

PRIMER REPORTE DEL NEMATODO ENTOMOPATÓGENO

Heterorhabditis indica Poinar, 1992 (RHABDITIDA: Heterorhabditidae) EN PANAMÁ¹

Eric M. Candanedo-Lay²

RESUMEN

En una bioprospección realizada en la provincia de Colón por el Laboratorio de Nematología del IDIAP (NEMALAB) se encontró una cepa nativa de nematodo entomopatógeno que fue identificada morfológicamente dentro del género *Heterorhabditis*. Estos microorganismos tienen gran potencial para el control biológico de larvas de plagas insectiles de los cultivos y su eficacia ha sido demostrada en diversos países y en pruebas preliminares realizadas en el NEMALAB, en el Centro de Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOr) del IDIAP, en Tanara, distrito de Chepo, Panamá Este. Se continuó con la identificación morfológica realizando mediciones microscópicas en hembras anfigmíticas, hembras hermafroditas, machos y juveniles del tercer estadio (J₃) para identificar la especie de esta cepa nativa, designada experimentalmente como NEMALAB 1H. La información morfométrica obtenida coincidió con lo reportado para la especie *Heterorhabditis indica*. Finalmente, se realizó la identificación molecular que confirmó la identificación morfológica de la especie.

Palabras clave: Bioprospección, cepa nativa, control biológico, identificación morfológica, identificación molecular.

¹Recepción: 17 de diciembre de 2025. Aceptación: 04 de febrero de 2026. Actividad financiada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Proyecto: Cepas nativas de nematodos entomopatógenos para control de plagas insectiles.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOr). e-mail: emcandanedo@gmail.com;
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1921-923X>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

FIRST REPORT OF THE ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE *Heterorhabditis indica* Poinar, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) IN PANAMA

ABSTRACT

A bioprospecting survey conducted by the Nematology Laboratory of the Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP-NEMALAB) in Colón Province, Panama, resulted in the discovery of a native strain of an entomopathogenic nematode, morphologically identified as belonging to the genus *Heterorhabditis*. Entomopathogenic nematodes are recognized as effective biological control agents against larval stages of numerous insect pests, and their efficacy has been demonstrated worldwide, including in preliminary trials conducted by NEMALAB at the Eastern Agricultural Innovation Center (CIAOr) of IDIAP in Tanara, Chepo District, Eastern Panama. Species identification of the native isolate, experimentally designated NEMALAB 1H, was further investigated through detailed morphometric analyses of hermaphroditic females, amphimictic females, males, and third-stage infective juveniles (IJ3). The morphometric characteristics obtained were consistent with those previously reported for *Heterorhabditis indica* Poinar, 1992. Molecular analyses subsequently confirmed the morphological identification. This study constitutes the first confirmed record of *H. indica* in Panama and provides the basis for future research on its potential use in biological control programs.

Key words: Bioprospecting, biological control, morphometric identification, molecular characterization, native isolate.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis* son microorganismos utilizados en el control biológico de larvas de plagas insectiles de importancia en la agricultura (Sánchez-Saavedra et al., 2012). En su intestino se aloja la bacteria patógena *Photorhabdus* spp., en fase forética o de transportación, en una relación simbiótica obligada de la que ambos organismos se benefician. Estos nematodos tienen la capacidad de entrar al hemocele o cavidad interna de las larvas insectiles principalmente a través de los espiráculos que éstas poseen en la cutícula, a lo largo de los costados del cuerpo. También pueden penetrar por la abertura oral, por el ano o por los espacios intersegmentales, avanzando hasta llegar al hemocele.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Una vez en el hemocele liberan la bacteria patógena que se reproduce rápida y masivamente entrando en una fase patógena que mata la larva insectil por una infección generalizada o septicemia. Entonces *Heterorhabditis* y *Photorhabdus* entran en una fase de simbiosis mutualista de la que ambos organismos se benefician, el nematodo alimentándose de las bacterias y reproduciéndose y la bacteria al ser transportada por el nematodo hasta nuevas larvas insectiles. Una vez agotado el alimento, las nuevas generaciones del nematodo entomopatígeno abandonan el cadáver de la larva insectil en busca de larvas insectiles sanas que infectar.

La cepa nativa del nematodo entomopatígeno *Heterorhabditis* sp. denominada NEMALAB 1H fue la primera en ser encontrada, en una bioprospección realizada en una finca de la localidad de Quebrada Ancha, en el corregimiento Limón, en la provincia atlántica de Colón, República de Panamá (Candanedo-Lay et al., 2020). El hallazgo se realizó en muestras de suelo de la rizosfera de un árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) con las coordenadas UTM 17P 0648419, 1026745, a una altitud de 164 metros sobre el nivel del mar. La cepa fue incrementada y mantenida *in vivo*, en larvas de la polilla mayor de los apiarios, *Galleria mellonella*, en el Laboratorio de Nematología del Centro de Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOr) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en la comunidad de Tanara, distrito de Chepo, provincia de Panamá (Bedding & Akhurst, 1975; Hazir et al., 2003; Grewal et al., 2001; Lawrence & Georgis, 2012).

Los bioinsecticidas basados en este nematodo entomopatígeno, además de su eficacia comprobada, son inocuos al ser humano y a los animales. A diferencia de los insecticidas químicos, que dejan residuos tóxicos en el agroecosistema y en los alimentos de consumo humano o animal, son seguros de aplicar y completamente amigables a los agroecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para identificar la especie del género *Heterorhabditis* a la que pertenece la cepa nativa NEMALAB 1H se realizó la morfometría de 16 machos, 16 hembras hermafroditas, 16 hembras anfimícticas y 20 juveniles infectivos (J3) que se presentan en los Cuadros 1 a 5 (Grifaldo-Alcántara et al., 2019; Grifaldo-Alcántara et al., 2020; Meza-García et al., 2014; Poinar Jr. et al.,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1992). Las mediciones se realizaron con un microscopio compuesto OLYMPUS BH-2 equipado con un dispositivo de dibujo o cámara lúcida y fueron expresadas en micrómetros (μm).

Con el fin de realizar la identificación molecular de la cepa nativa NEMALAB 1H, en el Laboratorio de Agrobiotecnología del IDIAP, en Divisa, provincia de Herrera, se extrajo el ADN de juveniles infectivos (J_3), mediante el protocolo de extracción CTAB 3x. Se realizó la PCR con los cebadores ITS 5F (5' GGTACCTTGTTACGACTT 3') e ITS 4R (5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3') que amplifican el espaciador interno transcrito ITS1-5,8-ITS2 del rADN (ADN recombinante). Los productos de PCR se visualizaron luego de una electroforesis en gel de agarosa al 1,5%, en búfer TBE 0,5X, a 90 Voltios constantes, durante 2.5 horas (Joyce et al., 1994; Stack et al., 2000). La secuenciación de los productos de PCR fue realizada por MacroGen, S.A., en Corea del Sur.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información morfométrica de los machos de la cepa NEMALAB 1H en la que se documentan 10 caracteres taxonómicos claves para la identificación de la especie se presenta en el Cuadro 1. La información se obtuvo de la medición de 16 especímenes tomados al azar, en la que se observan caracteres propios de los especímenes machos como son la reflexión testicular, el largo de la espícula y la longitud del gubernáculo (Abd Elgawad, 2024; Lawrence & Georgis, 2012). Al final del cuadro se presentan las sumatorias de cada carácter taxonómico, con sus medias (en negrillas), la desviación estándar y sus rangos. Estos promedios y sus rangos pasan a componer el cuadro final de la morfometría de la cepa nativa NEMALAB 1H que se presenta en el Cuadro 5 (Nguyen & Hunt, 2007). Los machos son de gran importancia en la identificación de especies del género *Heterorhabditis*, requiriendo la medición de diez (10) caracteres taxonómicos, con un total de 160 mediciones. Las microfotografías de la Figura 1 muestran las bolsas de tres especímenes macho cuyas papilas genitales están numeradas de uno a nueve en la Figura 1C (no se aprecian las nueve papilas genitales correspondientes al lado opuesto de la imagen (son nueve papilas en cada lado), con la 8 y la 9 de menor tamaño, sin alcanzar el borde de la bolsa. De manera similar se organizaron los datos morfológicos propios de las demás etapas del ciclo de vida: hembras hermafroditas, hembras anfimícticas y juveniles infectivos (J_3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Morfología de machos de *Heterorhabditis* sp. de la cepa nativa NEMALAB 1H.

	Largo total (μm)	DMC (μm)	Poro Excretor (μm)	Anillo Nervioso (μm)	Esófago (μm)	D%	DCA (μm)	Reflexión Testicular (μm)	Largo de la Espícula (μm)	Longitud del Gubernáculo (μm)
	1217,34	54,83	145,86	81,72	103,45	141,00	25,86	104,48	41,38	16,55
	1191,22	47,59	133,45	85,86	105,52	126,00	23,79	112,76	46,55	21,72
	1079,54	46,02	133,98	80,80	100,23	133,67	22,50	114,55	42,95	18,41
	1071,05	45,52	142,76	85,86	103,45	138,00	20,69	95,17	45,52	15,52
	1058,88	48,07	131,93	86,93	105,34	125,24	22,50	92,05	45,00	13,30
	977,01	47,59	126,21	78,62	93,10	135,56	24,83	90,00	41,38	16,55
	1017,56	50,11	124,77	64,43	97,16	128,42	23,52	109,43	40,91	14,32
	955,58	42,95	124,77	81,82	104,32	119,61	20,45	100,23	52,16	11,25
	955,58	42,95	123,75	75,68	95,11	130,11	18,41	97,16	35,80	11,25
	1038,22	42,95	125,80	79,77	92,05	136,67	19,43	100,23	40,91	13,30
	988,37	46,05	124,53	76,40	101,51	122,68	21,98	94,19	48,14	11,51
	1217,34	45,52	126,21	87,93	101,38	124,49	23,79	101,38	47,59	12,41
	1198,35	45,00	120,68	78,75	95,11	126,88	23,52	95,11	37,84	11,25
	1089,87	45,00	116,59	67,50	77,73	149,99	19,43	75,68	38,86	10,23
	1110,54	42,95	124,77	81,82	97,16	128,42	23,52	111,48	41,93	12,27
	1198,35	45,00	149,32	90,00	103,30	144,55	23,52	123,75	40,91	10,23
Suma	17364,80	738,1	2075,38	1283,89	1575,92	2111,29	357,74	1617,65	687,83	220,07
Promedio	1085,30	46,13	129,71	80,24	98,5	131,96	22,36	101,1	42,99	13,75
Desviación Est.	94,81	3,1	9,24	6,94	7,08	8,44	2,12	11,56	4,24	3,24
Max	1217,34	54,83	149,32	90	105,52	149,99	25,86	123,75	52,16	21,72
Min	955,58	42,95	116,59	64,43	77,73	119,61	18,41	75,68	35,8	10,23

DMC: Diámetro Mayor del Cuerpo; D%: Poro Excretor / Esófago x100; DCA: Diámetro del Cuerpo en el Ano.

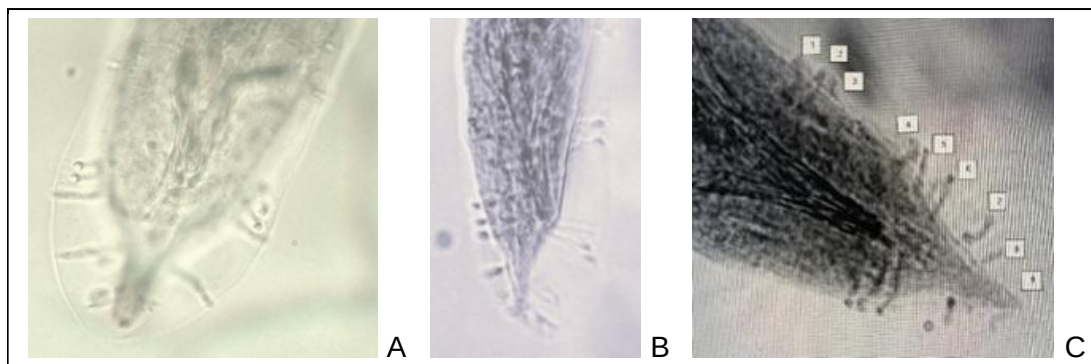


Figura 1 (A, B, C). Bursas pelodera en machos de *Heterorhabditis indica* con papilas genitales pareadas (se observan nueve en la Figura 1C).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las mediciones de nueve caracteres taxonómicos, realizadas en 16 hembras hermafroditas de primera generación, para un total de 144 mediciones se observan en el Cuadro 2. Estas hermafroditas superan ampliamente, en longitud total del cuerpo, a las demás etapas del ciclo biológico. Se auto fecundan y producen la segunda generación de machos y hembras anfimícticas, que se reproducen por cruzamiento entre el macho y la hembra, así como las subsiguientes generaciones, hasta que se agota el alimento (bacterias *Photorhabdus* y detritos del cuerpo de la larva insectil) y los juveniles infectivos J₃ abandonan el cadáver en busca de nuevas larvas insectiles.

Cuadro 2. Morfología de hermafroditas de 1ra generación de *Heterorhabditis* sp., cepa nativa NEMALAB 1H.

	Largo Total (μm)	Vulva (%)	DMC (μm)	Poro excretor (μm)	Anillo Nervioso (μm)	Esófago (μm)	DCA (μm)	Largo de la Cola (sin funda) (μm)	Largo de la Cola (μm)
	3537,80	41,30	183,07	69,55	46,02	120,68	65,45	98,18	105,34
	2974,26	44,21	237,60	75,68	48,07	119,66	46,02	78,75	97,16
	3986,55	47,64	192,27	62,39	50,11	126,82	54,20	66,48	82,84
	3089,05	43,58	147,27	75,68	62,39	128,86	40,91	75,68	90,00
	1873,74	41,93	289,25	80,80	42,95	123,75	46,02	65,45	76,70
	1825,38	45,03	320,24	82,84	55,23	119,66	59,32	103,30	112,50
	2901,20	48,20	181,02	93,07	62,39	122,73	45,00	84,81	95,11
	3423,00	41,46	189,20	93,07	56,25	130,91	62,39	70,57	82,84
	3078,60	44,75	176,93	70,57	57,27	131,93	57,27	71,59	93,07
	3297,77	56,01	131,71	95,11	37,84	129,89	52,16	54,20	92,04
	3990,15	42,59	195,92	82,76	46,55	126,21	64,14	90,00	100,34
	4320,50	43,96	211,77	84,89	47,04	120,68	45,00	62,39	120,68
	4884,04	41,88	214,36	103,30	54,20	136,02	60,34	135,00	143,18
	2118,50	46,31	216,94	112,50	60,34	165,68	51,14	80,37	106,36
	2765,54	45,66	178,20	82,84	52,16	143,18	39,89	72,61	77,73
	2765,54	46,18	198,53	106,55	61,03	154,14	45,52	76,55	83,79
Suma	50831,62	720,69	3264,28	1371,60	839,84	2100,80	834,77	1285,93	1559,68
Promedio	3176,98	45,04	204,02	85,73	52,49	131,30	52,17	80,37	97,48
Desviación Est.	850,98	3,62	47,26	14,01	7,37	13,03	8,46	19,38	17,42
Max	4884,04	56,01	320,24	112,50	62,39	165,68	65,45	135,00	143,18
Min	1825,38	41,30	131,71	62,39	37,84	119,66	39,89	54,20	76,70

DMC: Diámetro Mayor del Cuerpo; DCA: Diámetro del Cuerpo en el Ano.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las mediciones microscópicas provenientes de 16 hembras anfigmíticas que se reproducen sexualmente con los machos y que pertenecen a la segunda generación del nematodo, en un total de nueve caracteres taxonómicos y 144 mediciones, se observan en el Cuadro 3. Pueden ocurrir varias generaciones sub siguientes en el hemocele de la larva insectil hospedera, en dependencia de su tamaño (a mayor tamaño, más bacterias *Photorhabdus* sp. y detritus del hospedero para alimentarse) u otros factores. El largo total promedio del cuerpo de estos especímenes (1628,65 μm) es mucho menor que el de las hermafroditas (3176,98 μm), pero supera el de los machos (1085,30 μm) y los juveniles infectivos J₃ (579,67 μm).

Cuadro 3. Morfología de hembras anfigmíticas de *Heterorhabditis* sp., cepa nativa NEMALAB 1H.

	Largo total (μm)	Vulva (%)	DMC (μm)	Poros Excretor (μm)	Anillo Nervioso (μm)	Esófago (μm)	DCA (μm)	LCsf (μm)	L Cola (μm)
	1774,12	49,41	96,14	90,00	53,18	113,52	25,57	46,92	57,27
	2233,30	50,93	137,05	118,64	63,41	137,05	34,77	57,27	70,57
	2139,38	45,37	99,20	87,95	40,91	128,86	40,91	53,18	66,48
	1607,14	50,65	98,18	96,14	42,95	112,50	31,70	47,05	57,27
	1523,65	48,63	77,73	87,95	40,91	104,32	28,64	46,02	61,36
	2448,98	52,59	67,50	73,45	42,41	96,21	27,93	52,76	68,28
	1473,35	48,94	80,69	88,97	58,97	107,59	25,86	66,21	84,83
	1419,29	50,74	69,55	94,09	55,23	116,59	25,57	75,68	61,74
	1405,43	49,07	63,10	95,17	41,38	112,76	30,68	53,79	71,38
	1348,14	50,57	61,36	102,27	42,95	116,59	23,52	56,25	64,43
	1300,21	51,22	51,28	97,33	38,72	119,30	17,79	47,09	61,74
	1663,22	48,14	84,89	103,30	58,30	120,68	31,70	55,65	72,61
	1520,37	49,14	72,41	93,10	48,62	123,10	31,03	74,48	85,86
	1219,01	51,27	55,23	90,00	50,11	116,59	19,43	57,27	67,50
	1577,85	50,00	114,83	72,41	50,69	107,59	31,03	49,66	72,41
	1404,96	50,00	74,66	70,57	28,64	106,36	23,52	51,14	63,41
Suma	26058,40	796,67	1303,80	1461,34	757,38	1839,61	449,65	890,42	1087,14
Promedio	1628,65	49,79	81,49	91,33	47,34	114,98	28,10	55,65	67,95
Desviación Est.	353,05	1,66	22,87	12,20	9,08	9,89	5,77	9,18	8,37
Max	2448,98	52,59	137,05	118,64	63,41	137,05	40,91	75,68	85,86
Min	1219,01	45,37	51,28	70,57	28,64	96,21	17,79	46,02	57,27

DMC: Diámetro Mayor del Cuerpo; DCA: Diámetro del Cuerpo en el Ano; LCsf: Largo de la Cola sin funda; L Cola: Largo de la Cola.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se realizó la morfometría de 20 juveniles infectivos (J_3) de la cepa nativa NEMALAB 1H en diez (10) caracteres taxonómicos que fueron medidos, para un total de 200 observaciones (Cuadro 4). Cuando el juvenil infectivo (J_3) entra al hemocele de la larva insectil continúa su ciclo de vida, muda y se desarrolla en una hembra hermafrodita de primera generación que, al auto fecundarse, genera juveniles J_1 , J_2 , J_3 , J_4 (pre adulto), machos y hembras anfimícticas, de segunda generación que, por reproducción cruzada, dan origen a las siguientes generaciones, hasta que las bacterias *Photorhabdus* y los detritos en el cadáver de la larva la insectil se agotan y los J_3 infectivos salen al ambiente en busca de nuevas larvas insectiles hospederas que parasitar.

La morfometría completa de la cepa NEMALAB 1H del género *Heterorhabditis* se presenta en el Cuadro 5. Se deriva de los valores promedio que se observan al final de los Cuadros de 1 a 4 (última línea en negritas y últimas dos líneas con los respectivos rangos). Las mediciones morfométricas obtenidas están dentro de las aceptadas para la especie *Heterorhabditis indica*, descrita originalmente por Poinar et al., 1992.

En las microfotografías de la Figura 2, se muestra imágenes originales del juvenil infectivo J_3 y su diente dorsal, de la hembra anfimíctica y del macho y su bursa pelodera. Adicional, Se observa el ADN de juveniles infectivos (J_3) de las cepas nativas NEMALAB 1H, NEMALAB 14H, NEMALAB 16H y NEMALAB 17H, mediante el protocolo de extracción CTAB 3x en la Figura 3.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 4. Morfología de juveniles infectivos (J3) de *Heterorhabditis* sp., cepa nativa NEMALAB 1H.

	Largo total (μm)	DMC	Poro Excretor (μm))	Anillo Nervioso (μm)	Esófago (μm)	D%	DCA (μm)	LCsf (μm)	L Cola (μm)	E%
	582,31	19,18	106,64	91,41	122,77	86,86	11,65	60,04	78,86	81,69
	577,69	18,82	93,20	84,24	112,92	82,54	13,44	53,77	80,65	83,86
	539,11	19,80	97,33	54,42	100,46	96,88	13,60	92,09	95,23	81,95
	581,39	19,36	100,47	82,67	106,74	94,13	12,56	52,33	68,02	82,72
	517,97	18,84	90,00	76,40	97,33	92,47	11,51	65,93	72,21	82,62
	517,97	21,98	97,33	86,86	102,56	94,90	11,51	48,14	63,84	81,21
	533,83	18,84	95,23	74,30	98,37	96,81	11,51	50,23	64,88	82,16
	565,54	19,88	106,74	90,00	119,30	89,47	10,47	39,77	66,98	81,13
	607,82	25,12	120,35	99,42	126,63	95,04	13,60	61,74	88,95	80,20
	618,39	24,07	114,07	99,42	122,44	93,16	11,51	34,54	81,63	81,55
	618,39	24,07	108,84	90,00	119,30	91,23	13,61	71,16	78,49	82,40
	618,39	26,16	106,74	88,95	108,84	98,07	10,47	43,95	77,44	82,74
	528,54	20,93	109,88	95,23	118,26	92,91	10,47	39,77	72,21	79,21
	591,97	20,70	107,79	88,95	120,87	89,18	10,47	45,00	79,54	81,79
	586,68	23,02	95,23	90,00	114,07	83,48	14,13	72,21	106,74	83,77
	607,82	23,02	110,93	91,05	120,35	92,17	15,70	66,98	99,42	81,75
	591,97	20,93	102,56	88,95	119,30	85,97	13,60	64,88	94,19	82,67
	581,39	25,12	92,09	71,16	115,12	79,99	14,65	77,44	103,60	84,16
	591,97	20,93	109,88	86,86	120,35	91,30	13,61	66,98	102,56	81,44
	634,25	24,59	92,09	82,67	117,21	78,57	15,70	57,56	95,23	85,48
Suma	11593,39	435,36	2057,39	1712,96	2283,19	1805,13	253,77	1164,51	1670,67	1644,50
Promedio	579,67	21,77	102,87	85,65	114,16	90,26	12,69	58,23	83,53	82,23
Desviación Est.	35,36	2,43	8,5	10,37	8,78	5,68	1,7	14,5	13,75	1,41
Max	634,25	26,16	120,35	99,42	126,63	98,07	15,7	92,09	106,74	85,48
Min	517,97	18,82	90	54,42	97,33	78,57	10,47	34,54	63,84	79,21

DMC: Diámetro Mayor del Cuerpo; D%: Poro Excretor / Esófago x100; DCA: Diámetro del Cuerpo en el Ano; E%: Poro Excretor / Largo de la Cola.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Morfometría de la Cepa Nativa NEMALAB 1H. Medidas en μm y en la forma de: media $\pm$ Desviación Estándar.

Carácter Taxonómico	Macho	Hermafrodita	Hembra	Juvenil infectivo
Número de Especímenes	16	16	16	20
Largo Total	1085,30 $\pm$ 94,81 (955,58-1217,34)	3176,98 $\pm$ 850,98 (1825,38-4884,04)	1628,65 $\pm$ 353,05 (1219,01-2448,98)	579,67 $\pm$ 35,36 (517,97-634,25)
a	-	-	-	26,83 $\pm$ 2,29 (23,14-30,7)
b	-	-	-	5,08 $\pm$ 0,29 (4,47-5,68)
c	-	-	-	29,59 $\pm$ 0,99 (5,5-8,55)
V(%)	-	45,04 $\pm$ 3,62 (41,3-56,01)	49,79 $\pm$ 1,66 (45,37-52,59)	-
DMC	46,13 $\pm$ 3,1 (42,95-54,83)	204,02 $\pm$ 47,26 (131,71-320,24)	81,49 $\pm$ 22,87 (51,28-137,05)	21,77 $\pm$ 2,43 (18,82-26,16)
Poros Excretor (PE)	129,71 $\pm$ 9,24 (116,59-149,32)	85,73 $\pm$ 14,01 (62,39-112,5)	91,33 $\pm$ 12,2 (70,57-118,64)	102,87 $\pm$ 8,5 (90-120,35)
Anillo Nervioso (AN)	80,24 $\pm$ 6,94 (64,43-90)	52,49 $\pm$ 7,37 (37,84-62,39)	47,34 $\pm$ 9,08 (28,64-63,41)	85,65 $\pm$ 10,37 (54,42-99,42)
Longitud del Esófago (ESF)	98,49 $\pm$ 7,08 (77,73-105,52)	131,3 $\pm$ 13,03 (119,66-165,68)	114,98 $\pm$ 9,89 (96,21-137,05)	114,16 $\pm$ 8,78 (97,33-126,63)
Reflexión Testicular (RT)	101,10 $\pm$ 11,56 (75,68-123,75)	-	-	-
LCOLA (C)	-	-	-	83,53 $\pm$ 13,75 (63,84-106,74)
LCOLAsf	36,68 $\pm$ 3,18 (30,68-42,95)	80,37 $\pm$ 19,38 (54,2-135)	67,95 $\pm$ 8,37 (57,27- 85,86)	-
DCA	22,36 $\pm$ 2,12 (18,41-25,86)	52,17 $\pm$ 8,46 (39,89-65,45)	28,1 $\pm$ 5,77 (17,79-40,91)	12,69 $\pm$ 1,7 (10,47-15,7)
Largo de la espícula (LE)	42,99 $\pm$ 4,24 (35,8-52,16)	-	-	-
Largo del gubernáculo (LG)	13,75 $\pm$ 3,24 (10,23-21,72)	-	-	-
D%	131,96 $\pm$ 8,44 (119,61-149,99)	-	-	90,26 $\pm$ 5,68 (78,57-98,07)
E%	-	-	-	82,23 $\pm$ 1,41 (79,21-85,48)
EW%	193,72 $\pm$ 25,13 (160,01-255,06)	-	-	-
GE%	32,12 $\pm$ 7,23 (21,57-46,66)	-	-	-

DMC: Diámetro Mayor del Cuerpo en μm ; LCOLA: Largo de la cola; LCOLAsf: Largo de la cola sin funda; DCA: Diámetro del Cuerpo en el Ano; D%: Poros Excretor/Esófago $\times$ 100; E%: PE/Cola $\times$ 100; EW%: Largo de la espícula (LE) / Diámetro del Cuerpo en el Ano (DCA) $\times$ 100; GE%: Largo del Gubernáculo / Largo de la Espícula $\times$ 100; **a** : Largo total del cuerpo / Diámetro Mayor del Cuerpo (DMC); **b** : Largo total del cuerpo / Longitud del esófago; **c** : Largo total del cuerpo / Largo de la cola; V (%): Posición de la vulva desde la cabeza en porcentaje del largo total.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

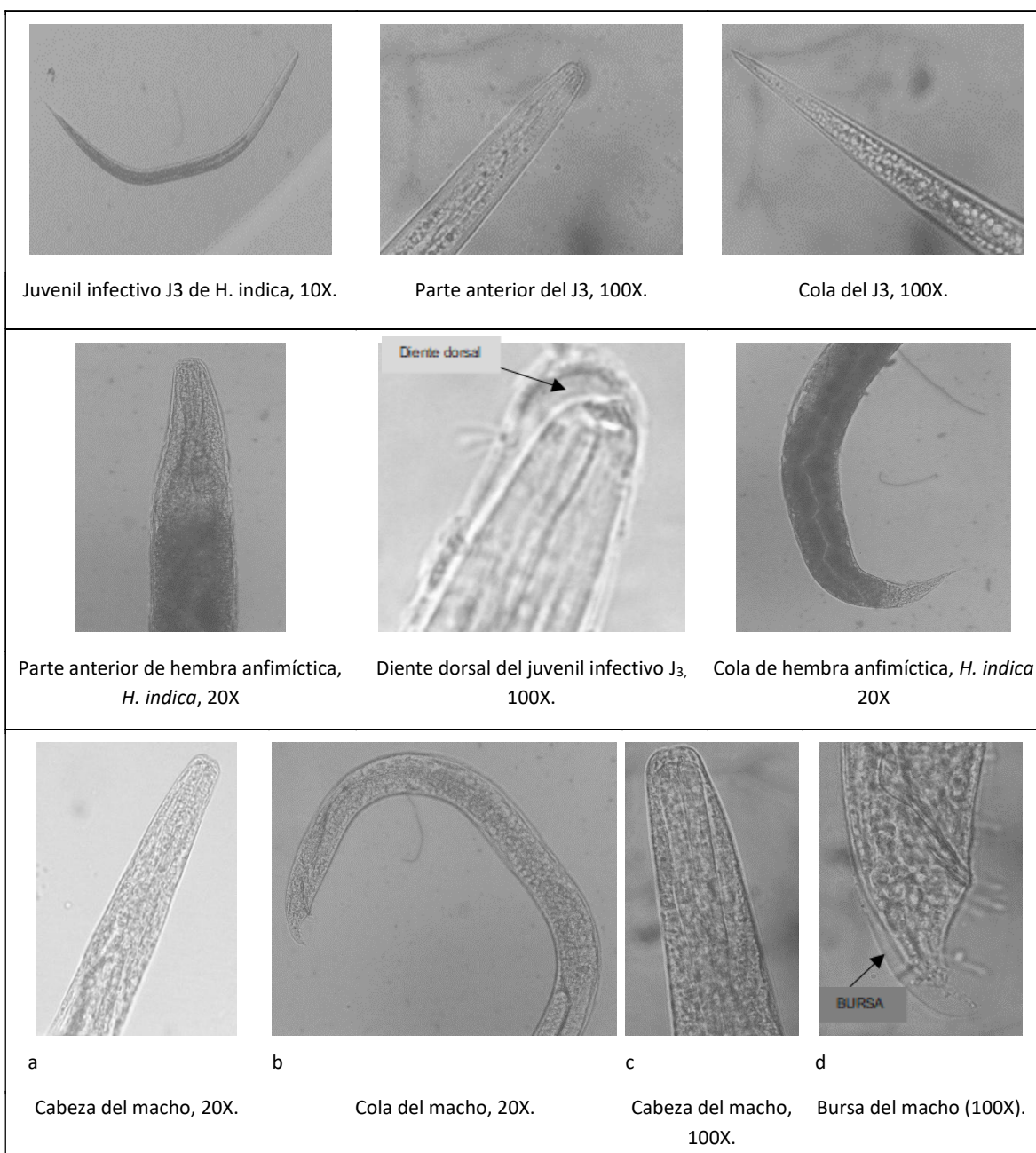


Figura 2. Microfotografías de la especie *Heterorhabditis indica* reportada en Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

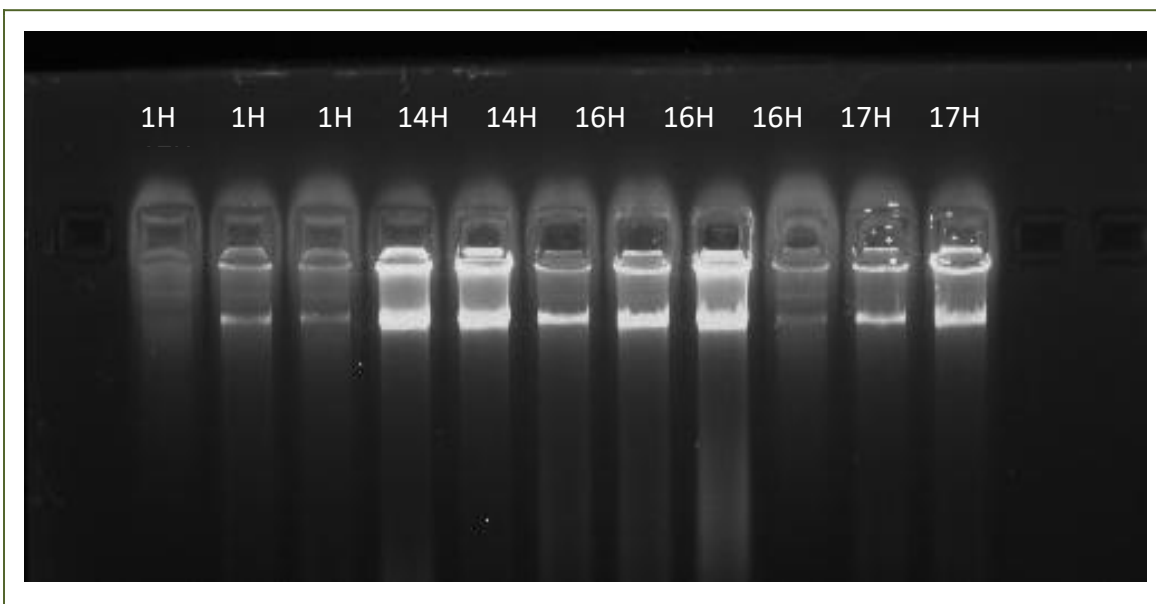


Figura 3. ADN de cuatro cepas nativas del género *Heterorhabditis*.

ADN de juveniles infectivos (J_3) de las cepas nativas NEMALAB 1H, NEMALAB 14H, NEMALAB 16H y NEMALAB 17H, mediante el protocolo de extracción CTAB 3x.

CONCLUSIONES

- Tanto las mediciones morfométricas realizadas bajo microscopio compuesto de luz, como el análisis molecular, indicaron que la especie de la Cepa Nativa NEMALAB 1H corresponde a la especie reportada como *Heterorhabditis indica*, que se está reportando por primera vez en la República de Panamá.
- El cuerpo de los machos es de mayor longitud, con una media de 1085.30 μm . Ambos procedimientos se complementan, pero la morfometría aportó información de forma, estructura y métrica que describen detalladamente la especie encontrada y que son de gran utilidad para investigadores que no tienen acceso al análisis molecular o desean comparar diferencias anatómicas entre individuos de una misma especie.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REFERENCIAS

- Abd-Elgawad, M. M. M. (2024). Reproduction of Entomopathogenic Nematodes for Use in Pest Control. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 2756, 351-382. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3638-1_14
- Bedding, R. A. & Akhurst, R. J. (1975). A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21, 109-110. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19760541046>
- Candanedo-Lay, E., Aranda-Caballero, G., Cabezón-Puchicama, A., & Reina-Peña, L. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (30), 139-149. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/133>
- Hazir, S., Kaya, H. K., Stock, S. P., & Keskin, N. (2003). Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for Biological Control of Soil Pests. *Turkish Journal of Biology*, 27, 181-202. <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol27/iss4/1/>
- Grewal, P. S., De Nardo, E. A. B., & Aguilera, M. M. (2001). Entomopathogenic nematodes: potential for exploration and use in South America. *Nematropical Entomology*, 30 (2), 191-205. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000200001> <https://www.scielo.br/j/ne/a/Ws7fJJkwyBK8YYCHmf8bKxg/?lang=en>
- Grifaldo-Alcántara, P., Alatorre-Rosas, R., Villanueva-Jiménez, J., Hernández-Rosas, F., Stock, S. P., & Ramírez-Valverde, G. (2019). Evaluación de dos cepas de nematodos entomopatógenos (Steinernematidae, Heterorhabditidae) para el control del salivazo (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar. *Nematropica*, 49(1), 83-90. https://www.researchgate.net/publication/338828687_Evaluacion_de_dos_cepas_de_nematodos_Steinernematidae_Heterorhabditidae_para_el_control_del_salivazo_Hemiptera_Cercopidae_en_cana_de_azucar



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Grifaldo-Alcántara, P., Alatorre-Rosas, R., Silva-Rojas, H., Stock, S. P., Hernández-Rosas, F., Vargas-Madriz, H., Azuara-Domínguez, A., & Durán-Trujillo, Y. (2020). Caracterización molecular y morfométrica de *Heterorhabditis indica* (CEPA CP13JA) aislado en el cultivo de caña de azúcar. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), 1 - 10. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3278>
- Joyce, S., Reid, A., Driver, F., & Curran, J. (1994). Application of polymerase chain reaction (PCR) methods to the identification of entomopathogenic nematodes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23 (2020): #64 Grifaldo-Alcantara et al., 2020. In: Burnell, A.M., Ehlers, R.U., and Masson, J.P. (eds.). *Biotechnology: Genetics of entomopathogenic nematodes bacterium complexes*. Proceedings of symposium and workshop, St Patrick's College, Maynooth, County Kildare, Ireland. Luxembourg, European Commission, DGXII: 178-187. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19952307151>
- Lawrence, A. L., & Georgis, R. (2012). Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial productcton. *Journal of Nematology*, 44(2), 218-225. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23482993/>
- Meza-García, J., Elías-Santos, M., Corte-Mondaca, E., Guerrero-Olazarán, M., Viader-Salvadó, J., Luna-Olvera, H., Maldonado-Blanco, M., Quintero-Zapata, I., & Pereyra-Alfárez, B. (2014). Evaluation of *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) Nematode Strain from Sinaloa, Mexico, Against *Bemisia tabaci* Immatures Under Laboratory Conditions. *Southwestern Entomologist*, 39(4), 727-738. <https://doi.org/10.3958/059.039.0404>
- Nguyen, K. B., & Hunt, D. (2007). *Entomopathogenic nematodes: systematics, phylogeny and bacterial symbionts*. 816 pp. Brill. https://books.google.com.pa/books/about/Entomopathogenic_Nematodes_Systematics_P.html?id=Xz6xCQAAQBAJ&redir_esc=y



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Poinar, Jr., George, O., Karunakar, G. K., & Hastings, D. (1992). *Heterorhabditis indica* n. sp. (Rhabditida: Nematoda) from India: Separation of *Heterorhabditis* spp. by infective juveniles. *Fundam. Applicate Nematology*, 15, 467-472.

https://www.researchgate.net/publication/32977705_Heterorhabditis_indicus_n_sp_Rhabditida_Nematoda_from_India_Separation_of_Heterorhabditis_spp_by_infective_juveniles

Sánchez-Saavedra, M. G., Cortez-Madrigal, H., & Cristóbal-Acevedo, D. (2012). Infectividad de *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) en adultos y larvas de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(3), 383-394. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.08.040>

Stack, C., Easwaramoorthy, S., Metha, U., Downes, M., Griffin, C., & Burnell, A. (2000). Molecular characterization of *Heterorhabditis indica* isolates from India, Kenya, Indonesia and Cuba. *Nematology*, 2(5), 477-487.

<https://doi.org/10.1163/156854100509321>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)