HORMIGUEROS

ca (hormiga)

Principal inertias (eigenvalues):

	1	2	3	4	5	6	7	8
Value	0.159609	0.0067	0.002938	0.001034	0.000799	0.000286	6.1e-05	7e-06
Percent	93.1%	3.91%	1.71%	0.6%	0.47%	0.17%	0.04%	0%

**Rows:**

	Tamaño	pH	DA	MO	P	N
PORO						
Mass	0.033596	0.053926	0.010095	0.013178	0.001002	0.002308
ChiDist	0.455951	0.412523	0.461055	0.687805	0.512627	0.637234
Inertia	0.006984	0.009177	0.002146	0.006234	0.000263	0.000937
<b>Dim.1</b>	<b>-0.937841</b>	<b>-0.981213</b>	<b>-1.031674</b>	<b>-0.852238</b>	<b>-1.092396</b>	<b>-0.873118</b>
<b>Dim.2</b>	<b>2.552034</b>	<b>-0.868017</b>	<b>-1.921301</b>	<b>7.117001</b>	<b>-1.063876</b>	<b>-1.255352</b>

	RIQUEZA	ABUNTOT	H
Mass	0.039563	0.475533	0.009330
ChiDist	0.372326	0.418782	0.600670
Inertia	0.005484	0.083398	0.003366
<b>Dim. 1</b>	<b>-0.771834</b>	<b>1.048226</b>	<b>-1.434234</b>
<b>Dim. 2</b>	<b>-0.095585</b>	<b>-0.018424</b>	<b>-0.999624</b>

**Columns:**

	H1	H4	H7	H8	H9	H11
H12						
Mass	0.078324	0.094927	0.237283	0.073146	0.145528	0.062384
ChiDist	0.527752	0.273573	0.600340	0.228898	0.225919	0.472701
Inertia	0.021815	0.007105	0.085519	0.003832	0.007428	0.013940
<b>Dim. 1</b>	<b>-1.242300</b>	<b>-0.614680</b>	<b>1.501289</b>	<b>-0.411042</b>	<b>0.558636</b>	<b>-1.143287</b>
<b>Dim. 2</b>	<b>1.860435</b>	<b>1.255619</b>	<b>-0.144517</b>	<b>1.301226</b>	<b>0.344961</b>	<b>-1.279576</b>

	H13	H14	H15
Mass	0.068014	0.062237	0.090434
ChiDist	0.447382	0.488285	0.105015
Inertia	0.013613	0.014839	0.000997
<b>Dim. 1</b>	<b>-1.076256</b>	<b>-1.144024</b>	<b>-0.109552</b>
<b>Dim. 2</b>	<b>-1.317842</b>	<b>-1.427837</b>	<b>-0.448595</b>



**Anexo IV.** Análisis de varianza Kruskal Wallis para diversidad del sitio quemado y sitio conservado.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	HORMIGUERO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
H'	SC	12	1.97	0.24	2.00	11.60	0.0007
H'	SQ	12	1.40	0.34	1.41		

Trat. Ranks

SQ 7.58 A

SC 17.42 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

