



Biocarbón enriquecido con abonos orgánicos sobre grupos tróficos de nematodos de suelo

Biochar Enriched with Organic Fertilizers on Trophic Groups of Soil Nematodes

Daine Hernández-Ochandía* <https://orcid.org/0000-0001-8936-6022>

Roberto Enrique Regalado <https://orcid.org/0000-0001-6721-9873>

Lidia López Perdomo <https://orcid.org/0009-0002-1707-3840>

Ileana Miranda Cabrera <https://orcid.org/0000-0001-6533-3277>

Mayra G. Rodríguez Hernández <https://orcid.org/0000-0003-3394-6874>

Laboratorio de Nematología Agrícola. Departamento de Sanidad Vegetal.
Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA): Apdo. 10.
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Autor de correspondencia: daineho@gmail.com

Nota técnica

Recibido: 20 de marzo de 2024

Aceptado: 02 de mayo de 2024

Publicado: 25 de junio de 2024

Resumen

Objetivo. Determinar el impacto de aplicaciones de biocarbón enriquecido con abonos orgánicos sobre los grupos de nematodos de suelo. **Materiales y métodos.** El estudio se desarrolló en el Organopónico Vivero Alamar, Habana del Este, Cuba. Se evaluó el efecto de las aplicaciones de biocarbón sobre el crecimiento y producción de tres hortalizas y una planta aromática. Se realizaron muestreos de suelos antes de la siembra y después de aplicado el biocarbón. Se tomó 100 g de suelo por muestra, a las 72 horas se recolectaron, mataron, fijaron y contabilizaron los especímenes. Los

Abstract

Objective. Determine the impact of biochar applications enriched with organic fertilizers on soil nematode groups. **Materials and methods.** The study was carried out at the "Organopónico Vivero Alamar", Habana del Este, Cuba. The effect of biochar applications on the growth and production of three vegetables and an aromatic plant was evaluated. Soil sampling was carried out before planting and after biochar was applied. 100 g of soil was taken per sample; After 72 hours, the specimens were collected, killed, fixed and counted. The data on the number of genera at the beginning

datos del número de géneros al inicio y posterior a la aplicación se vertieron en una base de datos en Excel. **Resultados.** Se encontraron ocho géneros de nematodos (*Cephalobus*, *Pelodera*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Tylenchus*, *Dolichodorus*, *Mononchus* y *Pratylenchus*) y especímenes de las familias Rhabditidae y Dorylaimidae. La presencia del grupo de los bacteriófagos (*Cephalobus* sp.) y de representantes de la familia Rhabditidae se encontró en todos los cultivos evaluados posterior a la aplicación del biocarbón. No hubo presencia de fitoparásitos y el número de nematodos fungívoros (*Aphelenchus* sp.) aumentó. **Conclusión.** El uso del biocarbón demostró ser una alternativa útil y sencilla para elevar la estabilidad de los suelos.

Palabras clave

Enmienda, parasitología, ambiente, sanidad, suelo.

and after the application were entered into an Excel database. **Results.** Eight genera of nematodes (*Cephalobus*, *Pelodera*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Tylenchoides*, *Dolichodorus*, *Mononchus* and *Pratylenchus*) and specimens of the families Rhabditidae and Dorylaimidae were found. The presence of the bacteriophage group (*Cephalobus* sp.) and representatives of the Rhabditidae family was found in all the cultures evaluated after the application of biochar. There was no presence of phytoparasitic and the number of fungal nematodes (*Aphelenchus* sp.) increased. **Conclusion.** The use of biochar proved to be a useful and simple alternative to increase soil stability.

Keywords

Amendment, parasitology, environmental, health, soil.

Introducción

El empleo de biocarbón constituye una de las prácticas más utilizadas en la actualidad, por contribuir al aumento de la fertilidad y mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, incidiendo particularmente en la descomposición de su materia orgánica (Rebolledo *et al.*, 2016). Posee múltiples usos (Schmidt *et al.*, 2014) y la aplicación de éste al suelo es una práctica deseada y en ascenso. Se conoce que el biocarbón provoca cambios positivos en la estructura del suelo, que favorecen el crecimiento de los cultivos, propiciando mayor producción y mejorando la calidad del suelo, convirtiéndose en una práctica novedosa y útil (Debode *et al.*, 2020).

Recientemente, Van Sinh (2022) informó las ventajas que posee el uso del biocarbón en la mejora de la estructura y porosidad, proporcionándole a los agregados del suelo la plasticidad necesaria para conservar la humedad y facilitar a los microorganismos que en él habitan la disponibilidad de nutrientes; destacando que este actúa como soporte de la comunidad de invertebrados, ayuda en la retención de nutrientes y protege al carbón orgánico del suelo de la descomposición física; sirviendo como nicho a la microfauna y mesofauna.

En estudios realizados por Abdelnabby *et al.* (2017), demostraron que es una fuente alimenticia estable y contribuye al aumento de las poblaciones de fungívoros y bacteriófagos en los suelos, destacando estos autores la capacidad que posee para suprimir poblaciones de organismos fitoparásitos; siendo de gran interés la activación provocada de los mecanismos de defensa de las plantas frente a nematodos fitoparásitos. Por otra parte, se conoce que las comunidades microbianas, además de impulsar los procesos de formación

del suelo, proporcionan múltiples servicios al ecosistema, incluyendo la regulación de gases atmosféricos (Ducey *et al.*, 2021). A su vez, informaron varios autores (Poveda *et al.*, 2018, Debode *et al.*, 2020; Van Sinh, 2022) la capacidad que posee el biocarbón de mitigar los impactos medioambientales a través de su aplicación como enmienda orgánica; resaltando los efectos positivos que provoca en las funciones ecológicas, en los niveles tróficos que la conforman, así como en su composición microbiana a través de las interacciones presa-depredador.

En los últimos años la acción del cambio climático provocó la pérdida de la fertilidad de los suelos y el aumento de su degradación (Graberl y Elad, 2018), por este motivo la necesidad de buscar alternativa para disminuir su efecto se hace imprescindible. Existen experiencias positivas a partir de la aplicación del biocarbón al suelo, generando una mejoría en la composición de los microorganismos, así como en su productividad. En Cuba no existen estudios relacionados sobre el uso del biocarbón y su mezcla con materiales orgánicos sobre el comportamiento de las comunidades de nematodos de los suelos ni sobre la capacidad de resiliencia del mismo, por lo que su uso es una herramienta útil en la agricultura moderna, donde modificar las poblaciones en función de lograr mayores producciones y disminuir la incidencia de plagas es premisa fundamental. Por lo que, el objetivo de este trabajo, fue evaluar la acción de la mezcla de biocarbón con materiales orgánicos sobre las poblaciones de nematodos en los suelos.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en el vivero de Alamar, entre los meses de noviembre 2022 y marzo 2023. El muestreo utilizado fue estratificado al azar, se recolectó suelo de varios cultivos hortícolas (*Vigna unguiculata subesp. sesquipedalis* (L.) Verdc [habichuela].; *Cucurbita pepo* L. [calabaza] y *Cucumis sativus* L. [pepino]) y una planta aromática (*Mentha spicata*) [hierbabuena] que se encontraban en producción. Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno negra de un kg de capacidad, se identificaron y se trasladaron al Laboratorio de Nematología del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Se procesaron utilizando la metodología de bandejas de Whitehead modificada por Hernández-Ochandía *et al.* (2016). Se utilizaron placas Petri de 20 cm y tamices de 15 cm de diámetro interior, en la base de los mismos cubiertos con una maya de 63 μ m, respectivamente, estos últimos construidos en el laboratorio con tubos de PVC y malla plástica antiinsectos, colocados sobre fragmentos de plástico, que actuaron como soportes para levantar el tamiz (Hernández-Ochandía *et al.*, 2016). En estos tamices se colocaron filtros de gasa y se le adicionó 100 g de suelo.

A partir de las 72 horas se colectaron los nematodos, se fijaron y se contabilizaron. Para la identificación de géneros se utilizó un microscopio invertido (Zeiss®) con 40x, teniendo en consideración las características morfológicas expuestas en las claves de Mai y Lyon (1975) y Andrassy (1983). Los datos, relativos al número de familias/géneros encontrados al inicio sin aplicar biocarbón y posterior a la aplicación, se vertieron en una base de datos en Excel y se expresaron en cantidad de familias 3/géneros por cultivos (índice de dominancia).

Resultados y discusión

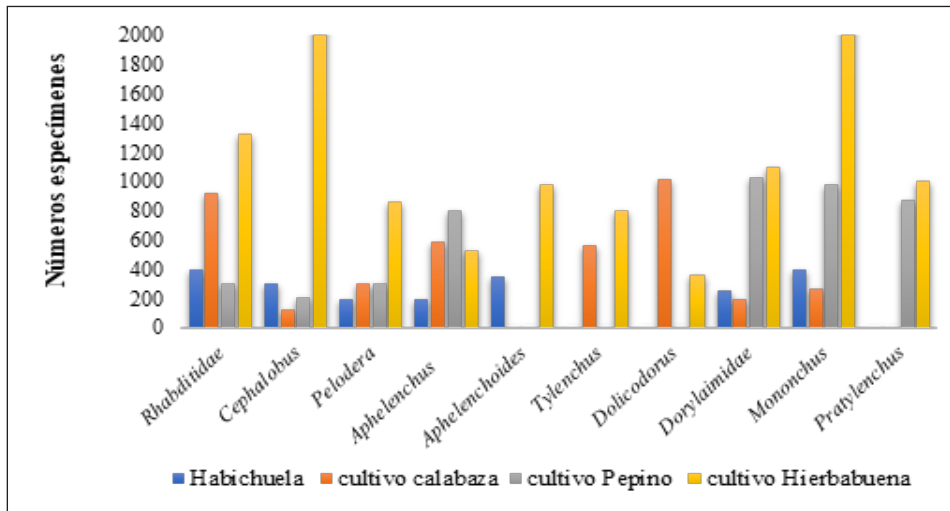
Se encontraron miembros de las familias Rhabditidae y Dorylaimidae y ocho géneros (*Cephalobus sp.*, *Pelodera sp.*, *Aphelenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Tylenchus sp.*, *Dolichodorus sp.*, *Mononchus sp.* y *Pratylenchus sp.*), conformando una representación de los cinco grupos tróficos descritos por Yeates (1993) como habitantes de los suelos (cuadro 1). La presencia del grupo de los bacteriófagos, en especial el género *Cephalobus* spp., se encontró en todos los cultivos evaluados en ambos periodos (cuadro 1), mostrando un aumento de sus poblaciones después de aplicado el biocarbón con un impacto en los representantes de la familia Rhabditidae, que se alimentan generalmente de bacterias, siendo estos descomponedores de segundo orden y de gran importancia para el funcionamiento adecuado de los suelos (Holovachov y Esquivel, 2012).

Por otra parte, se destaca el comportamiento del género *Aphelenchus*, donde mostró un aumento significativo (250 individuos) en sus poblaciones después de haberse aplicado el biocarbón combinado con materia orgánica. Esto pudo estar relacionado a que *Aphelenchus* spp es un género cuyas especies son mayormente micófagas y nematodos parásitos facultativos de plantas; su presencia generalmente se observa en medios enriquecidos, donde los hongos, descomponedores primarios de los materiales orgánicos, son abundantes y al aplicar abonos o enmiendas orgánicas sus comunidades tienden a crecer; sin embargo, debido a la sensibilidad que manifiestan a los cambios indirectos del ambiente, como es la fertilización nitrogenada o el uso intensivo de los suelos, pueden manifestar variaciones en sus poblaciones, las cuales indican un cambio estructural o desorden provocado (Shaw *et al.*, 2019). También dentro de la familia Aphelenchidae se encontró el género *Aphelenchoides sp.*, en este género se encuentra *Aphelenchoides fitcher*, que es una importante plaga en hortalizas, pero su identificación, a nivel específico, es compleja (Manzanilla-López y Marbán-Mendoza, 2012), en nuestro estudio no se encontró esta especie, sin embargo, estos resultados sugieren que debemos mantener un monitoreo constante en las zonas donde se identificó este género.

El conocimiento de la diversidad y composición de las comunidades de nematodos en cultivos intensivos, resulta un elemento básico para adoptar medidas para proteger y exacerbar aquellos nematodos considerados beneficiosos, siendo estos los que se encuentran vinculados de forma directa a los ciclos del carbono, nitrógeno y en los procesos de mineralización, lo que contribuye a incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del suelo (Ficus y Neher, 2002). Posterior a la aplicación del biocarbón, los grupos tróficos de los fungívoros y bacteriófagos, experimentaron un incremento exponencial de sus poblaciones destacándose los grupos de los bacteriófagos (*Cephalobus spp*) y fungívoros (*Aphelenchus spp*) con valores por encima de 150 especímenes en todos los cultivos evaluados (figura 1). Resultados similares obtuvo Osei *et al.* (2020), quienes al incorporar biocarbón en el suelo observaron el aumento de poblaciones de nematodos fungívoros y bacteriófagos, así como la disminución de nematodos fitoparásitos y el aumento de hongos micorrízicos arbusculares, propiciando un aumento de la fertilidad del suelo y estabilidad en su estructura interna.

Figura 1

Representación gráfica de las comunidades de nematodos presentes en los cultivos evaluados



Al adicionar biocarbón a los cultivos evaluados se observó un aumento de su biomasa vegetal, los cultivos presentaron mejores condiciones fisiológicas que las que mostraron antes de adicionar el biocarbón mezclado con abono orgánico. Al observar los especímenes colectados en el microscopio no se observó ningún daño en su estructura interna ni en su cutícula, y la movilidad presentada estaba en relación con las descritas para los géneros por Mai y Lyon (1975). Resultados similares fueron obtenidos por Domenea *et al.* (2021), quienes realizaron varios estudios del efecto causado a los grupos tróficos y sus comunidades de suelo a través de la aplicación con biocarbón y su combinación con materiales orgánicos y abono vegetal, donde se demostró que no hubo ningún cambio en su estructura, enfatizando al final del experimento que, en los grupos tratados con el biocarbón, desaparecen géneros de nematodos fitoparásitos y se experimenta un aumento de fungívoros y bacteriófagos, lo que incide de manera directa en la disponibilidad de nutrientes en las plantas. En nuestro experimento se obtuvieron resultados similares pues, en el cultivo de habichuela, el género de nematodos fitoparásitos *Dolicothorus sp.* se encontró al inicio del experimento, pero no se observó su presencia al final.

Por otra parte, el género *Pelodera* experimenta un descenso en sus poblaciones y desaparece. Numerosos factores pueden determinar cambios en la composición de la comunidad de nematodos en el suelo, entre ellos la acidez (pH), densidad de plantas por área, tipo de cobertura vegetal, adición de material orgánico, así como el uso y manejo del suelo (Orozco-Aceves *et al.*, 2017), entre otros. *Pelodera* es un género cuyas especies son mayormente bacteriófagas (Kanzaki y Giblin-Davies, 2012); generalmente, aparece en medios enriquecidos, donde las bacterias son abundantes; cuando se aplican abonos o enmiendas orgánicas sus comunidades crecen, poseen un ciclo de vida corto, lo

que les permite aumentar sus poblaciones en un corto periodo de tiempo; sin embargo, debido a la sensibilidad que manifiestan a los cambios ambientales y a los cambios en la porosidad y estructura del suelo, pueden manifestar variaciones en sus poblaciones e incluso desaparecer (Ficus y Neher, 2002), estos nematodos están involucrados indirectamente, en la descomposición y mineralización del nitrógeno, debido a su interacción con la microflora. En las áreas donde se realizó este estudio se aplicaron fertilizantes químicos de manera frecuente a los cultivos que lo antecedieron como tomate (*Solanum lycopersicum* L) y papa (*Solanum tuberosum* L), pudiendo incidir este fenómeno en la ausencia de este género al final del estudio.

En Cuba son muy escasos los estudios que establecen los grupos tróficos de nematodos que habitan los suelos cultivados y el efecto de las prácticas agrícolas sobre los mismo, sólo los resultados obtenidos por Hernández-Ochandía (2018) en la provincia Mayabeque, Cuba, están disponibles. Tampoco hay antecedentes del uso del biocarbón combinado con materiales orgánicos, convirtiéndose en punto de partida para futuras investigaciones. En este estudio el uso del biocarbón demostró ser una alternativa útil y sencilla para contribuir a aumentar las comunidades de organismos de los suelos, estos sirven de alimento a grupos de descomponedores de materia orgánica y de depredadores, los que pueden contribuir a la estabilidad de los suelos y al aumento de sus producciones.

Literatura citada

- Abdelnabby, H.; Huihui, Z y Xiangru, W. (2017). Furfural Biochar based formulations show synergistic and potentiating effects against *Meloidogyne incognita* in tomato. *Pest Sci.* 91: 203-218.
- Andrássy, I. (1983). A taxonomic review of the suborder Rhabditina (Nematoda: Secernentea). Editions de l'office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer. O.R.S.T.O.M. ISBN: 2-7099-0699-6. Paris, Francia. 242 p.
- Debode, J.; Ebrahimia, N.; D'Hosea, T.; Cremeliea, P.; Viaenea, N. y Vandecasteelea, B. (2020). Has compost with biochar added during the process added value over biochar or compost to increase disease suppression? *Appl Soil Ecol.* 153: 1-8
- Domenea, X.; Mattanaa, S. y Sánchez-Moreno, S. (2021). Biochar addition rate determines contrasting shifts in soil nematode trophic groups in outdoor mesocosms: An appraisal of underlying mechanisms. *Appl Soil Ecol.* 158: 1-10
- Ducey, T.; Novak, J.; Sigua, G.; Ippolito, J. y Rushmiller, H. (2021). Microbial response to designer Biochar and compost treatments for mining impacted soils. <https://doi.org/10.1007/s42773-021-00093-3>. *Biochar.* 3: 299-314.
- Ficus, D.L. y Neher, D.A. (2002). Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera to physical and chemical disturbances. *Ecol Appl.* 12(2): 565-575.
- Graber, E. y Elad, Y. (2018). Biochar Impact on Plant Resistance to Disease. Resistance to Disease. DOI: 10.1201/b14585-3. Biochar and Soil Biota. Editors Natalia Ladygina Diepenbeek y Francois Rineau, CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. Pp 41-68.
- Hernández-Ochandía, D.; Rodríguez Hernández, M.G.; Miranda Cabrera, I. y Holgado, R. (2016). Métodos para la extracción de nematodos presentes en suelos del agrupamiento Ferralítico en Cuba. *Rev. Protec. Veg.* 31(3): 228-232
- Hernández-Ochandía, D. (2018). Nematodos edáficos como bioindicadores para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y nocividad potencial de la especie fitoparásita dominante. [Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Universidad Agraria de la Habana - Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cuba. 100 p.

- Holovavhov, O. y Esquibel, A. (2012). Practical Plant Nematology. Eds. Rosa Manzanilla-López y Nahúm Marban-Mendoza. Other soil Nematodes Capítulo 16. Pp. 619-673. Publisher: Mundi Prensa-CPE. ISBN 9786077150787.
- Kanzaki, J. y Giblin-Davies, E.L. (2012). Evaluation of nematicidal effects of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*. *Crop Protec.* 1: 52-56.
- Mai, W.F. y Lyon, H.H. (1975). Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. Fourth Edition, Comstock Publishing Company. Ithaca, UK. 219 p.
- Manzanilla-López, R. y Marban-Mendoza, N. (2012). Methodology and symptomatology. En: Rosa H. Manzanilla-López & N. Marbán-Mendoza (Eds), *Practical Plant Nematology* (pp. 89-129). Biblioteca Básica Agraria, Montecillo Texcoco, México.
- Oseil, K.; Adama, A.I.; Tagoe, E.C. y Sackey-Asante, J. (2020). Biochar effect on nematodes and insects population density, soil improvement and yield of okra. *Pakist Jour Nem.* 38(1): 103-106
- Poveda, J.; Martínez-Gómez, A. y Escobar, C. (2018). The use of Biochar for plant pathogen control. DOI: 10.1094/PHYTO-06-20-0248-RVW. *Phytop.* 11(9): 1490-1499
- Rebolledo, A.; Pérez-López, G.; Hidalgo-Moreno, C.; López-Collado, E.; Campo-Alves, J.; Valtierra-Pacheco, E. y Echeverry-Barra, J.D. (2016). Biocarbón (Biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra latinoamericana.* 34(3): 368-381.
- Schmidt, H.P.; Kammann, C.; Niggli, C. y Evangelou, M. (2014). Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 15: 117-123.
- Shaw, E.A.; Boot, C.M.; Moore, J.C.; Wall, D.H. y Barone, J.S. (2019). Long-term nitrogen addition shifts the soil nematode community to bacterivore-dominated and reduces its ecological maturity in a subalpine forest. *Soil Biol. Biochem.* 30: 177-184
- Vân Sinh, R. (2022). Influence of Rice Husk Biochar on Soil Nematode Community under Upland and Flooded Conditions: A *Microcosm Experiment*. *Agrono.* 12: 378.
- Yeates G.W. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera. An outline for Soil Ecologists. *Jour. Nematol.* 25(3): 315-331.

Cuadro 1
Familias y géneros encontrados en las muestras tomadas en el organopónico de Alamar, La Habana, Cuba

Familia/Género	Antes de aplicar el biocarbón							
	Cultivos							
	1	2	3	4	%	Media/ Familia	D.E	D
Rhabditiidae	425	0	450	480	45.3	450	6.9	0.75
Mononchidae / Mononchus	32	31	29	37	18.2	34.4	4.3	0.3
Cephalobidae / Cephalobus	10	8	10	15	12.5	13.7	3.6	0.20
Rhabditiidae / Pelodera	0	0	16	18	7.2	15	2.6	0.1
Aphelenchidae / Aphelenchus	0	125	118	120	6.6	121.9	5.8	0.1
Aphelenchidae / Aphelenchoides	18	0	21	29	3	19.2	1.4	0.1
Dorylaimidae	12	15	0	27	2.05	23.6	1.1	0.3
Tylenchidae / Tylenchus	0	23	0	25	1.5	22.4	5.7	0.2
Dolichodoridae / Dolichodorus	8	0	0	11	1.3	9.6	3.2	0.1
Pratylenchidae / Pratylenchus	0	0	11	13	1.25	12	1.1	0.06
Dos meses después de aplicado el biocarbón+ abonos								
Familia/Género	Cultivos							
	1- <i>V. unguiculata</i> / 2- <i>C. pepo</i> / 3- <i>C. sativus</i> / 4- <i>M. spicata</i>							
	1	2	3	4	%	Media/ Familia	D.E	D
Rhabditiidae	550	567	605	625	46.2	596	16.5	0.8
Mononchidae / Mononchus	81	76	82	93	19.2	78	13.2	0.3
Cephalobidae / Cephalobus	390	382	410	405	20	400	12.5	0.5
Rhabditiidae / Pelodera	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphelenchidae / Aphelenchus	235	230	230	220	6.9	231	6.8	0.2
Aphelenchidae / Aphelenchoides	196	0	200	190	3.2	195	11.4	0.1
Dorylaimidae	16	18	29	27	1.9	28.8	2.5	0.15
Tylenchidae / Tylenchus	0	35	0	56	0.7	45.5	10.5	0.3
Dolichodoridae / Dolichodorus	0	35	0	36	1.4	35.2	8.2	0.7
Pratylenchidae / Pratylenchus	0	0	15	13	1.05	13.2	2.1	0.04

Familias y géneros encontrados en las muestras tomadas en el organopónico de Alamar, La Habana, Cuba. DE: Desviación Estándar; D: dominancia, media: número promedio (100 g/ suelo) de individuos encontrados por familias en cada cultivo.

% de aparición de familias por cultivo. 1. *V. unguiculata*, 2. *C. pepo*, 3. *C. sativus*, 4- *M. spicata*.