



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Nematofauna (Nematoda, Dorylaimida) de las dolinas de la Sierra de la Pandera, Jaén

Alumno/a: Fabián Martos Ramos

Junio, 2023



UNIVERSIDAD
DE JAÉN



Trabajo Fin de Grado

Nematofauna (Nematoda, Dorylaimida) de las dolinas de la Sierra de la Pandera, Jaén



Alumno: Fabián Martos Ramos

Jaén, junio, 2023

Índice

1-INTRODUCCIÓN	2
1.1-Filo Nematoda	2
1.2-Orden Dorylaimida	4
1.3-Las dolinas como hábitat característico del relieve kárstico	5
2-ANTECEDENTES	7
2.1- La nematofauna asociada a dolinas	7
3-HIPÓTESIS DE TRABAJO	10
4-OBJETIVOS	11
5-ÁREA DE ESTUDIO	11
5.1-Localización	11
5.2-Geología	13
5.3-Edafología	13
5.5-Vegetación asociada	15
6-MATERIALES Y MÉTODOS	16
6.1-Trabajo de Campo	16
6.2-Trabajo de Laboratorio	17
6.2.1-Extracción de la nematofauna	17
6.2.2-Muerte y fijación	18
6.2.3-Pesca y montaje.	19
6.3-Estudio de gabinete	20
7-RESULTADOS	20
7.1-Posición taxonómica de las especies encontradas	20
7.2-Resultados generales de distribución	22
7.3-Diversidad (riqueza específica) y su distribución	22
7.4-Abundancia	25
7.5-Frecuencia	31
7.6-Estudio comparativo de abundancia y frecuencia relativa	33
8-CONCLUSIONES	35
9-BIBLIOGRAFÍA	36

Resumen

Este trabajo presenta un estudio de la fauna del orden Dorylaimida (Nematoda) en dos dolinas y su matriz circundante en la Sierra de la Pandera, provincia de Jaén. Los nematodos se extrajeron del suelo mediante centrifugación, fijaron en formaldehído al 4% e incluyeron en glicerina anhidra. Se han identificado 306 individuos pertenecientes a 12 especies, 11 géneros y 9 familias, que fueron recolectados en 15 muestras de suelo, 5 en cada una de las dos dolinas y 5 en la matriz. Tanto la diversidad (5,4 especies por muestra en la matriz vs 4,0 y 3,0 en las dolinas) como la abundancia (20,6 individuos por muestra vs 16,6 y 23,8) de la dorilaimofauna presentan valores muy bajos respecto a lo esperado, seguramente debido al estrés hídrico sufrido por el área estudiada. No se han encontrado diferencias significativas ni en la distribución de la diversidad (riqueza específica) ni en la distribución de la abundancia entre los grupos de muestras considerados. La especie *Labronema montanum* puede tener valor como bioindicador del tipo de hábitat, asociada a la matriz. No existen diferencias significativas en la composición y estructura de las comunidades nematológicas de las dolinas y de su matriz circundante.

Palabras Clave: Abundancia, distribución, diversidad, dolinas, nematodos, suelo.

Abstract

This project presents a study of the fauna of the Dorylaimida (Nematoda) order in two sinkholes and its surrounding matrix in the Sierra de la Pandera, Jaén province. Nematodes were extracted from the soil by centrifugation, fixed in 4% formaldehyde, and embedded in anhydrous glycerin. 306 individuals belonging to 12 species, 11 genera and 9 families have been identified, which were collected in 15 soil samples, 5 in each of the two sinkholes and 5 in the matrix. Both the diversity (5.4 species per sample in the matrix vs 4.0 and 3.0 in the sinkholes) and the abundance (20.6 individuals per sample vs 16.6 and 23.8) of the dorilaimofauna showed very high values. lower than expected, probably due to water stress suffered by the studied area. No significant differences were found either in the distribution of diversity (specific richness) nor in the distribution of abundance between the considered sample groups. The species *Labronema montanum* may have value as a bioindicator of the type of habitat, associated with the matrix.

Keywords: Abundance, distribution, diversity, nematodes, sinkholes, soi

1-INTRODUCCIÓN

1.1-Filo Nematoda

Los nematodos son un grupo de invertebrados con un gran número de especies y un amplio espectro ecológico. Son animales de aspecto vermiforme, con cuerpo delgado, alargado y en la mayoría de especies los extremos se aguzan gradualmente. Casi todas las especies son microscópicas, exceptuando algunas formas marinas que pueden alcanzar los 5 cm, y los zooparásitos que sí pueden alcanzar tamaños mayores ya que se alojan en el tracto digestivo y en otras cavidades y conductos de los animales. Se trata de animales pseudocelomados y triblásticos con simetría bilateral, cilíndricos, y recubiertos de una cutícula (Hickman *et al.*, 2009). Esta cutícula, está dividida en tres capas, la más externa se engrosa y se muda, es decir, son ecdisozoos (Fig.1B) (Lee, 2002).

Una característica de este filo, es la presencia de una musculatura longitudinal en su pared corporal, pero nunca presenta musculatura circular. Las mudas mencionadas anteriormente marcan sus etapas juveniles (J1-J4). La última muda marca el comienzo de la fase adulta. Otro rasgo exclusivo del filo, es la presencia de un par de órganos quimiorreceptores, llamados anfidios.

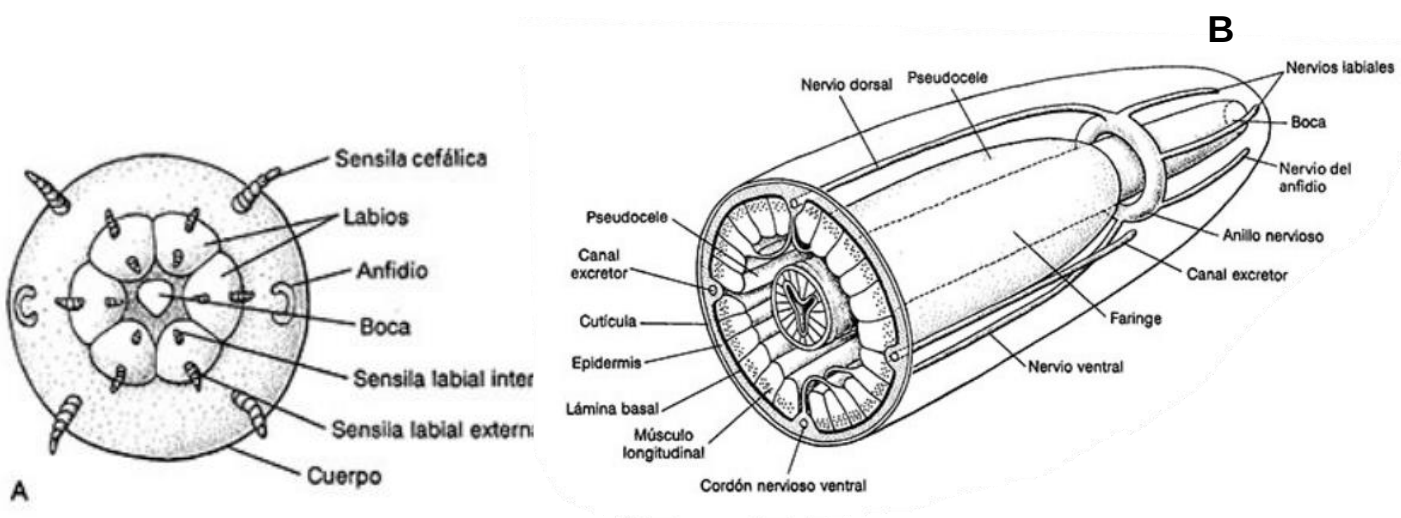


Figura 1. A: Región oral de un nematodo generalizado B: Corte transversal de un nematodo generalizado. (Según Ruppert y Barnes, 1996).

Existe una variedad enorme en la forma y estructura de la faringe y de la cola (Fig.2) (Ruppert y Barnes, 1996; Lee, 2002).

Existen tanto especies de vida libre como otras que se han adaptado a la vida parásita, ya sea sobre plantas o sobre animales. La nutrición, relacionada con su estilo de vida, es muy variada, existiendo formas carnívoras, fitófagos, etc. Estos hábitos alimentarios marcan mucho la estructura bucal (Fig.1A), como por ejemplo la presencia de dientes en las especies carnívoras. (Hickman *et al.*, 2009).

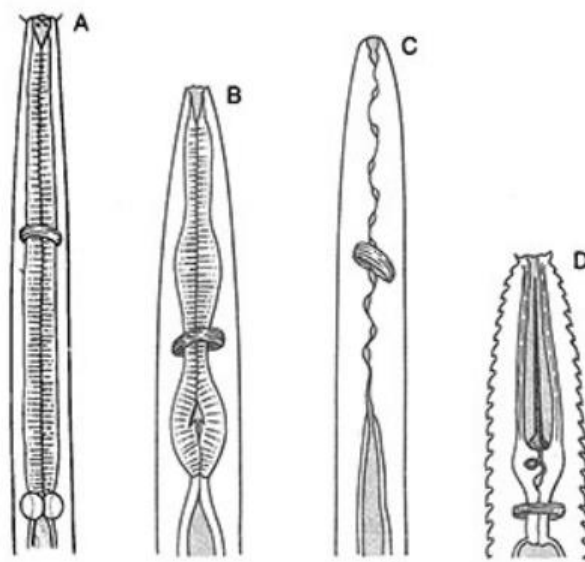


Figura 2. A-D: Tipos de faringes en los nematodos (Según Ruppert y Barnes, 1996).

Respecto a su reproducción, únicamente presentan reproducción sexual, con fecundación interna y desarrollo directo. En la mayoría de los casos son dioicos, con marcado dimorfismo sexual. No es rara la existencia de especies partenogenéticas, en las que sólo se conocen hembras, sin machos conocidos o éstos no funcionales. Por lo contrario, es casi anecdótica la aparición de especies hermafroditas (Gibbons, 2002). Las hembras suelen presentar dos ramas genitales que confluyen en una vagina, la cual se abre en la vulva, hacia la mitad del cuerpo. Por el contrario, los machos tienen dos testículos que confluyen en un único conducto genital que, en su

parte final forma una cloaca junto con el sistema digestivo, abriéndose en una abertura cloacal situada cerca del extremo posterior del cuerpo (Lee, 2002).

Se conocen aproximadamente 26000 especies. Sin embargo, se cree que esta cifra es apenas una cuarta parte de las especies existentes (Hugo *et al*, 2000). Se encuentran en todo tipo de hábitats desde áreas cultivadas, naturales o suelos de zonas elevadas (Ruppert y Barnes, 1996), pero siempre dependen de la existencia de cierta cantidad de agua en el suelo. Se pueden usar como bioindicadores de cambios y perturbación en el suelo (Wilson y Kakouli-Duarte, 2009).

Dentro de los nematodos se han encontrado diversas estrategias de vida, estrategias R que son géneros y familias que producen mucha descendencia y colonizan rápidamente suelos ricos en nutrientes. Pero también se pueden encontrar estrategias- K con un ciclo de vida largo y de tamaño relativamente grande (Bongers y Bongers, 1998).

1.2-Orden Dorylaimida

El orden Dorylaimida cuenta con más de 3400 especies y se considera el orden más diverso dentro del filo Nematoda (Peña-Santiago, 2021). Se distribuyen por todo el globo, habitando tanto en suelos como en sedimentos de agua dulce, pero se desconocen en el medio marino. Presenta un amplio espectro ecológico, pero la mayor parte de las especies se consideran forma omnívoras y estrategias R. No obstante, los representantes de la familia Longidoridae son ectoparásitos de plantas y pueden actuar como transmisores de virus vegetales. Por estas características, se considera que los doriláimidos son buenos indicadores para evaluar la calidad del hábitat en que viven (Bongers y Bongers, 1998; Peña-Santiago, 2021).

Morfológicamente, se caracterizan por un patrón con cinco rasgos diferenciados. Su cavidad bucal posee una estructura punzante, que puede ser un diente mural o un odontostilo axial, que usan para obtener alimento (Fig. 3). La faringe, en forma de botella, tiene una región anterior musculosa y más delgada que la región posterior que es más ensanchada, dando esa forma de botella característica. En el intestino aparece una estructura exclusiva denominada prerrecto. Los machos presentan un par

de papilas adcloacales, también exclusivas de este orden (Jiménez-Guirado *et al.*, 2007). La cola, al igual que la región labial y el odontostilo, es muy diversa en forma y tamaño y en algunas familias presentan dimorfismo sexual y carece siempre de glándulas caudales (Jairajpuri y Ahmad, 1992).

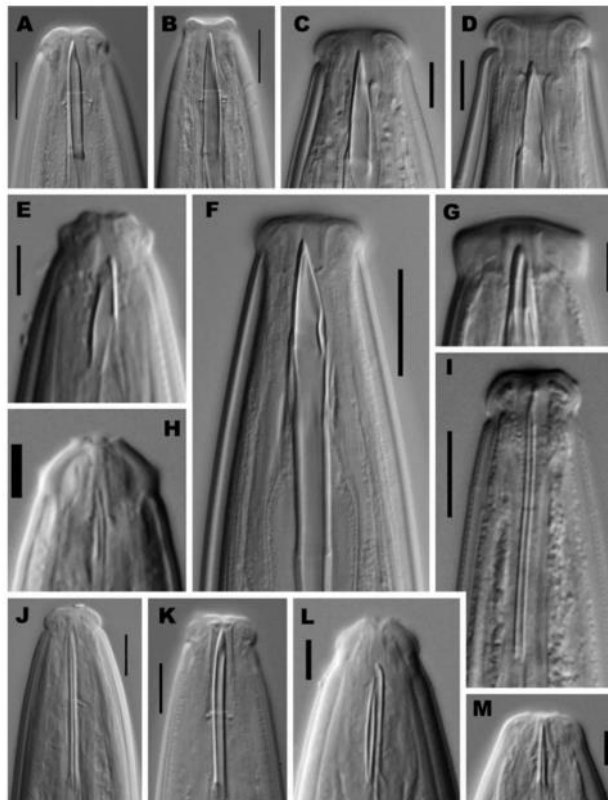


Figura 3. A-M: Diferentes formas del odontostilo del orden Dorylaimida (Según Peña-Santiago, 2014).

1.3-Las dolinas como hábitat característico del relieve kárstico

Las dolinas son depresiones del relieve con forma circular o subcircular, que en algunos casos pueden contener agua y que están muy relacionadas con el relieve kárstico (Soriano y Pocoví, 2021). Se forman por la disolución, en agua, de materiales carbonatados, sulfatados y sales haloideas. Aunque la disolución sea el método principal de formación también se puede producir por colapso y sufusión.

Por lo general, no suelen presentarse sólo en regiones calcáreas, sino que también pueden aparecer en zonas ricas en margas. Los depósitos varían dependiendo del ámbito morfoclimático en el que se ubican las dolinas. En el mediterráneo aparece la denominado “terra rosa”, mientras que en áreas frías y de montaña los depósitos son gelifractos. La impermeabilidad de estos depósitos es lo que origina el encharcamiento y zonas endorreicas.

Existen diferentes tipos de dolinas. Según la clasificación de Nicod (1972), puede haber dolinas en cubeta, dolinas en caldero, dolinas en embudo y en pozo (Fig. 4). En la zona de la Sierra de la Pandera se encuentra mayoritariamente dolinas en cubeta. (Fig. 4) (Fabre *et al.*, 2010).

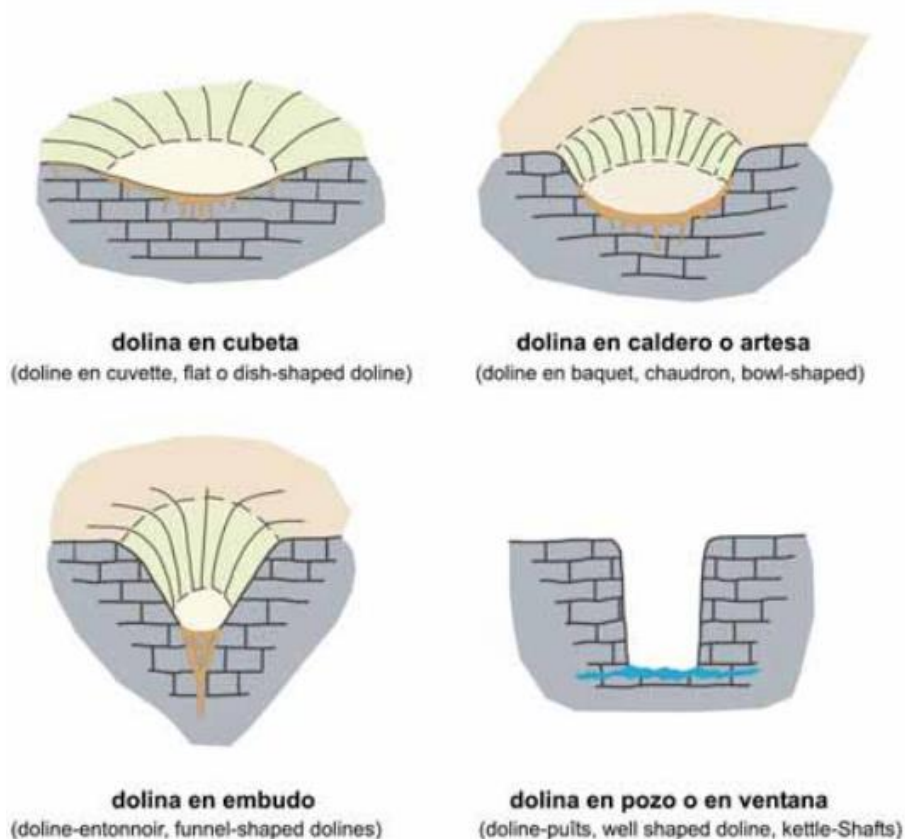


Figura 4. Clasificación morfo métrica de las dolinas (Segun Nicod,1972).



Figura 5. Ejemplo de dolinas de la Sierra de la Pandera.

2-ANTECEDENTES

2.1- La nematofauna asociada a dolinas

Hasta el momento presente, el conocimiento sobre nematodos que pueblan dolinas es muy escaso. De hecho, en nuestro ámbito geográfico, se reduce a un estudio llevado a cabo por Castillo *et al.* (1985), en la Sierra de la Pandera. Puesto que se trata de un hábitat con una profundidad importante de suelo sin elementos rocosos, estos autores llevaron a cabo un análisis de la distribución en profundidad (0-100 cm) de las especies pertenecientes a varios órdenes de nematodos, entre ellos los doriláimidos. La Tabla 1 resume los resultados obtenidos en este trabajo.

Tabla 1. Distribución vertical de las especies de nematodos en una dolina de la Sierra de la Pandera (Según Castillo *et al*, 1985).

Especie	(0-10)	(10-20)	(20-30)	(30-40)	(40-50)	(50-60)	(60-70)	(70-80)	(80-90)	(90-100)	Total
I. SUPERFAM. APHELENCHOIDEA.											
1. <i>Aphelenchoides composticola</i>	467	124	50	10	34	16	54	2	5	7	769
2. <i>Aphelenchus avenae</i>	1.268	295	142	62	99	61	48	35	27	78	2.115
3. <i>Seinura</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
II. SUPERFAM. TYLENCHOIDEA Y NEOTYLENCHOIDEA.											
4. <i>Aglenchus agricola</i>	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29
5. <i>Coslenchus costatus</i>	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29
6. <i>Discotylenchus</i> sp.	151	14	3	—	—	—	—	—	7	—	177
7. <i>Ditylenchus</i> sp.	57	21	20	4	6	—	—	—	—	2	110
8. <i>Malenchus</i> sp.	281	25	6	—	3	3	—	1	3	2	324
9. <i>Neotylenchidae</i> sp.	14	29	—	—	—	—	—	6	1	—	50
10. <i>Hexactylus abulbosus</i>	—	6	—	—	—	—	—	—	1	—	7
11. <i>Nothotylenchus acris</i>	340	95	77	21	26	68	7	5	1	1	691
12. <i>Tylenchus devaini</i>	223	13	—	—	—	—	—	—	—	1	237
13. <i>Tylenchus</i> spp.	1.375	220	76	40	20	7	—	3	—	11	1.752
III. SUPERFAM. HOPLOLAIMOIDEA y CRICONEMATOIDEA.											
14. <i>Criconemoides</i> sp.	81	6	6	3	—	6	—	—	—	6	108
15. <i>Helicotylenchus</i> cf. <i>rothangus</i>	1.020	315	138	323	884	618	295	261	172	91	4.117
16. <i>Paratylenchus microdorus</i>	1.921	1.216	358	167	111	23	14	22	2	3	3.837
17. <i>Pratylenchus</i> sp.	225	435	177	8	8	6	101	12	6	51	1.029
18. <i>Pratylenchus thornei</i>	269	297	86	30	19	16	6	—	6	9	738
19. <i>Tylenchorhynchus cylindricus</i>	190	554	282	182	105	32	66	85	17	16	1.529
IV. SUPERFAM. CEPHALOBOIDEA, RHABDITOIDEA y DIPLOGASTROIDEA.											
20. <i>Acrobeles ciliatus</i>	608	38	9	39	19	39	17	20	1	27	817
21. <i>Butlerius</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	14
22. <i>Cephalobus persegis</i>	253	29	4	4	13	1	—	3	1	7	315
23. <i>Cervidellus</i> sp.	1.281	171	85	98	68	12	3	11	3	9	1.741
24. <i>Chiloplacus</i> sp.	1.580	272	88	150	93	38	27	54	42	27	2.371
25. <i>Diplogasteridae</i> sp.	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
26. <i>Eucephalobus oxyoroides</i>	726	22	11	3	50	1	31	9	9	17	879
27. <i>Eucephalobus</i> sp.	80	—	3	6	3	1	30	9	7	24	163
28. <i>Mesorhabditis</i> sp.	8	—	—	—	3	—	3	—	3	4	21
29. <i>Stegelleta</i> sp.	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
V. SUPERFAM. MONHYSTEROIDEA, ARAEOLAIMOIDEA, PLECTOIDEA y OTROS.											
30. <i>Aulolaimus</i> sp.	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	4
31. <i>Chromadoridae</i> sp.	240	4	—	—	—	—	—	—	—	—	244
32. <i>Cylindrodaimus melancolicus</i>	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57
33. <i>Monhystera</i> gr. <i>vulg.</i> <i>filiformis</i>	172	4	6	—	—	4	—	—	—	21	207
34. <i>Monochromadora monhysteroidea</i>	13	—	9	—	—	—	1	1	—	—	24
35. <i>Plectus armatus</i>	573	26	110	7	70	21	—	3	6	2	818
36. <i>Plectus parietinus</i>	325	26	19	22	26	4	—	4	5	14	445
37. <i>Prismatolaimus</i> sp.	12	8	—	—	—	—	—	3	—	—	23
38. <i>Tylocephalus auriculatus</i>	84	4	4	13	13	7	—	13	—	5	143
39. <i>Alaimus primitivus</i>	10	8	—	—	3	—	—	—	—	—	21
VI. SUPERFAM. DIPHTHEROPHOROIDEA y LONGIDOROIDEA.											
40. <i>Diphtherophora</i> sp.	39	29	4	3	—	—	—	—	2	—	77
41. <i>Longidorus macrosoma</i>	6	16	29	44	66	51	54	45	18	16	345

Tabla 1. Continuación

Especie	(0-10)	(10-20)	(20-30)	(30-40)	(40-50)	(50-60)	(60-70)	(70-80)	(80-90)	(90-100)	Total
42. <i>Xiphinema italiae</i>	4	167	75	47	40	31	14	16	8	14	416
43. <i>Xiphinema turcium</i>	41	130	66	7	3	14	4	4	—	3	272
VII. SUPERFAM. DORYLAMOIDEA.											
44. <i>Aporcelaimellus obscurus</i>	812	293	113	36	27	13	43	14	8	9	1.368
45. <i>Discolaimium tenue</i>	84	14	20	5	3	—	3	3	—	4	136
46. <i>Enchodelus</i> (P.) <i>thornei</i>	14	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16
47. <i>Ecumenicus monohystera</i>	555	33	3	3	—	—	—	1	1	—	596
48. <i>Eudorylaimus carteri</i>	117	—	4	—	—	—	—	—	—	—	121
49. <i>Eudorylaimus jurassicus</i>	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
50. <i>Eudorylaimus rapsus</i>	91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91
51. <i>Eudorylaimus</i> sp.	10	10	—	—	4	—	—	—	—	—	24
52. <i>Labronema</i> cf. <i>octodurens</i> ...	21	—	—	—	16	—	—	—	—	—	38
53. <i>Labronema pulchrum</i>	46	—	4	—	—	3	3	—	—	—	56
54. <i>Mesodorylaimus bastiani</i>	101	6	3	8	3	—	—	—	—	9	130
55. <i>Pungentus engadinensis</i>	14	13	9	12	—	3	—	1	—	—	52
VIII. SUPERFAM. BELONDIROIDEA y TYLENCHOLAIMOIDEA.											
56. <i>Axonchium</i> (D.) <i>micans</i>	39	65	—	—	3	—	8	—	—	4	119
57. <i>Belondira</i> sp.	44	8	45	—	4	20	4	—	—	—	125
58. <i>Dorylaimellus montenegricus</i> .	447	112	97	41	74	20	—	3	—	—	794
59. <i>Longidorella parva</i>	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	4
60. <i>Tylencholaimellus striatus</i> ...	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61
61. <i>Tylencholaimus giennensis</i> ..	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	8
62. <i>Tylencholaimus proximus</i> ...	6	4	—	13	—	3	—	—	—	—	26
63. <i>Tylencholaimus teres</i>	38	21	—	4	8	—	—	4	—	—	75
IX. SUPERFAM. NYGOLAIMOIDEA, MONOCHOIDEA y ACTINOLAIMOIDEA.											
64. <i>Nygolaimus</i> cf. <i>europaeus</i> ...	17	4	—	7	—	—	—	—	1	1	30
65. <i>Nygolaimus macrobrachyuris</i> .	17	—	3	4	—	—	—	3	1	—	28
66. <i>Clarkus papillatus</i>	4	—	—	—	—	—	—	3	—	—	7
67. <i>Iotonchus</i> sp.	16	39	4	—	—	—	—	—	—	—	59
68. <i>Actinolaimus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1

En lo que se refiere a la fauna de doriláimidos, estos autores encontraron un total de 24 especies para un total de 60 muestras recolectadas, y detectaron algunos patrones interesantes en su distribución vertical. Las especies más abundantes fueron, por este orden, *Aporcelaimellus obtusicaudatus* (=A. *obscurus*), *Dorylaimellus montenegricus*, *Ecumenicus monohystera* y *Xiphinema italiae*. Por otro lado, A. *obtusicaudatus* estuvo presente en todo el perfil del suelo, pero su abundancia disminuyó con la profundidad, *Ecumenicus monohystera* presento mayores abundancias en los niveles menos profundos del suelo, y *Longidorus macrosoma* lo hacía en niveles medios de profundidad.

Mañas-Sánchez (2016) realizó un estudio de la distribución altitudinal de doriláimidos en la Sierra de la Pandera. Si bien no incluyó las comunidades asociadas a las dolinas, seguramente por tratarse de un hábitat muy especial, que territorialmente representa un escaso porcentaje de la superficie total, sí caracterizó la nematofauna de la matriz que rodea las dolinas, y que será útil para análisis comparativos. Esta autora encontró los máximos valores de abundancia (238 individuos por muestra) y de riqueza específica, 22.4 ± 5.37 (16-28) especies por muestra, en 5 muestras recolectadas a 1400 m. de altitud. Además, las especies más abundantes fueron *A. obtusicaudatus* (25% del total), *Metaxonchium giennense* (15%), *Labronema* sp. (8%), *Allodorylaimus paragranuliferus* (6%) y *Funaria millani* (6%).

3-HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las dolinas son áreas de escasa extensión que difieren en sus características respecto a la matriz que las rodea. Por encontrarse en pequeñas depresiones, en ellas se acumulan sedimentos procedentes de zonas circundantes, de tal suerte que acumulan un espesor considerable de suelo y no presentan la pedregosidad tan característica de la matriz. Además, las dolinas están claramente separadas entre sí, formando una suerte de islas, con suelo profundo, separadas por una matriz pedregosa y de suelo de espesor reducido.

Por tanto, las diferencias abióticas (suelo) y bióticas (vegetación asociada) entre las dolinas y su matriz circundante pueden ser suficientes para provocar cambios en la composición de la comunidad nematológica que las habita, con diferencias observables en la diversidad y la abundancia de nematodos

4-OBJETIVOS

De forma general, este trabajo pretende analizar las diferencias en las comunidades de nematodos de las dolinas de la Sierra de la Pandera, entre sí y con respecto a la matriz que las rodea. De forma más concreta:

1. Realizar un inventario de nematofauna existente
2. Conocer la distribución de cada especie.
3. Analizar y comparar los resultados de diversidad y abundancia.
4. Discutir los resultados obtenidos con la bibliografía disponible.

5-ÁREA DE ESTUDIO

5.1-Localización

El estudio se ha realizado en una zona de dolinas de la Sierra de la Pandera. Se encuentra a 28 km aproximadamente de Jaén capital, y situándose entre los municipios de Los Villares y Valdepeñas de Jaén, y muy próximo a Fuensanta de Martos (Fig. 6).

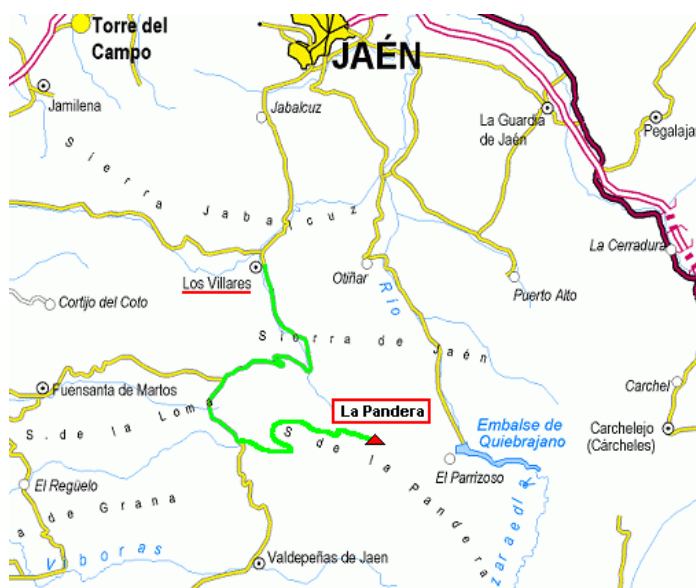


Figura 6. Localización de la Sierra de la Pandera. (Según el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana).

Es una zona muy expuesta al pastoreo intensivo y con una zona de cantera próxima. Por estos motivos el acceso es muy sencillo. Aunque esta sierra es el punto más alto de la Sierra Sur de Jaén, con una elevación máxima 1872 m, las dolinas donde se muestreo tenía una altura aproximadamente de 1430 m (Figs. 7 y 8).

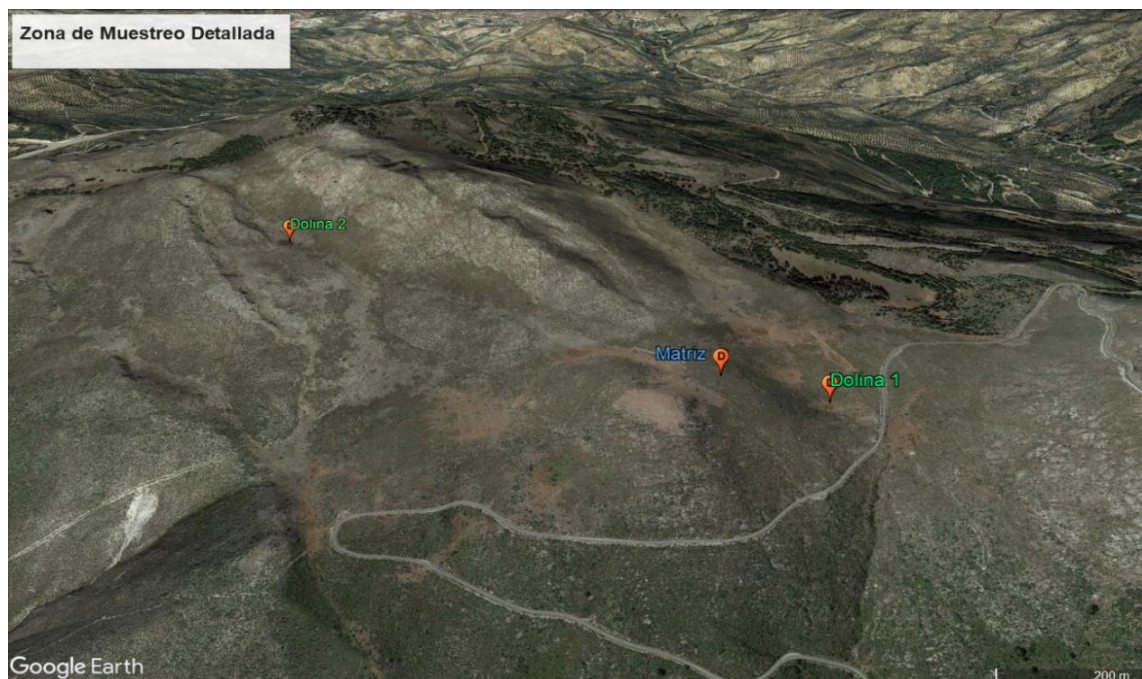


Figura 7 y 8. Situación de la zona de muestreo en Sierra de la Pandera (Tomado por Google Earth Pro, vista satélite, 2020).

5.2-Geología

Según la cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME, MAGNA50- Zona 77 Jaén, 2003), la zona de estudio se caracteriza por un material geológico de calizas, margas y margocalizas del jurásico, junto a yesos del cretácico inferior (Enrile *et al.*, 2003) (Fig. 9).

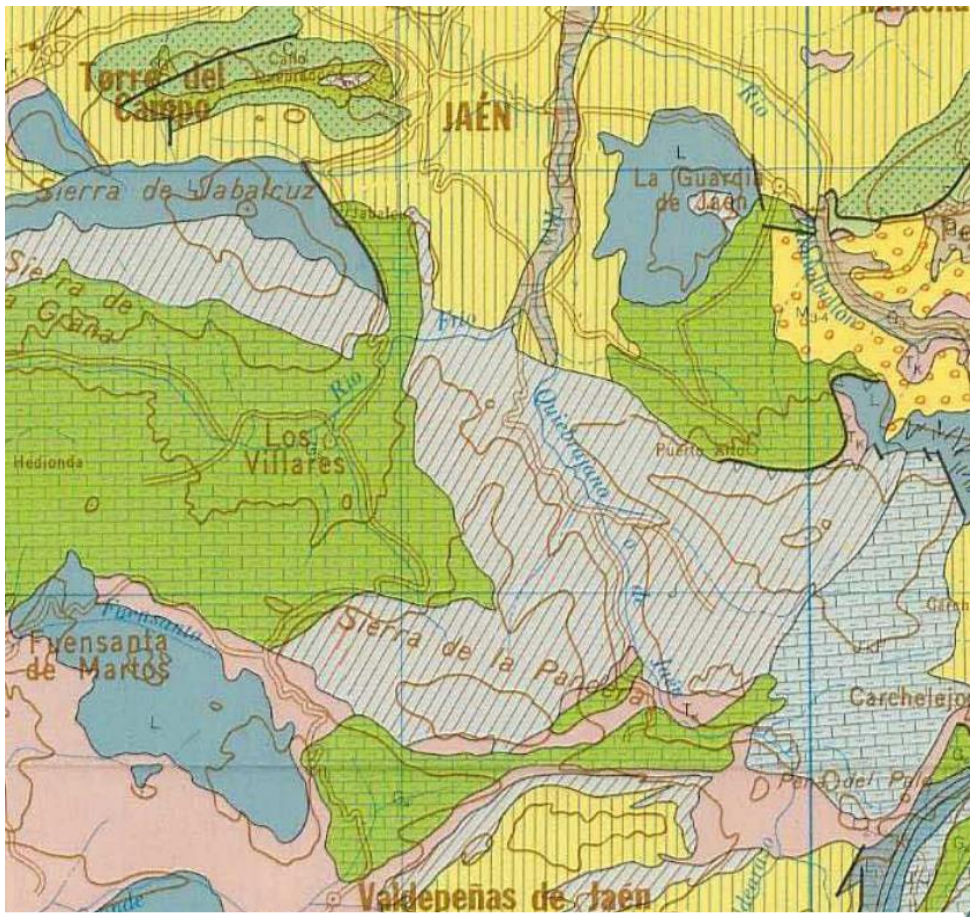


Figura 9. Cartografía geológica (Según Enrile *et al.*, 2003)

5.3-Edafología

Respecto a la edafología, y con la cartografía de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM, 2016), en la zona de muestreo se encuentra de forma mayoritaria litosoles y luvisoles crómicos y rendsinas con cambisoles cálcicos, es decir suelos desarrollados a partir de rocas ricas en carbonatos cálcicos, ligados a

luvisoles cálcicos y fluvisoles calcáreos formados a partir de sedimentos aluviales. De forma más esporádica pueden aparecer regosoles calcáreos junto con litosoles y rendzinas y regosoles calcáreos, que son comunes en zonas áridas o semiáridas.

5.4-Climatología

Según los datos de la estación climatológica de Los Villares, el clima es cálido con una temperatura anual media de 14,6°C, pero siendo la temperatura media más cálida en julio con 25,3°C y el más frío es enero con una temperatura media de 5,7°C. El mes más seco es julio con 5 mm de lluvia, y el mes más lluvioso es noviembre con 72mm (Fig. 10). La humedad media es de 56,35%. Por tanto, y siguiendo los criterios establecidos por Rivas-Martínez (1987), su bioclima es pluviestacional oceánico con un termotipo mesomediterráneo hasta supramediterráneo y un ombrotipo seco-subhúmedo. (AEMET, 2011; Costa y Valle, 2004).

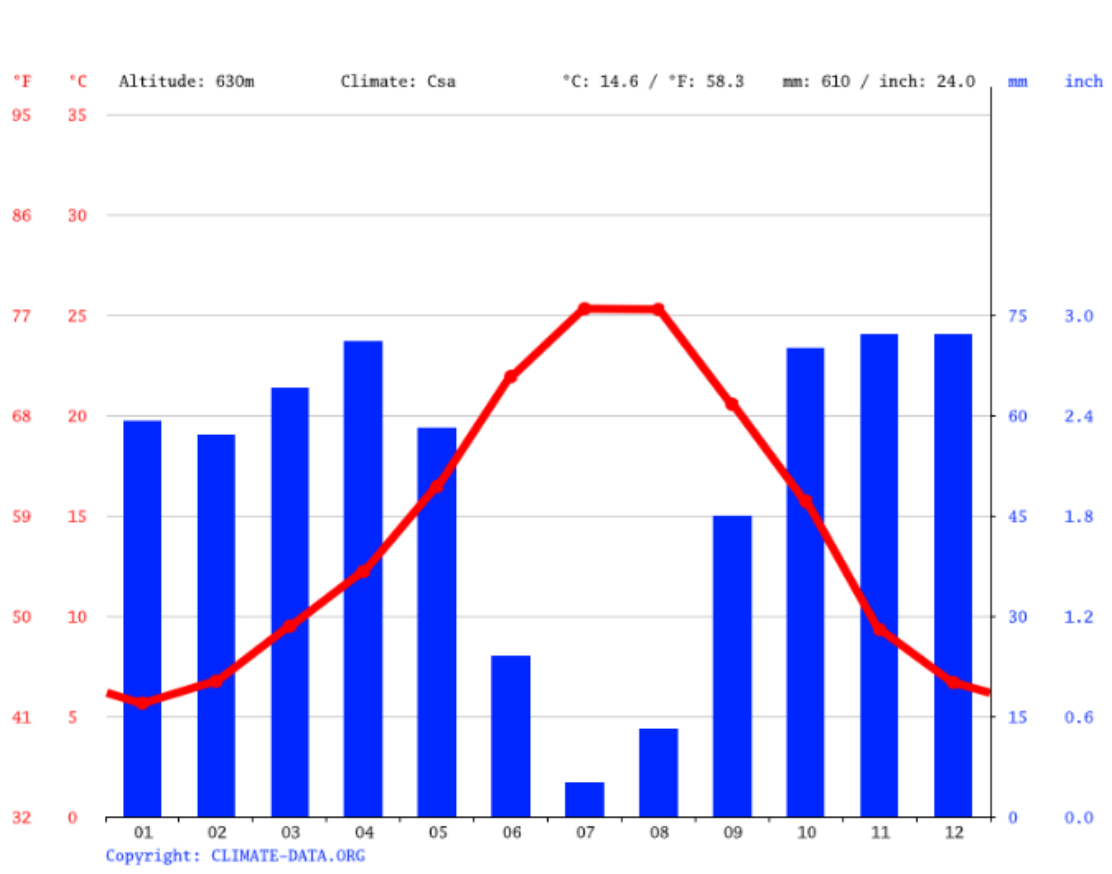


Figura 10. Climograma de Los Villares (Según AEMET).

5.5-Vegetación asociada

Respecto a la composición florística de la comunidad vegetal destaca *Asphodelus ramosus* L. como especie muy dominante. Acompañando a esta especie pueden aparecer especies como *Rumex bucephalophorus*, *Papaver dubium*, *Hieracium* sp., *Trifolium campestre*, *Cambre filiformis*, *Thymus mastichina*, etc. (Castillo et al., 1985)

Generalmente, en las zonas cercanas a las dolinas se encuentran especies del tipo almohadillado y rastreras como *Bupleurum fruticescens*, *Biscutella laevigata*, *Thymus orospedanus*, etc. (Torres et al., 2001).



Figura 11. Ejemplo de la vegetación almohadillada de las latitudes altas.

6-MATERIALES Y MÉTODOS

6.1-Trabajo de Campo

El muestreo se realizó el 3 de noviembre de 2022. Una vez situados en el área de muestreo se eligieron dos dolinas algo distantes entre sí. Se recolectaron cinco muestras de cada dolina en un diseño en zig-zag. De la matriz también se seleccionaron cinco puntos al azar (Tabla 2).

Tabla 2. Datos georreferenciados de la zona de muestreo.

Zona de Muestreo	Latitud	Longitud	Altitud
Dolina 1	37° 36´ 14"	3° 48´ 32"	1.426,98
Dolina 2	37° 38´ 16"	3° 48´ 43"	1.443,33
Matriz	37° 35´ 16"	3° 47´ 41"	1.448,33

La recolección de las muestras se llevó a cabo mediante el protocolo explicado a continuación. En primer lugar, se realizó un perfil en el suelo, por cada punto de muestreo, con la ayuda de una azada comúnmente usada en labores agrícolas, con una profundidad de no más de 10 cm. Posteriormente, se realizó la extracción de una columna de suelo de 4 cm de profundidad. Para poder realizar esta extracción se usó un cilindro metálico hueco de 7 cm de diámetro, perforado con ranuras separadas por una distancia de 2 cm para facilitar la toma de muestras por estratos (Fig.12) Con dicha información se puede afirmar que cada muestra tendrá un volumen de $314,15\text{cm}^3$ Una vez extraída se guardó en una bolsa de plástico hermética con su debida etiquetación, y se trasladó al laboratorio.



Figura 12- Ejemplo de extracción de suelo.

6.2-Trabajo de Laboratorio

6.2.1-Extracción de la nematofauna

La extracción de los nematodos se llevó a cabo mediante el método de centrifugación en un gradiente de sacarosa (Jenkins, 1964; Nombela y Bello, 1983; Hooper, 1986). El primer paso consiste en el pesaje de la muestra con la ayuda de una balanza granataria Cobos CSB-600C. Posteriormente se procede a realizar un tamizado para eliminar raíces y piedras. Se deposita la muestra de suelo, no más de 1 kg, sobre un tamiz de 4 mm de luz de malla. Las partículas finas de suelo se recogen en bandejas de plástico.

De nuevo la muestra se vierte sobre un tamiz, pero esta vez de 1 mm de luz de malla, recogiendo los restos un recipiente tipo barreño de no más de 5l. A continuación, se lava la muestra con un caudal de agua no muy grande, pero con cierta presión hasta que el recipiente esté prácticamente lleno. Una vez realizado este paso se agita el

contenido del recipiente y el sobrenadante se decanta sobre un tamiz de $25\mu m$ de luz de malla. Este proceso se puede repetir hasta que el agua del barreño sea transparente, y así se retendrá la nematofauna, en tanto que la parte mineral se quedará en el fondo del barreño.

Con la ayuda de un chorro fino de agua se procede a lavar el contenido de tamiz $25\mu m$ de luz de malla. El contenido se vierte en un vaso de precipitado de no más de 500 ml. Este líquido se vierte en los tubos de centrifuga de manera que todos queden con el mismo peso y volumen. La centrifugación (Centrífuga digital Macrotronic BL 4 tubos, JP Selecta) se llevará a cabo a 3.000 rpm durante 4-5 minutos transcurridos los cuales se elimina el sobrenadante por simples decantación. Los tubos obtenidos se rellenan con sacarosa que posee una densidad mayor que la de los nematodos. Esta solución de sacarosa se obtiene disolviendo 366,5g de azúcar comercial en $500cm^3$ de agua, con lo que se alcanza una densidad de 1,18g/l. Una vez añadida la solución se homogeniza, se procede a una nueva centrifugación a 1.000 rpm durante 1 minuto.

Tras la segunda y última centrifugación, el líquido sobrenadante de los tubos se vierte en un matiz pequeño de $20\mu m$ de luz de malla. Inmediatamente se procede a eliminar la sacarosa mediante un lavado con chorro fino de agua. Finalmente, el contenido se vierte un pequeño vaso de precipitado. Obteniendo así la nematofauna en un volumen reducido de agua.

6.2.2-Muerte y fijación

La muerte de los nematodos se lleva a cabo mediante calor. Se calienta el vaso de precipitado en una placa calefactora durante unos 30 segundos. Es importante que los nematodos mueran por calor para que así queden relajados y no contraídos, ya que la muerte por formol provoca este efecto. Se retiran 20 ml de agua y se le añaden 20 ml de formol al 8% quedando finalmente un volumen de 40 ml al 4% de concentración. El contenido del vaso de precipitado lo pasábamos a un tubo falcón donde puede quedar por tiempo indefinido.

6.2.3-Pesca y montaje.

Para el montaje de las muestras se emplea el método en glicerina anhidra (Siddiqi, 1964). En un pocillo de histología, y con ayuda de pequeña pipeta Pasteur de plástico, se añaden cinco o seis gotas de solución A (Lactofenol de Amman). Dicha solución está compuesta por 20cm^3 de ácido láctico, 20cm^3 fenol, 40cm^3 de glicerina anhidra y 20cm^3 de agua destilada. La muestra que se encuentra conservada en un tubo falcon se vierte en una placa petri. Si el tubo cuenta con mucho líquido, conviene retirar parte del sobrenadante para reducir el volumen, con cierto cuidado de no agitar el fondo que es donde se encuentran los nematodos.

Con la ayuda de una aguja enmangada, de punta fina y algo curva, se procede a capturar ("pescar") los nematodos y se van pasando al pocillo con la solución A. Este proceso se lleva a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico de luz transmitida. Una vez acabado este proceso, el pocillo se deja en una estufa de cultivo durante 24 horas como mínimo. La temperatura de la estufa debe estar entre los 36°C - 40°C .

Tras las 24 horas, se añaden al pocillo otras cinco o seis gotas de solución B (25cm^3 lactofenol + 75cm^3 glicerina anhidra), y se devuelve a la estufa otras 24 horas.

Para el montaje definitivo de los nematodos en preparaciones permanentes se procede del siguiente modo. Sobre un portaobjetos se forma un anillo de parafina en el centro con la ayuda de un tubo de metal que se calienta con un mechero de alcohol. Una vez tenemos el anillo de parafina formado, se procede a colocar una gota de glicerina anhidra que no sea excesiva con una varilla de alambre.

De nuevo, y con una aguja enmangada se procede a trasladar los nematodos del pocillo a la pequeña gota de glicerina. Es recomendable no colocar una gran cantidad de nematodos, generalmente no más de 4 nematodos por portaobjetos. Después de trasladar los nematodos al portaobjetos, se coloca un cubreobjetos sobre el anillo de parafina, y se calienta sobre una placa térmica caliente a 60°C de modo que la

parafina se funde. Por último, el portaobjetos se deja enfriar y la preparación estaría lista para su observación.

6.3-Estudio de gabinete

Se ha realizado la identificación de la nematofauna hasta alcanzar, en los casos que ha sido posible, el nivel taxonómico de especie. Dicho proceso se llevó a cabo con la ayuda de un microscopio óptico binocular Olympus CX31 con objetivos de 4x, 10x, 40x y 100x.

Tras realizar la labor de identificación, se ha llevado a cabo un recuento y análisis estadístico de las poblaciones de nematodos de las dolinas con la herramienta Microsoft Excel 2021 y Past 4.03.

7-RESULTADOS

Del estudio de 15 muestras se ha obtenido un total de 306 individuos que pertenecen a 12 especies, 11 géneros, 9 familias y dos subórdenes.

7.1-Posición taxonómica de las especies encontradas

Orden Dorylaimida Pearse, 1942

Suborden Dorylaimina Pearse, 1942

Familia Aporcelaimidae Heyns, 1965

Género *Aporcelaimellus* Andrásy, 2009

Aporcelaimellus obtusicaudatus (Bastian, 1865) Altherr, 1968

Familia Belondiridae Thorne, 1939

Género *Metaxonchium*, Coomans y Nair, 1975

Metaxonchium giennense Peña-Santiago y Coomans, 1990

Familia Dorylaimidae de Man, 1876

Género *Labronema* Thorne, 1939

Labronema montanum Peña-Santiago y Abolafia, 2019

Familia Leptonchidae Thorne, 1935

Funaria millani Peña-Santiago, 1991
 Familia Longidoridae Thorne, 1935
 Género *Xiphinema* Cobb, 1913
Xiphinema sp. 1
Xiphinema sp. 2
 Familia Mydonomidae Thorne, 1964
 Género *Dorylaimoides* Thorne y Swanger, 1936
D. cylindricaudatus Peralta y Peña-Santiago, 1991
 Familia Nordiidae Jairajpuri y Siddiqi, 1964
 Género *Heterodorus* Altherr, 1952
Heterodorus brevidentatus Altherr, 1952
 Familia Qudsianematidae, Jairajpuri, 1965
 Género *Allodorylaimus* Andrásy, 1986
A. paraganuliferus Quijano, Peña-Santiago y Jiménez-Guirado, 1991 .
 Género *Eudorylaimus* Andrásy, 1959
Eudorylaimus sp.
 Género *Ecumenicus* Thorne, 1974
Ecumenicus monohystera (de Man, 1880) Thorne, 1974
 Suborden Nygolaimina Ahmad y Jairajpuri, 1979
 Familia Nygolaimidae Thorne, 1935
 Género *Nygolaimus* Cobb, 1913
Nygolaimus brachyuris (de Man, 1880) Thorne, 1930

El número total de especies es significativamente menor que los aportados en la literatura consultada (Castillo *et al.*, 1985; Mañas-Sánchez, 2016). La causa de esta diferencia es el estado del suelo, extremadamente seco, tras un largo periodo con elevadas temperaturas y ausencia de lluvias en verano y primera mitad de otoño de 2022. Es preciso recordar que la nematofauna es higrófila y que las comunidades de nematodos doriláimidos, muy sensibles a los cambios en las condiciones abióticas de sus hábitats, descienden drásticamente en abundancia y diversidad en situaciones de estrés ambiental (*cf.* Wilson y Kakouli-Duarte, 2009).

7.2-Resultados generales de distribución

En la Tabla 3 se presentan los datos correspondientes a la distribución de las especies encontradas en las dolinas y en la matriz. En términos generales, se puede apreciar que la distribución presenta algunas diferencias en lo que se refiere a la abundancia (número de individuos) y a la diversidad (riqueza específica). Estas diferencias serán objeto de un análisis más detallado en los siguientes apartados de la presente memoria.

Tabla 3. Recuento de especies encontradas en las dolinas y en la matriz. Se presenta el número de individuos para un total de cinco muestras de 100g de suelo en cada caso.

Especies	Dolina 1	Dolina 2	Matriz	Total
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	22	87	14	123
<i>Metaxonchium giennense</i>	31	11	3	45
<i>Labronema montanum</i>	0	0	41	41
<i>Allodorylaimus paragranuliferus.</i>	6	12	12	30
<i>Ecumenicus monohystera</i>	6	3	10	19
<i>Heterodorus brevidentatus</i>	0	0	13	13
<i>Xiphinema</i> sp. 1	12	0	0	12
<i>Eudorylaimus</i> sp.	2	7	2	11
<i>Funaria millani</i>	0	0	7	7
<i>Xiphinema</i> sp. 2	3	0	0	3
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	0	0	1	1
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	1	0	0	1

7.3-Diversidad (riqueza específica) y su distribución

Las Tablas 4 (dolina 1), 5 (dolina 2) y 6 (matriz) presentan los resultados obtenidos en lo que se refiere a la distribución (presencia/ausencia, 1/0) de cada una de las 12 especies encontradas en cada una de las 5 muestras de suelo estudiadas en cada

caso. Se muestran, además, los totales y los correspondientes parámetros estadísticos básicos: media, desviación estándar e intervalo (mínimo-máximo).

Tabla 4. Datos de presencia/ausencia y de riqueza específica en la Dolina 1

Especies	Dolina 1					Total
	D1.1	D1.2	D1.3	D1.4	D1.5	
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	1	1	1	1	1	5
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	0	1	1	1	1	4
<i>Metaxonchium giennense</i>	1	1	1	0	1	4
<i>Ecumenicus monohystera</i>	0	0	1	1	1	3
<i>Xiphinema</i> sp.1	1	1	0	0	0	2
<i>Eudorylaimus</i> sp.	0	0	0	1	0	1
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Xiphinema</i> sp. 2	0	1	0	0	0	1
Total (Riqueza Específica)	3	5	5	4	3	
Número de especies	8					
Media±SD (Intervalo)	4±1(3-5)					

Tabla 5. Datos de presencia/ausencia y de riqueza de las especies encontradas en la Dolina 2.

Especies	Dolina 2					Total
	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	D2.5	
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	1	1	1	1	1	5
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	1	0	1	1	1	4
<i>Metaxonchium giennense</i>	1	0	1	1	0	3
<i>Ecumenicus monohystera</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Eudorylaimus</i> sp.	0	0	1	0	1	2
Total (Riqueza Específica)	4	1	5	3	3	
Número de especies	5					
Media ±SD (Intervalo)	3,2 ±1,4(1-5)					

Tabla 6. Datos de presencia/ausencia y de riqueza específica en la Matriz.

Especies	Matriz					Total
	M1	M2	M3	M4	M5	
<i>Heterodorus brevidentatus</i>	1	1	1	1	1	5
<i>Labronema montanum</i>	1	1	1	1	1	5
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	0	1	1	1	1	4
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	1	1	1	0	1	4
<i>Ecumenicus monohystera</i>	0	1	1	0	1	3
<i>Funaria millani</i>	1	0	0	1	0	2
<i>Metaxonchium giennense</i>	0	1	0	1	0	2
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Eudorylaimus</i> sp.	0	0	0	1	0	1
Total (Riqueza específica)	4	7	5	6	5	
Número de especies	9					
Media $\pm$ SD (Intervalo)	5,4 $\pm$ 1,5 (4-7)					

Los datos de distribución (presencia/ausencia) y los parámetros estadísticos básicos permiten detectar algunas diferencias. Por una parte, de las 12 especies encontradas, cinco (*Metaxonchium giennense*, *Aporcelaimellus obtusicaudatus*, *Eudorylaimus* sp., *Allodorylaimus paragranulíferus*, y *Ecumenicus monohystera*) están presentes en los tres grupos de muestras considerados, en tanto que tres especies (las dos especies de *Xiphinema* y *Nygolaimus brachyuris* sólo se han encontrado en las dolinas, y cuatro (*Heterodorus brevidentatus*, *Labronema montanum*, *Funaria millani* y *Dorylaimoides cylindricaudatus*) se han encontrado únicamente en la matriz. Por tanto, y en principio, la matriz presenta una diversidad apenas mayor (9 especies en total) que la encontrada en las dolinas (8 y 5, respectivamente), que difieren entre sí en mayor medida. Como era de esperar, la fauna de la matriz es muy similar a la encontrada por Sánchez-Mañas (2016) en lo que se refiere a las especies más abundantes, pero no así en el número total de especies, muy inferior al obtenido por esta autora.

Por otra parte, cuando se analiza el valor de riqueza media por muestra, la matriz tiene también la cifra media más alta (5.4 vs 4.0 y 3.2, respectivamente), con diferencias más apreciables con las dolinas, que, en este caso, difieren menos entre sí. Otro tanto ocurre con los intervalos (4-7 vs 3-5 y 1-5, respectivamente). No obstante, el análisis estadístico mediante una *t* de Student ($p\text{-valor} > 0,5$) no ha mostrado diferencia significativa entre estos valores, probablemente debido a la dispersión de los datos y al bajo número de estos. Por tanto, no queda demostrada la existencia de diferencias en la distribución de la riqueza específica entre las dolinas y la matriz circundante ni entre las dolinas. Estos datos coinciden con los obtenidos por de Goede y Bongers (1994) donde se compraron dos hábitats de una reserva natural con zonas manejadas que difieren en la vegetación. En dicho estudio la riqueza específica era mayor en la zona de la reserva natural, la cual era la dominante, frente a la zona manejada. Esto es similar a lo encontrado en este estudio siendo la zona dominante la que más riqueza muestra.

7.4-Abundancia

En la Tabla 7 se presentan los datos de abundancia de cada especie. Así, se aporta el número total de individuos (*Ab*), su porcentaje (%), y la media, la desviación estándar y el intervalo.

Conviene destacar la gran amplitud que se observa en los intervalos, lo que indica la existencia de diferencias importantes en la abundancia de cada especie cuando se comparan muestras entre sí, posiblemente debido a la distribución por agregados, típica de los nematodos (Yeates *et al.*, 2009). Otro dato importante a destacar (véase en la fig.13), es que la distribución de abundancias presenta una asimetría debido a que las tres especies más abundantes representan más del 65% del total, en tanto que la suma de las especies menos abundantes no supera el 5% del total. Este es un modelo común en la distribución de abundancias (Lomolino *et al.*, 2006).

Tabla 7. Datos de abundancia de las especies en el total de las muestras estudiadas.

Especies	N	%	Media±SD(Intervalo)
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	123	40,20	8,2 ± 32,7 (0-19)
<i>Metaxonchium giennense</i>	45	14,71	3 ± 15 (0-10)
<i>Labronema montanum</i>	41	13,40	2,7 ± 11,6 (0-9)
<i>Allodorylaimus paraganuliferus</i>	30	9,80	2 ± 8,9 (0-6)
<i>Ecumenicus monohystera</i>	19	6,21	1,3 ± 6 (0-5)
<i>Heterodorus brevidentatus</i>	13	4,25	0,9 ± 2,1 (0-5)
<i>Xiphinema</i> sp. 1	12	3,92	0,8 ± 1 (0-5)
<i>Eudorylaimus</i> sp.	11	3,59	0,7 ± 3,8(0-3)
<i>Funaria millani</i>	7	2,29	0,5 ± 2,3 (0-4)
<i>Xiphinema</i> sp. 2	3	0,98	0,2 ± 1 (0-2)
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	1	0,33	0,07 ± 0,6 (0-1)
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	1	0,33	0,07 ± 0,6 (0-1)
Total	306	100	102±18,5 (83-120)

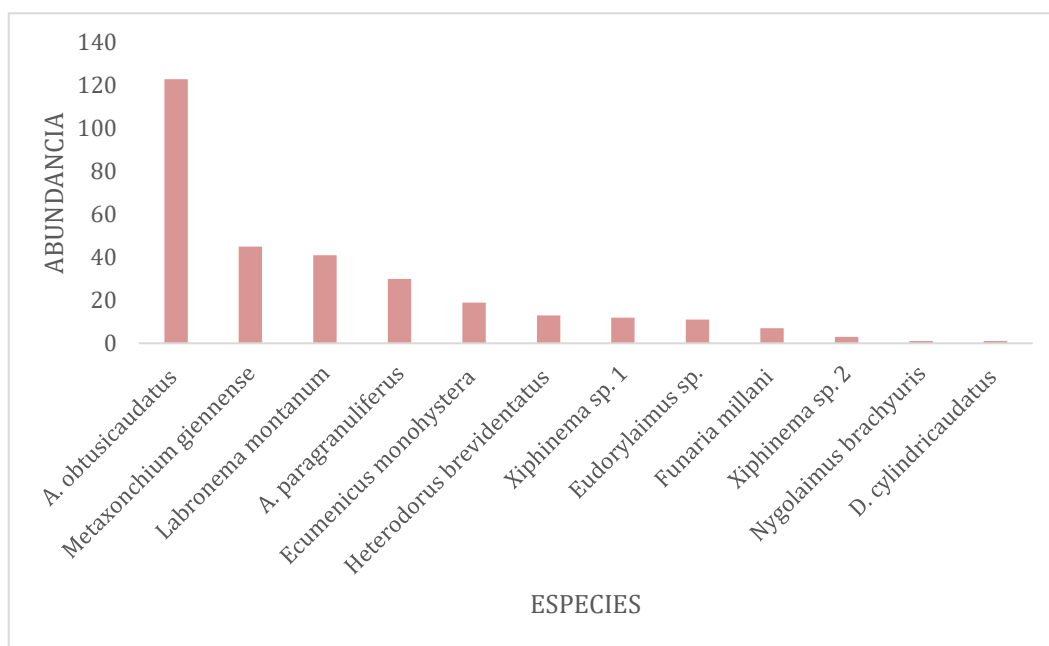


Figura 13. Distribución de la abundancia de las especies en el total de las muestras

Se puede observar como *Aporcelaimellus obtusicaudatus* es la especie más abundante con diferencia. Respecto a *Metaxonchium giennense* y *Labronema montanum* son también muy abundantes. En tanto que *Dorylaimoides cylindricaudatus* y *Nygolaimus brachyuris* son las menos abundantes solo encontrándose un individuo.

Las Tablas 8 (dolina 1) y 9 (dolina 2) presentan los resultados obtenidos en lo que se refiere a la abundancia de las especies encontradas en las dolinas. Se muestra además los correspondientes parámetros estadísticos básicos: media desviación estándar e intervalo (mínimo-máximo).

Tabla 8. Datos de abundancia de las especies encontradas en la Dolina 1.

Especies	Dolina 1					Media±SD(Intervalo)
	D1.1	D1.2	D1.3	D1.4	D.1.5	
<i>Metaxonchium giennense</i>	15	12	1	0	3	6,2±6,8 (0-15)
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	3	4	2	11	2	4,4±3,7 (2-11)
<i>Xiphinema sp. 1</i>	1	11	0	0	0	2,4±4,8 (0-11)
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	0	1	2	3	0	1,2±1,3 (0-3)
<i>Ecumenicus monohystera</i>	0	0	2	1	3	1,2±1,3 (0-3)
<i>Xiphinema sp. 2</i>	0	3	0	0	0	0,6±1,3 (0-3)
<i>Eudorylaimus sp.</i>	0	0	0	2	0	0,4±0,9 (0-2)
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	0	0	1	0	0	0,2±0,4 (0-1)
Total	19	31	8	17	8	16,6±9,5(8-31)

Tabla 9. Datos de abundancia de las especies encontradas en la Dolina 2.

Especies	Dolina 2					Media±SD(Intervalo)
	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	D.2.5	
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	23	25	8	20	11	17,4±7,5 (8-25)
<i>Metaxonchium giennense</i>	8	0	1	2	0	2,2±3,3 (0-8)
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	3	0	3	3	3	2,4±1,3 (0-3)
<i>Eudorylaimus sp.</i>	0	0	3	2	3	1,2±1,6 (0-3)
<i>Ecumenicus monohystera</i>	1	0	2	0	0	0,6±0,9 (0-2)
Total	35	25	17	25	17	23,8±7,43 (17-35)

Cuando se comparan los resultados obtenidos en las dos dolinas se puede observar que la Dolina 2 presenta mayor abundancia que la Dolina 1 (23,8 vs 16,6 individuos por muestra en promedio). No obstante, el análisis estadístico no ha mostrado diferencias significativas entre estos valores, de tal suerte que las diferencias observadas se deben al azar del muestreo. Cabe mencionar que la Dolina 2 presenta mayor abundancia que la 1 a pesar de albergar una menor diversidad, es decir, no se detecta una relación directa entre abundancia y riqueza específica, sino una distribución aleatoria en ambos casos. Por otro lado, *Metaxonchium giennense* es la especie más abundante en la dolina 1, mientras que en la dolina 2 la especie más abundante es *Aporcelaimellus obtusicaudatus*. Se trata de una prueba más de la distribución en agregados. Finalmente, las Figuras 14 (dolina 1) y 15 (dolina 2) dan una idea gráfica de los resultados obtenidos, con una asimetría en los datos de distribución en el caso de la dolina 2, debido a la elevada abundancia de *A. obtusicaudatus*.

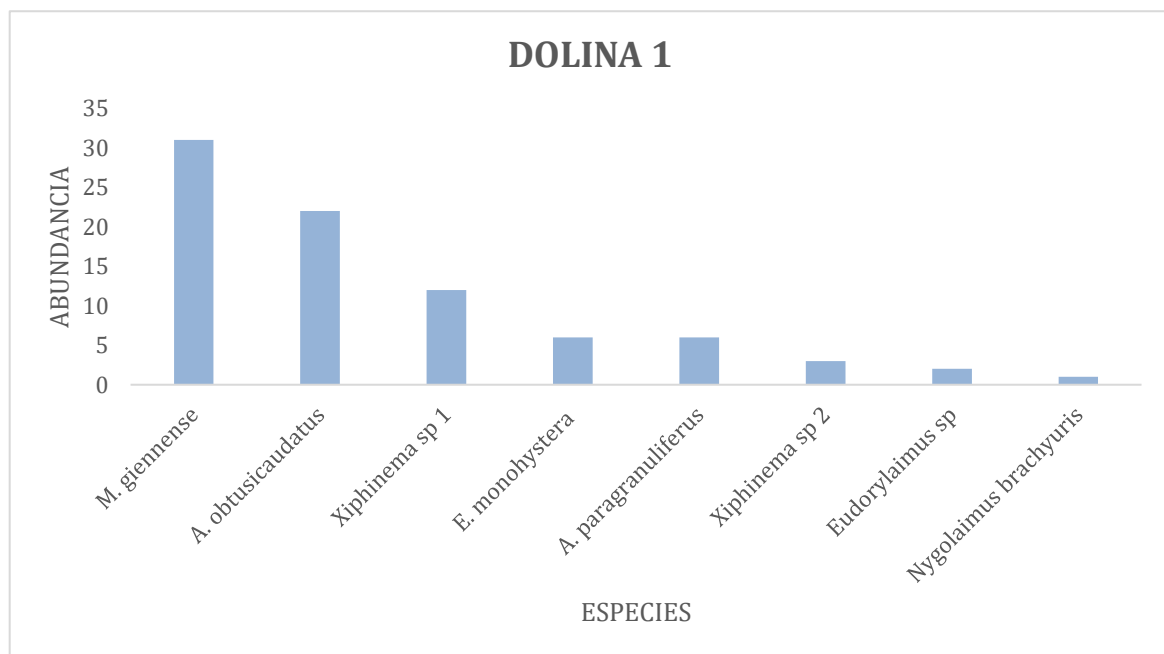


Figura 14. Distribución de la abundancia de las especies en la Dolina 1.

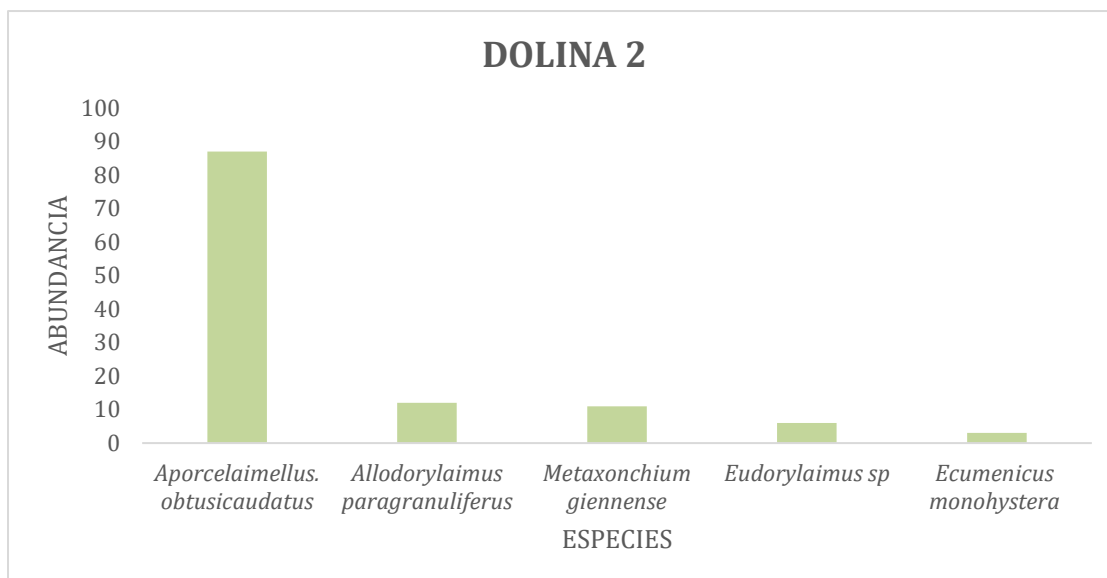


Figura 15. Distribución de la abundancia de las especies en la Dolina 2

La Tabla 10 (véase también la Fig. 16) muestra los resultados en el caso de la Matriz. La abundancia media (20,6 individuos por muestra) presenta un valor intermedio entre los obtenidos para las dolinas. Como era de esperar, el análisis estadístico (t-Student, $p > 0,05$) no ha puesto de manifiesto diferencia significativa alguna entre los datos, confirmando que la distribución es al azar. También se confirma que no hay relación directa entre diversidad y abundancia ya que, como se ha visto anteriormente, la Matriz es el hábitat con mayor riqueza específica.

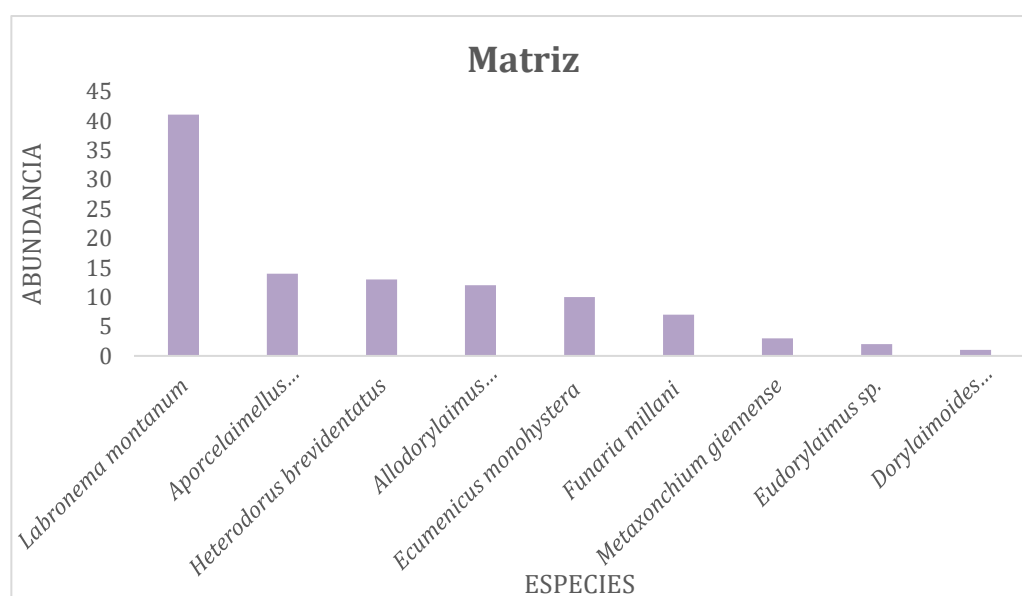


Figura 16. Distribución de la abundancia de las especies en la Matriz.

Tabla 10. Datos de abundancia de las especies encontradas en la Matriz.

Especies	Matriz					Media $\pm$ SD (Intervalo)
	M1	M2	M3	M4	M5	
<i>Labronema montanum</i>	10	10	8	9	4	8,2 $\pm$ 2,5 (4-10)
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	2	4	2	0	6	2,8 $\pm$ 2,3 (0-6)
<i>Heterodorus brevidentatus</i>	3	1	1	7	1	2,6 $\pm$ 2,6 (1-7)
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	0	1	2	2	7	2,4 $\pm$ 2,7 (0-7)
<i>Ecumenicus monohystera</i>	0	7	2	0	1	2 $\pm$ 2,9 (0-7)
<i>Funaria millani</i>	1	0	0	6	0	1,4 $\pm$ 2,6 (0-6)
<i>Metaxonchium giennense</i>	0	2	0	1	0	0,6 $\pm$ 0,9 (0-2)
<i>Eudorylaimus</i> sp.	0	0	0	2	0	0,4 $\pm$ 0,9 (0-2)
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	0	1	0	0	0	0,2 $\pm$ 0,4(0-1)
<i>Total</i>	16	26	15	27	19	20,6 $\pm$ 5,6 (15-27)

Merece la pena destacar que la especie más abundante en la Matriz es, con gran diferencia, *Labronema montanum*, que está presente en las cinco muestras, en cuatro de ellas con el mayor número de individuos. Este resultado concuerda en parte con los hallazgos de Mañas-Sánchez (2016), quien, como se ha mencionado en el capítulo de antecedentes, observó que las especies más abundantes en la Matriz eran *Aporcelaimellus obtusicaudatus*, *Labronema montanum* y *Metaxonchium giennense*. Sorprendentemente, *Labronema montanum* no se ha encontrado en muestra alguna de las dolinas, a pesar de que Castillo *et al.* (1985) sí mencionaron la presencia de dos especies del género *Labronema* en su estudio, si bien con poca abundancia —seguramente se trata en realidad de *L. montanum*, una especie caracterizada y descrita hace poco tiempo—. Por tanto, nuestros resultados sugieren que *L. montanum* podría tener valor como bioindicador para diferenciar la nematofauna de la Matriz respecto de la de las Dolinas.

7.5-Frecuencia

En la Tabla 11 se muestran los datos de frecuencia de las especies encontradas en el conjunto del muestreo realizado, es decir, el número de muestras en que cada especie está presente, en valores absolutos (N) y relativos (%). A efectos comparativos, se consideran especies muy frecuentes aquellas que están presentes en al menos el 75% de las muestras, frecuentes cuando lo están en al menos el 50%, en tanto que las demás se consideran poco frecuentes.

Tabla 11. Datos de frecuencia de las especies encontradas en las muestras.

Especies	N	%
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	14	93,33
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	11	73,33
<i>Metaxonchium giennense</i>	9	60,00
<i>Ecumenicus monohystera</i>	8	53,33
<i>Heterodorus brevidentatus</i>	5	33,33
<i>Labronema montanum</i>	5	33,33
<i>Eudorylaimus</i> sp.	4	26,67
<i>Funaria millani</i>	2	13,33
<i>Xiphinema</i> sp. 1	2	13,33
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	1	6,67
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	1	6,67
<i>Xiphinema</i> sp. 2	1	6,67

Los datos indican que únicamente *Aporcelaimellus obtusicaudatus* es muy frecuente, que otras tres especies (*Ecumenicus monohystera*, *Metaxonchium giennense* y *Allodorylaimus paragranuliferus*) son frecuentes, en tanto que las demás son poco frecuentes.

Las Tablas 12 (dolinaz) y 13 (matriz) presentan los datos frecuencia de las especies en las Dolinas 1 y 2 y en la Matriz. En general se observa que la mayor parte de las

especies son muy frecuentes o frecuentes, esto es, cuando una especie está presente bien en una de las dos dolinas o en la matriz, se encuentra en la mayoría de las muestras. Es destacable que *Aporcelaimellus obtusicaudatus* es la especie más frecuente (100%) en las dos dolinas, en tanto que en la matriz las más frecuentes (100%) son *Heterodorus brevidentatus* y *Labronema montanum*, si bien en este hábitat *Aporcelaimellus obtusicaudatus* es muy frecuente (80%). Estos resultados coinciden con los de Castillo *et al.* (1985) quienes observaron que *Aporcelaimellus obtusicaudatus* estaba presente en el 100% de las muestras recogidas en su estudio de distribución vertical en una dolina. Por su parte, Mañas-Sánchez (2016) encontró que *Aporcelaimellus obtusicaudatus* era la especie más frecuente también en la matriz.

Tabla 12. Datos de frecuencia de las especies encontrado en la Dolina 1 y 2

Dolina 1			Dolina 2		
Especies	N	%	Especies	N	%
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	5	100	<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	5	100
<i>Metaxonchium giennense</i>	4	80	<i>Allodorylaimus Paragranuliferus</i>	4	80
<i>Eudorylaimus</i> sp.	4	80	<i>Metaxonchium giennense</i>	3	60
<i>Allodorylaimus Paragranuliferus</i>	3	60	<i>Ecumenicus monohystera</i>	2	40
<i>Ecumenicus monohystera</i>	3	60	<i>Eudorylaimus</i> sp.	2	40
<i>Xiphinema</i> sp. 1	2	40			
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	1	20			
<i>Xiphinema</i> sp. 2	1	20			

Tabla 13. Datos de frecuencia de las especies encontrado en la Matriz.

Matriz		
Especies	N	%
<i>Heterodurus brevidentatus</i>	5	100
<i>Labronema montanum</i>	5	100
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	4	80
<i>Allodorylaimus paraganuliferus</i>	4	80
<i>Ecumenicus monohystera</i>	3	60
<i>Funari millani</i>	3	60
<i>Metaxonchium giennense</i>	2	40
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	1	20
<i>Eudorylaimus</i> sp.	1	20

7.6-Estudio comparativo de abundancia y frecuencia relativa

Cuando se tienen en cuenta los datos de abundancia y de frecuencia de las especies que forman las diferentes comunidades de nematodos, se puede apreciar que, en ciertos casos, hay coincidencia en ambos valores, es decir, las especies más frecuentes son al mismo tiempo las más abundantes o viceversa. Sin embargo, ocurre muchas veces que especies muy abundantes no son tan frecuentes o lo contrario, porque una especie puede ser frecuente, pero no muy abundante, simplemente por el hecho de estar presente en muchas muestras, pero no con un elevado número de individuos.

La Tabla 14 presenta la abundancia relativa y la frecuencia relativa de cada especie para el total de muestras estudiadas. Dejando a un lado el caso de *Aporcelaimellus obtusicaudatus* y tal vez *Metaxonchium giennense*, se puede observar que no siempre hay coincidencia entre los valores de abundancia y frecuencia, como ocurre con *Labronema montanum* (elevada abundancia, baja frecuencia) o *Ecumenicus monohystera* (baja abundancia, elevada frecuencia).

Tabla 14. Comparación entre abundancia (Ab) y frecuencia (Fr) relativa

Especies	Ab (%)	Fr (%)
<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i>	40,20	93,33
<i>Metaxonchium giennense</i>	14,71	60,00
<i>Labronema montanum</i>	13,40	33,33
<i>Allodorylaimus paragranuliferus</i>	9,80	73,33
<i>Ecumenicus monohystera</i>	6,21	53,33
<i>Heterodurus brevidentatus</i>	4,25	33,33
<i>Xiphinema sp 1</i>	3,92	13,33
<i>Eudorylaimus sp</i>	3,59	26,67
<i>Funaria millani</i>	2,29	13,33
<i>Xiphinema sp 2</i>	0,98	6,67
<i>Dorylaimoides cylindricaudatus</i>	0,33	6,67
<i>Nygolaimus brachyuris</i>	0,33	6,67

Estos datos coinciden con los encontrados por Mañas-Sánchez (2016), donde las dos especies más abundantes y frecuentes son *Aporcelaimellus obtusicaudatus* y *Metaxonchium giennense*. En el caso de *Allodorylaimus paragranuliferus* sucede lo mismo en dicho estudio, es una especie muy frecuente, pero poco abundante.

8-CONCLUSIONES

Del estudio de un total de 306 nematodos pertenecientes al orden Dorylaimida, recolectados en 15 muestras de suelo en dos dolinas y la matriz circundante en la Sierra de la Pandera, provincia de Jaén, se concluye que:

Primero. Tanto la diversidad como la abundancia de la dorylaimofauna presentan valores muy bajos respecto a lo esperado, seguramente debido al estrés hídrico sufrido por el área estudiada.

Segundo. No se ha encontrado diferencias significativas en la distribución de la diversidad (riqueza específica) entre las dolinas y la matriz, a pesar de que ésta presenta valores siempre mayores.

Tercero. Tampoco se han encontrado diferencias significativas en la distribución de la abundancia entre las dolinas y la matriz, ni entre las dolinas.

Cuarto. La especie *Labronema montanum* puede tener valor como bioindicador del tipo de hábitat, asociada a la matriz.

Y quinto. No se corrobora la hipótesis inicial de este estudio ya que no existen diferencias significativas en la composición y estructura de las comunidades nematológicas de las dolinas y de su matriz circundante.

9-BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. (2011): *Atlas climático ibérico. Temperatura del aire y precipitación (1971-2000)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

BONGERS, T. y BONGERS M. (1998): "Functional diversity of nematodes". *Applied Soil Ecology*, 10 (3), pp 239-251

CASTILLO CASTILLO, P., PEÑA SANTIAGO, R. y JIMENEZ MILAN, F. (1985): "Modelos de Distribución Vertical de las Especies de Nematodos en un Biotipo Natural I". *Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológicas*, 12. pp.155-162.

COSTA PEREZ, J. y VALLE TENDERO, F. (2004). *Datos botánicos aplicados a la Gestión del Medio Natural Andaluz I: Bioclimatología y Biogeografía*. Junta de Andalucía.

FABRE, M., MONNÉ, J., y TENA M.V. (2010). "Los campos de dolinas de la Sierra de Albarracín", en *Las formas del relieve de la Sierra de Albarracín*. Centro de Estudios de la Comunidad de Albarracín (ed.): Teruel, pp. 91-110.

GIBBONS, L.M. (2002): "General organisation", en D.L. Lee. (ed.): *The Biology of Nematodes*, United Kingdom, School of Biology University of Leeds, pp. 59-141.

DE GOEDE, R. G., & BONGERS, T. (1994): "Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics", *Applied Soil Ecology*, 1(1), pp. 29-44.

HICKMAN, C.P., ROBERTS, L.S., KEEN, S.L., LARSON, A., I'ASON, A., y EISENHOUR, D.J. (2009): "Los animales pseudocelomados", en *Principios integrales de Zoología*. McGraw-Hill (ed.) Madrid. pp. 304-324.

HOPPER, D.J. (1986): "Extracción of free-living stages from soil". en: J.F. Southey. (ed.): *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*, London, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. pp. 5-57

HUGOT, J.P., BAUJARD, P. y MORAND, S. (2001): "Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview", *Nematology*, 3, pp.199-208.

ENRILE ALBIR, A., LÓPEZ OLMEDO, F.L., DÍAZ DE NEIRA, J.A., y HERNALZ HUERTA, P.P. (2003): "Cartografía MAGNA 50 Hoja 969-Valdepeñas de Jaén", en *Mapa Geológico de España a escala 1: 50.000 (2ª Serie)*. P. Ruíz Reig, (ed.) Madrid. IGME. pp. 19-39.

JAIRAJPURI, M.S. y AHMAD, W. (1992): *Dorylaimida. Free-living, Predaceous and Plantparasitic Nematodes*. University Oxford press.

JENKINS, W.R. (1964): "A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil", *Plant Disease Reporter*, 48 pp.692-705.

JIMÉNEZ-GUIRADO, D., PERALTA, M. y PEÑA-SANTIAGO, R. (2007): "Nematoda, Mononchida, Dorylaimida I", en: *Fauna Ibérica, vol. 30*. M.A. Ramos (Ed.), Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, pp. 85-86.

LEE, D.L. (2002): *The Biology of Nematodes*, CRC Press.

LOMOLINO, M.V., RIDDLEN, R.B. y BROWN, H.J. (2006): *Biogeography* (3rd edition), Sinuauer Associates.

MAÑAS SÁNCHEZ, I. (2016): *Distribución en un gradiente altitudinal de los nematodos del orden Dorylaimida y Monochida en la Sierra de la Pandera, Provincia de Jaén*, Trabajo Fin de Máster de la Universidad de Jaén.

NICOD, J. (1972): *Pays et paysages du calcaire*. Presses Universitaires de France.

NOMBELA, G y BELLO, A. (1983): “Modificaciones al método de extracción de nematodos fitoparásitos por centrifugación en azúcar”, *Boletín del servicio de defensa contra plagas e inspección Fitopatológica*, 9, pp. 183-189.

PEINADO, M. y RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987): *La vegetación de España*. Servicio Publicaciones Universidad de Alcalá de Henares.

PEÑA-SANTIAGO, R. (2014): *Morphology and Bionomics of Doryliams (Nematoda: Dorylaimida)*, Brill.

PEÑA-SANTIAGO, R. (2021): *Dorylaimida Mundi (Nematoda Checklist of Genera and Species, with Their Records*, Universidad de Jaén.

REDIAM. (2016): Cartografía de la Sierra de la Pandera. (Obtenido de: Visor de información geográfica de la REDIAM (cica.es).

RUPPERT, E.E. y BARNES, R.D. (1996): “Asquelmintos: Filo Nematodos (nematoda)”, en *Zoología de los Invertebrados*. F. Pardos Martínez (ed.): McGraw-Hill Interamericana, Madrid, pp. 288-304.

SIDDIQI, M.R. (1964): “Studies on Discolaimus spp. (Nematoda: Dorylaimidae) from India”, *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, 2, pp. 174-184.

SORIANO, M. A., y POCOVÍ, A. (2021): *Dolinas*, Universidad de Zaragoza.

TORRES, J.A., GARCÍA-FUENTES, A., SALAZAR, C., MELENDO, M. y CANO, E. (2001): “Influencia de los cambios climáticos sobre algunas formaciones caducifolias del sector Subbético” *Vegetación y cambios climáticos*, pp. 197-208

VALLE-TENDERO, F. et al. (2004): “Anexo cartográfico y series de vegetación modelos de restauración forestal”. Junta de Andalucía. Sevilla.

WILSON, M.J. y KAKOULI-DUARTE, T. (2009): *Nematodes as environmental indicators*, CABI publishing.

YEATES, G.W., FERRIS, H., MOENS, T. y VAN DER PUTTEN, W.H. (2009): "The Role of Nematodes in Ecosystems", en J.M. Wilson, T. Kakouli-Duarte, (eds.): *Nematodes as environmental indicators*, The Netherlands, CABI publishing, pp. 1-45.