

1 **Identificación molecular del hongo *Neurospora* spp. aislado de**
2 ***Haematopinus tuberculatus* de búfalos (*Bubalus bubalis*)**

3 **Molecular identification of the fungus *Neurospora* spp. isolated from**
4 ***Haematopinus tuberculatus* from buffalo (*Bubalus bubalis*)**

6 **Nadia Florencia Ojeda-Robertos¹ , Liliana Aguilar-Marcelino² , Roger Iván Rodríguez-**
7 **Vivas³ , Ricardo Sánchez-Cruz⁴ , Arnoldo Wong-Villarreal^{*5} **

9 ¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 25 Carr. Villahermosa-
10 Teapa Ra. La Huasteca, 2^a sección, CP. 86298. Centro, Tabasco, México.

11 ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Km 11 Carr. Federal Cuernavaca-
12 Cuautla, No. 8534, Col. Progreso, CP. 62550. Jiutepec, Morelos, México.

13 ³Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil.
14 CP. 97700. Mérida, Yucatán, México.

15 ⁴Centro de Ciencias Genómicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador Posdoctorante. Av.
16 Universidad sn, Chamilpa, CP. 62210. Cuernavaca, Morelos, México.

17 ⁵División Agroalimentaria, Universidad Tecnológica de la Selva, Carretera Ocosingo- Altamirano, CP. 29950. Ocosingo,
18 Chiapas, México.

19 *Autor de correspondencia: wova79@hotmail.com

20 **Nota científica**

21 **Recibida:** 7 de febrero de 2024

22 **Aceptada:** 19 de junio de 2024

23 **RESUMEN.** Se reporta el aislamiento de dos cepas de hongos del piojo *Haematopinus tuberculatus* proveniente
24 de búfalos de agua criados en el trópico de México. Los piojos con presencia de abundante micelio en su
25 cuerpo, fueron incubados durante 12 h luz/obscuridad para favorecer el crecimiento micelial. Los hongos se
26 transfirieron y aislaron en un medio agar de papa dextrosa (20%). De las dos cepas aisladas, se extrajo ADN
27 genómico y se amplificaron los genes 28S rARN y secuencias ITS. El 76.1% de los piojos colectados
28 presentaron crecimiento de micelio blanquecino en su cuerpo. Se determinó que hongo pertenece al género
29 *Neurospora* spp. El presente estudio permitió el hallazgo del hongo saprófito del género *Neurospora* en el piojo
30 *H. tuberculatus*, el cual fue confirmado mediante su morfología y secuenciación genética.

31 **Palabras clave:** Artrópodo, micelio, identificación, saprófito, taxonomía.

33 **ABSTRACT.** The isolation of two fungal strains of the louse *H. tuberculatus* from water buffaloes raised in
34 the tropics of Mexico is reported. Lice with the presence of abundant mycelium on their body were incubated
35 for 12 h light/dark to promote mycelial growth. Fungi were transferred and isolated on potato dextrose agar
36 medium (20%). From the two isolated strains, genomic DNA was extracted and the 28S rRNA genes and ITS
37 sequences were amplified. The 76.1% of the lice collected showed white mycelium growth on their body. It
38 was determined that the fungus belongs to the genus *Neurospora* spp. The present study allowed the
39 discovery of the saprophytic fungus of the genus *Neurospora* in the louse *H. tuberculatus*, which was
40 confirmed through its morphology and genetic sequencing.

41 **Keywords:** Arthropod, mycelium, identification, saprophyte, taxonomy.

43

INTRODUCCIÓN

44

45 El piojo *Haematophinus tuberculatus*, es una de las principales especies de ectoparásitos que afectan
46 a los búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) (Ojeda-Robertos *et al.* 2022). Estos piojos pertenecen al
47 suborden Anoplura y se caracterizan por tener piezas bucales adaptadas para succionar sangre,
48 además son parásitos permanentes de los búfalos con un ciclo de vida simple que se completa entre
49 21 y 27 días (Egri 2019). Los piojos sólo pueden sobrevivir por cortos períodos de tiempo en el
50 medio ambiente, por lo que su abundancia y presencia está íntimamente relacionada con la
51 presencia del hospedador (Batista *et al.* 2018). Este género de piojo ocasiona problemas de salud en
52 los rumiantes, entre los que se encuentran, lesiones en la piel, irritación, prurito, inquietud,
53 baja de peso, disminución de ganancia de peso y producción de leche (Ojeda-Robertos *et al.* 2022).
54 *H. tuberculatus* es un parásito hematófago por lo que su presencia está relacionada con anemia.
55 Además, es vector de patógenos como bacterias, virus y protozoarios que son de interés en la salud
56 animal y pública (Neglia *et al.* 2013, Veneziano *et al.* 2013). En México, recientemente, se ha
57 notificado la presencia del piojo en hatos de búfalos criados en los estados de Veracruz y Tabasco
58 (Hernández-Velazco *et al.* 2020, Ojeda-Robertos *et al.* 2022), y se ha sugerido como potencial vector
59 de *Anaplasma marginale*, agente que afecta a los bovinos (Hernández-Velazco *et al.* 2020).

60 Por otro lado, los hongos entomopatógenos, son organismos que han sido utilizados como
61 antagonistas naturales de biocontrol de artrópodos (Alonso-Díaz y Fernández-Salas 2021). Los
62 hongos *Metarrhizium anisopliae sensu lato* (s.l.) y *Beauveria bassiana* s.l. han sido utilizados con éxito
63 como enemigos naturales para el control de artrópodos (Ojeda-Chi *et al.* 2011, Romo-Martinez 2013,
64 Ebani y Mancianti 2021). En los trópicos húmedos el hongo filamento *Neurospora* spp. es
65 comúnmente encontrado en estrecha asociación con humanos y animales, en lugares tales como
66 fábricas de madera, panaderías, cultivos de maíz, caña de azúcar y arroz, así como en áreas con
67 vegetación quemada. Asimismo, *Neurospora* spp. también ha sido aislado de insectos como *Lucilia*
68 *cuprina* (Benjo *et al.* 2006).

69 Algunas especies del género *Neurospora* presentan actividad biológica mediante la producción de
70 metabolitos que tienen el potencial de ser agentes biológicos anti-tumorales (contra el cancer
71 invasivo de mama) (Jinu y Jayabaskaran 2015, Han *et al.* 2022), y también se ha notificado que
72 pueden afectar el desarrollo embriogénico (Syed *et al.* 2008) y la oviposición de insectos (Lou *et al.*
73 2019). Debido al promisorio uso de los hongos para el control biológico de artrópodos, el presente
74 estudio tiene como objetivo reportar la presencia e identificar taxonómica y molecularmente a los
75 hongos aislados a partir del cuerpo de piojos *H. tuberculatus* obtenidos de búfalos de agua en el
76 trópico mexicano.

77

78

79

MATERIALES Y MÉTODOS

80

Área de estudio

82 El estudio se realizó en un rancho de producción bufalina localizado entre los estados de Tabasco
83 y Chiapas, México (17° 54' 21" LN, 93° 06' 07" LO). El clima de la región se caracteriza por ser



84 tropical húmedo, con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 2 550 mm y una temperatura
85 media anual de 27 °C (INEGI 2019). La zona se caracteriza por ser inundable por su cercanía con el
86 río de la Sierra y con un sistema de lagunas que colidan con la unidad productiva.
87

88 **Colecta de piojos en búfalos con infestación natural**

89 La colecta de piojos se realizó durante un brote que se presentó en un hato de búfalos de agua (*B. bubalis*). Se seleccionaron al azar 20 búfalas adultas infestadas naturalmente y que previamente no
90 hubieran sido tratados con insecticidas. De los animales seleccionados se colectaron 130 piojos
91 adultos (machos y hembras) y ninfas. El número de piojos incluidos en el estudio dependió del
92 grado de infestación de las búfalas. Los piojos fueron depositados en placas de Petri para su
93 conservación y traslado al laboratorio.
94

95

96 **Identificación de presencia de micelio en los piojos**

97 Los piojos colectados se trasladaron al laboratorio con la finalidad de detectar la presencia de
98 crecimiento micelial en la cutícula de los parásitos, y de corroborar la identidad de los piojos. Los
99 piojos se mantuvieron a temperatura ambiente (25 °C) y se inspeccionaron individualmente cada 4
100 h durante las primeras 24 h post-colecta. La inspección individual se realizó para detectar la
101 presencia del micelio en el cuerpo de los parásitos para lo que se utilizó un estereoscopio (20X)
102 (Carl Zeiss modelo StemiDV4®).

103 Después de las 24 h de observación, se seleccionaron 30 piojos positivos a la presencia de micelio.
104 Los piojos con crecimiento micelial abundante fueron separados y transferidos a otra caja de Petri
105 para ser enviados al laboratorio del CENID Salud Animal e Inocuidad del INIFAP, ubicado en
106 Jiutepec, Morelos, México.
107

108 **Identificación morfológica de los piojos**

109 Con el fin de confirmar la identificación taxonómica de acuerdo con un trabajo previamente
110 publicado (Ojeda-Robertos *et al.*, 2022), se seleccionaron aleatoriamente 10 piojos. Los especímenes
111 fueron transferidos a un vial con alcohol al 70% y posteriormente fueron aclarados con hidróxido
112 de potasio y fijados en bálsamo de Canadá. La identificación se realizó con la ayuda de un
113 microscopio compuesto (20X), y se utilizaron las claves taxonómicas descritas por Meleney y Kim
114 (1974).
115

116 **Crecimiento del hongo en el laboratorio**

117 Para favorecer el crecimiento de las estructuras fúngicas, los 30 especímenes con abundante
118 crecimiento de micelio desde las primeras horas de la inspección, se colocaron de forma individual
119 en placas de Petri (60 x 15 mm), que contenían agua-agar al 2% con el antibiótico cloranfenicol
120 (Laboratorio Sigma®). Las placas de Petri se incubaron por siete días a temperatura ambiente (18-
121 25°C) y fotoperíodo de 12 h luz/obscuridad (Barron 1977). Diariamente se observaron las placas de
122 Petri bajo un microscopio estereoscópico (10X) con el fin de verificar el proceso del crecimiento del
123 micelio.
124

125



126 Aislamiento e Identificación morfológica de los hongos

127 De las placas de Petri, con agar agua y con crecimiento de micelio, se obtuvieron muestras que se
128 depositaron e incubaron en 15 placas de Petri con el medio agar papa dextrosa (20%). La incubación
129 se realizó durante cinco días y posteriormente mediante la técnica de cinta pegante (Díaz *et al.*
130 1999), se obtuvieron fragmentos del hongo presionando suavemente el lado pegante sobre el
131 micelio del hongo, después se colocó la cinta sobre porta objetos con una gota de azul de lactofenol.
132 Para realizar la identificación morfológica, se observó el micelio teñido con la ayuda de microscopio
133 (Leica DM500®) utilizando los aumentos de 10X, 40X y 100X.

134

135 Secuenciación del gen 28S rARN e ITS

136 La identificación molecular se realizó en las dos cepas aisladas anteriormente, el ADN genómico
137 de los dos hongos se extrajo macerando 100 mg del micelio con nitrógeno líquido y posteriormente
138 usando el kit de extracción de ADN ZR fungal/bacterial DNA Kit™. Para la identificación
139 molecular se utilizó el gen 28S rARN que fue amplificado usando los oligonucleótidos universales
140 eucarióticos D1 y D2 descritos por Boyandin *et al.* (2013), de igual manera se amplificaron las
141 secuencias conservadas en eucariotas ITS (Internal transcribed spacer) utilizando los
142 oligonucleótidos ITS1 e ITS4 en las condiciones descritas por White *et al.* (1990). Los productos de
143 amplificación se purificaron del gel utilizando el kit GeneJET (Thermo Scientific®) y se
144 secuenciaron en la unidad de secuenciación del Instituto de Biotecnología de la Universidad
145 Nacional Autónoma de México (Cuernavaca, Morelos, México). Las secuencias obtenidas se
146 depositaron en el GenBank del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) con los
147 números de accesos 28s: D1D2C1 (ON911454) y D1D2C2 (ON911455) e ITS: ITSC1 (ON911478) y
148 ITSC2 (ON911479). Posteriormente, se realizaron alineamientos múltiples de las secuencias 28S
149 rARN (551 nucleótidos) y para ITS (330 nucleótidos) usando la base de datos NCBI (National
150 Center for Biotechnology Information), las secuencias referenciadas fueron alineadas utilizando el
151 software Clustal Omega (Sievers *et al.* 2011). El análisis filogenético de cada matriz de datos se
152 realizó por separado bajo el criterio de neighbor joining con 1 000 bootstrap con el programa
153 seaview 4.6.1 (Gouy 2010).

154

155

156 RESULTADOS Y DICUSIÓN

157

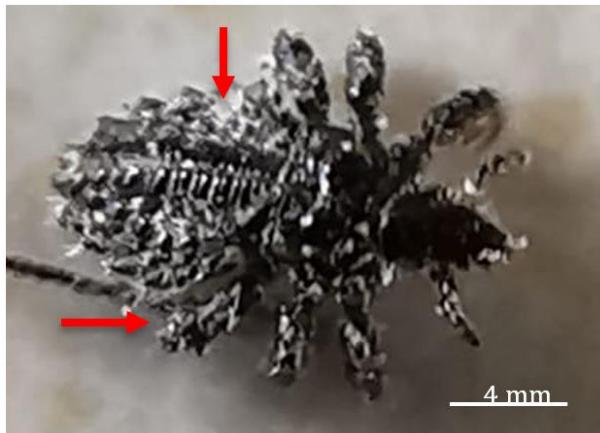
158 El presente estudio reporta el aislamiento de *Neurospora* spp. apartir de un organismo biológico
159 como el piojo *H. tuberculatus* en México. El hongo *Neurospora* spp. es un organismo que ha sido
160 aislado de distintos vegetales y sustratos como el suelo y maderas quemadas (Lee 2012). Aunque
161 existe escasa información, se ha reportado su aislamiento en algunos organismos biológicos de
162 importancia, como larvas de la mosca *Lucilia cuprina* (Benjo *et al.* 2006).

163 Los piojos *H. tuberculatus* son ectopásiteos que han sido reportados como causantes de brotes en
164 bufálos en la región (Ojeda-Robertos *et al.* 2022). En este estudio, además de confirmar la identidad
165 del piojo por medio de claves taxónomicas, se reporta la presencia de micelio blanco y escaso en el
166 cuerpo de los ectoparasitos desde el momento de la colecta; sin embargo, a las 24 h post-colecta, se
167 observó crecimiento e invasión con mayor cobertura (Figura 1), lo que indicó la capacidad del



168 hongo para colonizar este insecto. Del total de piojos colectados el 76.1%, tuvieron la presencia de
169 crecimiento micelial blanco en su cuerpo (Tabla 1).

170



171
172 **Figura 1.** Piojo adulto *Haematopinus tuberculatus*
173 invadido por el micelio de *Neurospora* spp. (40X) al
174 momento de la colecta. La flecha roja indica zonas en el
175 cuerpo del piojo invadidas con micelio blanco.

176

177 **Tabla 1.** Número y porcentaje de *H. tuberculatus* con crecimiento micelial de *Neurospora* spp. en búfalos de Tabasco,
178 México.

Número de animal	Total de piojos colectados	Número de piojos con crecimiento de micelio	Porcentaje de piojos con crecimiento de micelio (%)
1	5	1	20.0
2	5	1	20.0
3	7	6	85.7
4	5	1	20.0
5	5	1	20.0
6	8	8	100
7	5	1	20.0
8	10	10	100
9	10	10	100
10	10	8	80.0
11	5	5	100
12	6	5	83.3
13	7	5	71.4
14	5	5	100
15	5	5	100
16	7	6	85.7
17	4	1	25.0
18	5	5	100
19	10	10	100
20	6	5	83.3
Total	130	99	76.1

179

180 El origen del micelio en el cuerpo de los piojos colectados es difícil de explicar, aunque existen
181 algunas posibilidades, los búfalos de agua como parte de su proceso de termorregulación corporal
182 requieren refrescarse en agua y lodo (Khongdee *et al.* 2011), posiblemente, en el lodo de las lagunas
183 donde los búfalos se termoregulan, entran en contacto junto con sus ectoparásitos con otros
184 organismos vivos como es el caso de los hongos. Aunque también, se ha reportado que, otra fuente
185 del hongo es el suelo y zonas con áreas quemadas (Lee 2012). Sin embargo, algo importante de
186 considerar, es que el ciclo de vida del piojo es corto, se desarrolla de 21 a 27 días y sucede en su
187 totalidad encima del hospedador lo que podría sugerir la capacidad invasiva y el rápido
188 crecimiento del hongo en el cuerpo de los parásitos (Batista *et al.* 2018).

189

190 **Morfología macroscópica y microscópica de los hongos**

191 El género *Neurospora* es un grupo de hongos ascomicetos que son comunes en áreas tropicales y
192 subtropicales y su presencia ha sido reportada en varias regiones y países del mundo (Turner *et al.*
193 2001). En este género, se han identificado varias especies con características morfológicas
194 macroscópicas y microscópicas, las cuales varían dependiendo de la región y del lugar de colecta.
195 En el crecimiento micelial de las cepas C1 y C2 en el medio PDA, se detectó un micelio blanco,
196 mientras que por microscopía se pudo observar la formación de hifas septadas y la presencia de
197 conidios (de origen asexual), por lo que de acuerdo con estas características macroscópica y
198 microscópica son representativas del género *Neurospora* (Turner *et al.* 2001).

199

200 **Identificación molecular**

201 Las secuencias de los genes 28 rRNA y secuencias ITS se analizaron utilizando el algoritmo BLASTn
202 en la base de datos NCBI, donde se alinearon y mostraron una alta similitud con especies del género
203 *Neurospora*. Los árboles filogenéticos se construyeron utilizando fragmentos de las secuencias del
204 gen 28s rRNA y secuencias ITS referenciadas obtenidas del NCBI. Como se observa en la Figura 2,
205 el análisis filogenético de las secuencias ITS muestra que las cepas C1 y C2 están relacionadas con
206 las especies *N. crassa*, *N. hapsidophora*, *N. tetraspora* y *N. saitoi* con un soporte del 99%, mientras que
207 el análisis filogenético de las secuencias del gen 28s rRNA, muestra que las cepas C1 y C2, están
208 relacionadas con las especies *N. crassa* y *N. pannonica* con un soporte del 93% (Figura 3 y 4). Al
209 respecto, Perkins *et al.* (1976), mencionan que es un hongo común en áreas tropicales, y por lo
210 general, se encuentra en zonas de vegetación quemada. Al parecer las ascoesporas, permanecen
211 durante un tiempo hasta que las altas temperaturas o incluso ciertos químicos las activan (Ferreira
212 *et al.* 2016). Por otra parte, Ferreira *et al.* (2016) mencionan que algunos hongos ascomicetos
213 filamentosos, como *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Monascus* spp. y *Neurospora* spp., son versátiles
214 y de distribución cosmopolita y son capaces de crecer en diferentes sustratos, sin embargo, hasta el
215 momento, solo ha sido reportado a partir de un organismo vivo (Bejo *et al.* 2006). Los macroconidios
216 de *Neurospora* spp. se caracterizan por tener una amplia dispersión aérea, pero tienen corta
217 duración de vida en la naturaleza (Lee 2012), lo que posiblemente explique la presencia en el suelo
218 de las praderas y charcas donde los búfalos se refrescaron para termoregularse y ser la vía para la
219 invasión y colonización de los piojos.

220

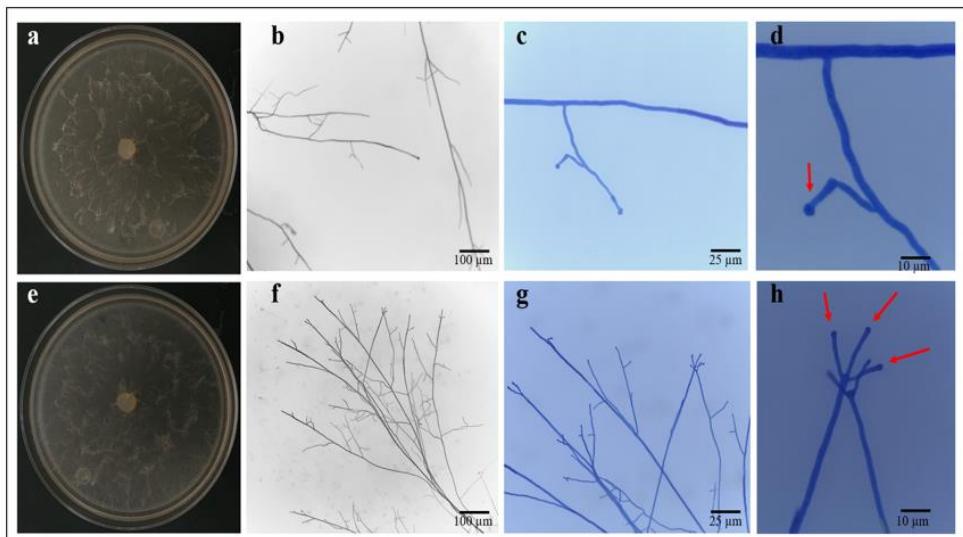


Figura 2. Caracterización macroscópica y microscópica de dos cepas de *Neurospora* spp. Crecimiento micelial de las cepas C1 y C2 en caja de Petri agar dextrosa (40X) (a y e). Características microscópicas con aumento 10X (b y f), 40X (c y g) y 100X (d y h) respectivamente. La flecha roja indica la presencia de conidios.

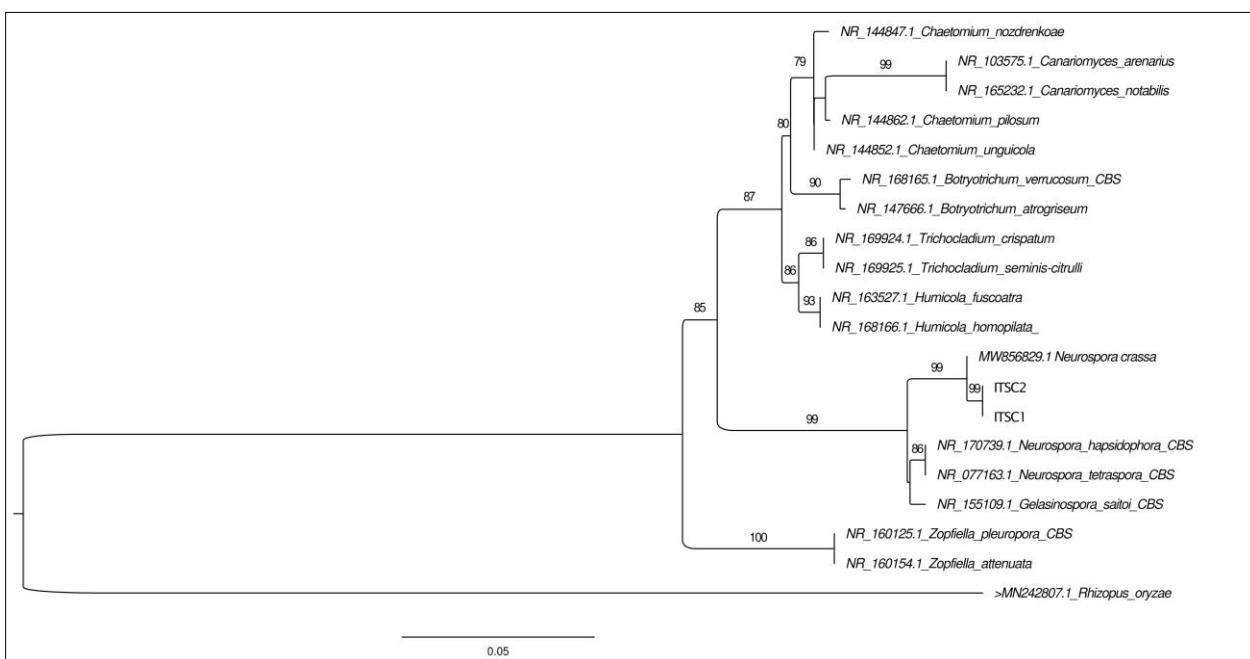


Figura 3. Análisis filogenético de las cepas C1 (ITS1) y C2 (ITS2) según los resultados de BLAST de las secuencias ITS.

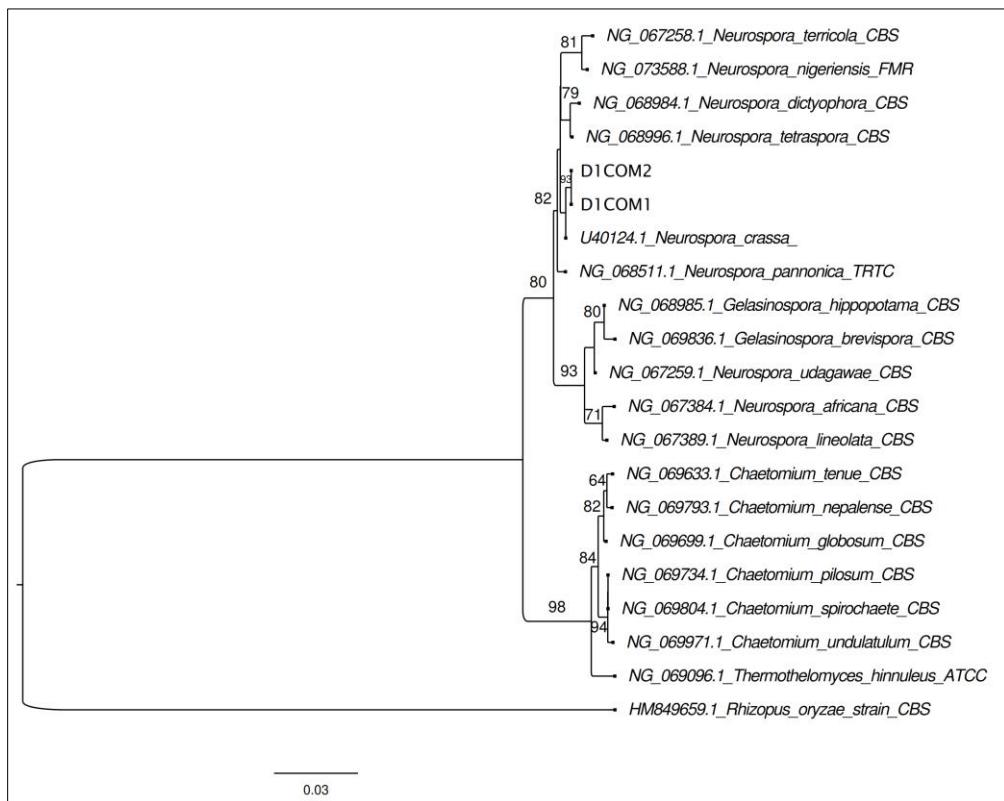


Figura 4. Análisis filogenético de las cepas 1 (D1 COM1) y 2 (D1 COM2) según los resultados de BLAST de las secuencias del gen 28S rARN.

- 230
- 231
- 232
- 233
- 234 Algunas especies pertenecientes al género *Neurospora* spp. han sido descritas en la literatura por su
235 actividad saprobicia y su relación con la degradación de plantas (Piontelli y Diaz 2004) lo que explica
236 su actividad menos especializada cuando se compara con otras especies de hongos con actividad
237 entomopatógena (St. Leger y Wang *et al.* 2000). En el presente estudio no fue posible determinar
238 el efecto letal (mortalidad) o subletal (desarrollo embriogénico y oviposición) del hongo sobre la
239 especie de piojo. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, estos son parásitos obligados y
240 mueren a las pocas horas después de ser colectados (Egri 2019), por lo que no podemos atribuir la
241 muerte a la presencia e invasión del hongo, sino a la falta del hospedero.
- 242 En un estudio realizado por St Leger *et al.* (1997) se comparó la habilidad de hongos saprófitos,
243 entre ellos *N. crassa* y *A. nidulans*, con otros hongos oportunistas, patógenos de plantas y
244 entomopatógenos para utilizar los componentes de las paredes celulares de las plantas y cutícula
245 de insectos en diferentes medios nutritivos y se reportó que *N. crassa* a pesar de ser un saprófita,
246 secreta proteasas capaces de degradar mucina (Leger *et al.* 1997), por lo que podría tener una
247 actividad entomopatógena, sin embargo, esto debe ser estudiado. Estudios previos han
248 demostrado que la mucina es esencial para el desarrollo embriogénico (Syed *et al.* 2008) y la
249 oviposición de los insectos (Lou *et al.* 2019), en futuros estudios será necesario evaluar el efecto letal
250 y subletal que podría producir *Neurospora* spp. sobre *H. tuberculatus* y conocer su papel en el control
251 biológico de este piojo que afecta a la producción bufalina de México. Al respecto, Liu y Yang
252 (2023), mencionan que las interacciones entre los microrganismos y algunos invertebrados del

253 suelo pueden establecer relaciones predador-presa y dar origen a interacciones más complejas, sin
254 embargo, dada la biodiversidad de la biota muchas de estas interacciones aún no han sido
255 estudiadas, por lo que este estudio presenta el aislamiento de un hongo en un sustrato no estudiado
256 previamente.

257 El presente estudio reporta el hallazgo de un hongo perteneciente al género *Neurospora* encontrado
258 en el cuerpo de piojos *H. tuberculatus*, los cuales fueron colectados de búfalos de agua. La identidad
259 del hongo fue confirmado mediante morfología y secuenciación de marcadores moleculares, por
260 lo que es importante continuar con estudios que ayuden a comprender la relación biológica entre
261 el hongo y los piojos.

262

263

264 AGRADECIMIENTOS

265

266 A los propietarios y trabajadores del rancho, por su incondicional apoyo por sus atenciones,
267 disposición, paciencia y colaboración durante la fase de campo.

268

269

270 CONFLICTO DE INTERÉS

271

272 Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

273

274

275 LITERATURA CITADA

277 Alonso-Díaz MA, Fernández-Salas A (2021) Entomopathogenic fungi for tick control in cattle livestock from
278 Mexico. *Frontiers in Fungal Biology* 2: 657694. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.657694>

279 Barron GL (1977) The nematode-destroying fungi. Canadian Biological Publications Ltd. Guelph, Ontario,
280 Canada. 140p.

281 Batista HR, Sartori C, Stelmachchuk FN, Oliveira DR, Morini AC, Gennari SM, Minervino AHH (2018)
282 Prevalence and risk factors associated with ectoparasite infestation of buffaloes in an Amazonian
283 ecosystem. *Parasites & Vectors* 11: 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2917-2>.

284 Benjo AD, Lawal OA, Akintola OI (2006) Bacteria and fungi associated with *Lucilia cuprina* (sheep blowfly)
285 larvae. *Research Journal of Agriculture & Biology Science* 2(6): 358-364.

286 Boyandin AN, Prudnikova SV, Karpov VA, Ivonin VN, Lanh ĐỗN, Nguyễn TH, Hiệp Lê T, Filichev NL,
287 Levin AL, Filipenko ML, Volova TG, Gitelson II (2013) Microbial degradation of
288 polyhydroxyalkanoates in tropical soils. *International Biodeterioration & Biodegradation* 83: 77-84.
289 <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.04.014>.

290 Díaz R, Gamazo C, López-Goñi I (1999) Manual práctico de microbiología. 2da Edición. Editorial Masson SA.
291 Barcelona, España. 208p.

292 Ebani VV, Mancianti F (2021) Entomopathogenic fungi and bacteria in a veterinary perspective. *Biology* 10(6):
293 479. <https://doi.org/10.3390/biology10060479>

294 Egri B (2019) Louse infestation of ruminants. *Bovine Science - A Key to Sustainable Development*.
295 IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.79257. Fecha de consulta: 23 de enero de 2024.



- 296 Ferreira JA, Mahboubi A, Lennartsson PR, Taherzadeh MJ (2016) Waste biorefineries using filamentous
297 ascomycetes fungi: present status and future prospects. *Bioresource Technology* 215: 334-345.
- 298 Gouy M, Guindon S, Gascuel O (2010) SeaView version 4: a multiplatform graphical user interface for
299 sequence alignment and phylogenetic tree building. *Molecular Biology Evolution* 27(2): 221-224.
300 <https://doi.org/10.1093/molbev/msp259>
- 301 Hernández-Velasco A, Sánchez-Montes S, Romero-Salas D, Cruz-Romero A, Jiménez-Hernández JA, Becker
302 I, Aguilar-Domínguez M, Pérez de León A (2020) First record of natural infection with *Anaplasma*
303 *marginale* in sucking lice infesting the water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Mexico. *Parasitology Research*
304 119: 3853-3856.
- 305 INEGI (2019) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tabasco,
306 Centro. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática, México. <https://www.inegi.gob.mx/>. Fecha
307 de consulta: 23 de enero de 2024.
- 308 Jinu MV, Jayabaskaran C (2015) Diversity and anticancer activity of endophytic fungi associated with the
309 medicinal plant *Saraca asoca*. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 5: 169-179.
- 310 Khongdee T, Sripoon S, Vajrabukka C (2011) The effects of high temperature and wallow on physiological
311 responses of swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*) during winter season in Thailand. *Journal of Thermal
312 Biology* 36: 417-421. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.07.006>
- 313 Lee K (2012) Asexual and sexual developments of *Neurospora crassa* on natural substrata. *Fungal Ecology* 5(2):
314 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2011.09.001>.
- 315 Liu R, Yang B (2023) Editorial: Soil microbe-arthropod interactions under global change. *Front Microbiology*
316 14:1280103. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1280103>
- 317 Lou YH, Shen Y, Li DT, Huang H, Lu JB, Zhang CX (2019) A mucin-like protein is essential for oviposition
318 in *Nilaparvata lugens*. *Front Physiology* 10: 551. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00551>
- 319 Meleney WP, Kim KC (1974) A comparative study of cattle infesting *Haematopinus*, with redescription of *H.*
320 *quadripertusus* Fahrenholz, 1916 (Anoplura: Haematopinidae). *The Journal of Parasitology* 60: 507-522.
- 321 Neglia G, Veneziano V, De Carlo E, Galiero G, Borriello G, Francillo M, Campanille G, Zicarelli L, Manna L
322 (2013) Detection of *Brucella abortus* DNA and RNA in different stages of development of the sucking
323 louse *Haematopinus tuberculatus*. *BMC Veterinary Research* 9: 1-9.
- 324 Ojeda-Chi MM, Rodríguez-Vivas R I, Galindo-Velasco E, Lezama-Gutierrez R, Cruz-Vázquez C (2011)
325 Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari:Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno
326 *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae): Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias
327 Pecuarias* 2:177-192.
- 328 Ojeda-Robertos N, Peralta-Torres JA, López-Hernández KG, Chay-Canul AJ, Ojeda-Chi MM, Rodríguez-
329 Vivas RI (2022) Pediculosis por *Haematopinus tuberculatus* en búfalos de agua (*Bubalus bubalis*).
330 Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3283. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3283>.
- 331 Perkins DD, Turner BC, Barry EG (1976) Strains of *Neurospora* collected from nature. *Evolution* 30(2): 281-
332 313. <https://doi.org/10.2307/2407702>
- 333 Piontelli E, Díaz MC (2004) El entorno humano y la relevancia biológica de las especies de *Neurospora*:
334 consideraciones en micología médica. *Boletín Micológico* 19: 1-11.
335 <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2004.19.0.288>
- 336 Romo-Martínez A, Fernández-Ruvalcaba M, Hernández-Velázquez VM, Peña-Chora G, Lina-García LP,
337 Osorio-Miranda J (2013) Evaluation of natural origin products for the control of *Rhipicephalus*
338 (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) on cattle artificially infested. *Basic Research Journal of
339 Agricultural Science and Review* 2: 64-79.



- 340 Sievers F, Wilm A, Dineen D, Gibson TJ, Karplus K, Li W, Lopez R, McWilliam H, Remmert M, Söding J,
341 Thompson JD, Higgins DG (2011) Fast, scalable generation of high-quality protein multiple sequence
342 alignments using Clustal Omega. Molecular Systems Biology. <https://doi.org/10.1038/msb.2011.75>.
- 343 St Leger RJS, Joshi L, Roberts DW (1997) Adaptation of proteases and carbohydrases of saprophytic,
344 phytopathogenic and entomopathogenic fungi to the requirements of their ecological niches.
345 Microbiology 143(6): 1983-1992.
- 346 St. Leger RJ, Wang JB (2020) *Metarhizium*: jack of all trades, master of many. Open Biology 10: 200307.
347 <https://doi.org/10.1098/rsob.200307>
- 348 Syed ZA, Härd T, Uv A, Van Dijk-Härd IF (2008) A potential role for *Drosophila mucins* in development and
349 physiology. PLoS One 3(8): e3041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003041>
- 350 Turner BC, Perkins DD, Fairfield A (2001) Neurospora from natural populations: a global study. Fungal
351 Genetic Biology. <https://doi.org/10.1006/fgb.2001.1247>
- 352 Veneziano V, Neglia G, Cimmino R, Balestrieri A, Rufrano D, Bastianetto E, Santoro M, Gokbulut C (2013)
353 The efficacy and safety of alphacypermethrin as a pour-on treatment for water buffalo (*Bubalus bubalis*)
354 infested with *Haematopinus tuberculatus* (Phthiraptera: Haematopinidae). Parasitology Research 112:
355 2907-2912. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3462-8>
- 356 White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes
357 for phylogenetics, In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (eds), PCR protocols-A guide to
358 methods and applications. Academic Press. San Diego California, USA. pp. 315-322.