

BATRACHOCHYTRIUM SALAMANDRIVORANS

INFORMACIÓN SOBRE EL AGENTE PATÓGENO

1. AGENTE CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD

1.1. Tipo de agente patógeno

Hongos.

1.2. Nombre de la enfermedad y sinónimos

Infección por *Batrachochytrium salamandrivorans*.

1.3. Nombres comunes del agente patógeno y sinónimos

B. salamandrivorans, Bsal

1.4. Categoría taxonómica

Batrachochytrium salamandrivorans (reino: Fungi, división: Chytridiomycota, orden: Rhizophydiales, género: *Batrachochytrium*).

1.5. Autoridad (primera descripción científica, referencia)

B. salamandrivorans fue identificado por primera vez en 2013 debido a una dramática disminución de la población de salamandras comunes (*Salamandra salamandra*) en los Países Bajos (Martel *et al.*, 2013).

1.6. Entorno del agente patógeno (agua dulce, de mar y agua salobre)

Agua dulce.

2. MODOS DE TRANSMISIÓN

2.1. Vías de transmisión (horizontal, vertical, indirecta)

La transmisión del agente patógeno es horizontal. Puede persistir en el entorno como una spora móvil o inmóvil (Stegen *et al.*, 2017). Se desconoce si el contacto directo entre animales es epidemiológicamente importante.

2.2. Reservorio

Basándose en las características de *Batrachochytrium dendrobatidis*, se supone que las esporas inmóviles resistentes pueden sobrevivir en el agua y el suelo (Johnson y Speare, 2003). Los individuos que sobreviven a la enfermedad pueden estar infectados persistentemente (Martel *et al.*, 2013; Martel *et al.*, 2014).

2.3 Factores de riesgo (temperatura, salinidad, etc.)

Las temperaturas más propicias para el desarrollo de *B. salamandrivorans* rondan los 15°C (Martel *et al.*, 2013). Se ha demostrado experimentalmente que *B. salamandrivorans* no coloniza la piel de las salamandras a temperaturas superiores a 25°C (Bloo *et al.*, 2015a).

Las zoosporas nadan activamente en el agua, el hongo depende del agua, y la desecación resulta mortal en todas las etapas del ciclo de vida (EFSA, 2017).

3. GAMA DE HOSPEDADORES/ESPECIES HOSPEDADORAS

3.1. Especies susceptibles

B. salamandrivorans posee una amplia gama de hospedadores, hasta ahora no totalmente caracterizada. Se ha observado que 14 especies de anfibios son susceptibles (EFSA, 2017).

La infección por *B. salamandrivorans* también se ha notificado en varias especies silvestres, cautivas o conservadas en museos (Martel *et al.*, 2014; Spitzen van der Sluijs *et al.*, 2016). Un estudio realizado en China encontró que *B. salamandrivorans* estaba presente a través de un amplio rango taxonómico (Yuan *et al.*, 2018).

3.2. Etapas del ciclo de vida afectadas por la enfermedad

Ningún trabajo publicado hasta la fecha ha investigado la susceptibilidad en las distintas etapas del ciclo de vida; ni existen informes sobre la resistencia de diferentes etapas de desarrollo del huésped.

4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

B. salamandrivorans fue detectado por primera vez en los Países Bajos en 2013 y, más tarde, se encontró en numerosas regiones fronterizas con Bélgica en 2013 y 2014 (Martel *et al.*, 2014). El hongo también fue identificado en poblaciones cautivas de salamandras y tritones en Alemania (Spitzen-van der Sluijs *et al.*, 2016) y en el Reino Unido (Cunningham *et al.*, 2015).

Se piensa que las especies nativas de *B. salamandrivorans* provienen del sudeste de Asia; ha sido identificado en Japón, Tailandia y Vietnam (Laking *et al.*, 2017; Martel *et al.*, 2014) y recientemente en China (Yuan *et al.*, 2018). No obstante, un estudio realizado en Corea del Sur en 200 individuos durante dos años no encontró evidencia de infección (Samantha, Mi-Sook, & Bruce, 2018).

Fuera de Europa Occidental, *B. salamandrivorans* se conoce por infectar un cierto número de especies nativas de tritones en Asia, pero no aparece como causante significativo de enfermedad o mortalidad en dichas especies. La evidencia actual sugiere claramente que *B. salamandrivorans* es endémico en Asia y que las especies en dicha región podrían actuar como un reservorio de enfermedad (Laking *et al.*, 2017).

5. SIGNOS CLÍNICOS Y DESCRIPCIÓN DE CASO

5.1. Tejidos hospedadores y órganos infectados

El principal órgano donde se observa la patología es la piel (Martel *et al.*, 2013; Gray *et al.*, 2015).

5.2. Observaciones generales y lesiones macroscópicas

B. salamandrivorans es un parásito de las células epidérmicas de las salamandras, que causa ulceraciones cutáneas con una degradación significativa de la epidermis, el deterioro de las funciones vitales de la piel y la muerte de las especies susceptibles dos o tres

semanas después (Martel *et al.*, 2013; Gray *et al.*, 2015; Laking *et al.*, 2017). En general, los signos clínicos de la enfermedad producida por hongos del género *Batrachochytrium* son variables y no patognomónicos, aunque las lesiones asociadas con *B. salamandrivorans* se caracterizan por ulceraciones marcadas en la piel, en contraste con aquellas causadas por *B. dendrobatidis*, que suelen causar una hiperplasia epidérmica y una hiperqueratosis (Martel *et al.*, 2013 y 2014). En consecuencia, la sola presencia de signos clínicos es insuficiente para plantear un diagnóstico.

5.3. Lesiones microscópicas y anomalía del tejido

Las lesiones histopatológicas consisten en ulceraciones de la epidermis con un gran número de talos coloniales de *B. salamandrivorans* (Martel *et al.*, 2013).

5.4. Situación actual con respecto a la lista de la OIE

La infección por *B. salamandrivorans* se incluyó en la lista de enfermedades de la OIE en 2017 (ver Capítulo 1.3. del *Código Sanitario para los Animales Acuáticos*) (OIE, 2017).

6. IMPORTANCIA SOCIAL, ECONÓMICA Y AMBIENTAL

Los anfibios hacen parte de las especies animales más comúnmente comercializadas en numerosas regiones del mundo (Smith *et al.*, 2009; Nijman, 2010), aunque gran parte de este comercio se mantiene al margen de las reglamentaciones y los registros (Rowley *et al.*, 2016).

Las investigaciones efectuadas por Martel *et al.* (2013) demuestran claramente que *B. salamandrivorans* está causando enfermedad en las salamandras comunes en los Países Bajos. Las observaciones de campo y los estudios experimentales indican que la mortalidad ronda el 100%. Entre 2010 y 2013, el número de salamandras comunes en las poblaciones afectadas en los Países Bajos se redujo en un 96%.

La enfermedad puede impactar de forma negativa numerosas poblaciones de anfibios. Yap *et al.* (2015) modelizaron el posible impacto de *B. salamandrivorans* en América del Norte y llegaron a la conclusión de que, en caso de introducción, representa una seria amenaza para la biodiversidad.

B. salamandrivorans puede afectar de manera negativa y significativa el nivel de la población (hasta la extinción) de numerosas especies de anfibios (Yap *et al.*, 2015).

7. IMPORTANCIA ZONÓTICA

Ninguna.

8. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

8.1. Definición de sospecha

Altos niveles de mortalidad en las poblaciones de anfibios con o sin erosiones cutáneas.

8.2. Métodos de prueba presuntivos

Se puede efectuar un diagnóstico presuntivo sobre la base de una histología y la identificación de las lesiones características de la piel y de los talos coloniales (Martel *et al.*, 2013). Por lo tanto, este método solo resulta adecuado para el diagnóstico de los casos clínicos.

8.3. Métodos de prueba confirmatorios

El diagnóstico se confirma por PCR o por cultivo.

Actualmente, el método más fiable y más ampliamente utilizado para la detección de *B. salamandrivorans* es la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa (qPCR) (Bloom *et al.*, 2013).

Bloom *et al.* (2013) también describieron un protocolo PCR dúplex en tiempo real, que permite la detección y la cuantificación simultánea de *B. dendrobatidis* y de *B. salamandrivorans* en muestras de anfibios.

Se puede emplear la inmunohistoquímica para detectar *B. salamandrivorans* en muestras conservadas en formaldehído.

El aislamiento por métodos de cultivo posee una baja sensibilidad (Martel *et al.*, 2014).

9. MÉTODOS DE CONTROL

Se ha desarrollado un protocolo para el tratamiento de las salamandras infectadas (Bloom *et al.*, 2015a; Bloom *et al.*, 2015b). Se ha demostrado que la infección desaparece/se elimina en salamandras infectadas expuestas a una temperatura de 25°C durante 10 días. Sin embargo, es estrecho el margen entre la temperatura capaz de eliminar *B. salamandrivorans* y la temperatura crítica superior tolerada por la mayoría de los urodelos (Bloom *et al.*, 2015a). Otro tratamiento eficaz consiste en la administración de una combinación de antibióticos, reservado para los animales mantenidos en cautiverio o capturados.

Se considera que el comercio de salamandras constituye la vía de entrada más probable de *B. salamandrivorans* en nuevas regiones geográficas (Yap *et al.*, 2015; Grant *et al.*, 2016). Con el fin de controlar la invasión del patógeno, se deben implementar restricciones de movimientos para limitar su introducción y medidas de detección temprana a través de la vigilancia de las áreas de alto riesgo.

10. RIESGO DE TRANSMISIÓN

Dado que *B. salamandrivorans* se ha transmitido horizontalmente a través de la cohabitación, es posible que la transmisión de la enfermedad acompañe el movimiento de los animales acuáticos.

Se estima que el comercio internacional de salamandras y tritones es el principal responsable de la propagación mundial de *B. salamandrivorans* (Martel *et al.*, 2014; Stephen *et al.*, 2015; Cooper, 2016; RAVON Reptielen Amfibieën Onderzoek Nederland 2016; U.S. Fish & Wildlife Service 2016). En Europa, se sabe que los coleccionistas transportan salamandras entre las fronteras para participar en eventos de terrariofilia, situación que representa un riesgo potencial de propagación del agente patógeno y que es difícil de controlar.

Además, *B. salamandrivorans* es más propenso a propagarse en condiciones de hacinamiento, que crean estrés y debilitan el sistema inmunitario natural de los individuos (Rachowicz *et al.*, 2005; Rowley *et al.*, 2007; Rollins-Smith *et al.*, 2011 in: U.S. Fish & Wildlife Service, 2016). *B. salamandrivorans* también se puede introducir en el entorno natural a través de la eliminación incorrecta de agua contaminada o de material de transporte de salamandras (Stephen *et al.*, 2015; U.S. Fish & Wildlife Service, 2016). La liberación intencional de salamandras no nativas (a menudo utilizadas como cebos de pesca) o el escape involuntario a través de instalaciones en las que se mantenían cautivas también pueden dar como resultado la introducción y propagación de *B. salamandrivorans* en poblaciones silvestres (Picco and Collins, 2008; Krysko *et al.*, 2011 in: U.S. Fish & Wildlife Service, 2016).

El hecho de que las salamandras puedan provenir de un medio silvestre o que sean criadas en cautiverio (granjas, criadores aficionados, comerciantes de mascotas, etc.) es un aspecto que debe tomarse en cuenta cuando se evalúa la factibilidad de una restricción comercial.

En el caso de *B. dendrobatidis*, toda el agua y el material de transporte (por ejemplo, sustratos húmedos, empaques) utilizados para la importación de anfibios deben ser considerados como contaminados a efectos de cuarentena (Johnson y Speare, 2003). Se puede asumir que esta medida también aplica a *B. salamandrivorans*.

11. MÁS INFORMACIÓN DE UTILIDAD

- Blooi, M, Pasmans, F, Longcore JE, Spitzen-van der Sluijs A, Vercammen F & Martel A. (2013). Duplex real-time PCR for rapid simultaneous detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* and *Batrachochytrium salamandrivorans* in amphibian samples. *Journal of Clinical Microbiology*, **51**, 4173-4177. doi: 10.1128/jcm.02313-13
- Blooi, M., Martel, A., Haesebrouck, F., Vercammen, F., Bonte, D. & Pasmans, F. (2015a). Treatment of urodelaans based on temperature dependent infection dynamics of *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Scientific Reports*, **5**, 8037
- Blooi, M., Pasmans, F., Rouffaer, L., Haesebrouck, F., Vercammen, F., & Martel, A. (2015b). Successful treatment of *Batrachochytrium salamandrivorans* infections in salamanders requires synergy between voriconazole, polymyxin E and temperature. *Scientific Reports*, **5**, 11788.
<http://doi.org/10.1038/srep11788>
- Cooper, E.W.T. (2016). Current trade patterns into Canada regarding introduction of fungus *Batrachochytrium salamandrivorans*. Environment and Climate Change Canada, Ottawa, Canada
- Cunningham, A. A., Beckmann, K., Perkins, M., Fitzpatrick, L., Cromie, R., Redbond, J., O'Brien, M. F., Ghosh, P., Shelton, J. & Fisher, M. C. (2015). Emerging disease in UK amphibians. *Veterinary Record*, **176**:468
- EFSA (European Food Safety Authority), Baláž V, Gortázar Schmidt C, Murray K, Carneseccchi E, Garcia A, Gervelmeyer A, Martino L, Munoz Guajardo I, Verdonck F, Zancanaro G & Fabris C. (2017). Scientific and technical assistance concerning the survival, establishment and spread of *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) in the EU. *EFSA Journal* 2017; **15**(2):4739.
- Grant, E.H.C., Muths E., Katz R.A., Canessa S., Adam M.J., Ballard J.R., Berger L, Briggs C.J., Coleman J., Gray M.J., Harris M.C., Harris R.N., Hossack B., Huyvaert K.P., Kolby J.E., Lips K.R., Lovich R.E., McCallum H.I., Mendelson J.R. III, Nanjappa P., Olson D.H., Powers J.G., Richgels K.L.D., Russell R.E., Schmidt B.R., Spitzen-van der Sluijs A., Watry M.K., Woodhams D.C. & White C.L., (2016). Salamander chytrid fungus (*Batrachochytrium salamandrivorans*) in the United States—Developing research, monitoring, and management strategies: U.S. Geological Survey Open-File Report 2015–1233, 16 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20151233.2016a>.
- Gray, M. J., Lewis, J. P., Nanjappa, P., Klocke, B., Pasmans, F., Martel, A., Stephen, C., Olea, G. S., Smith, S. A., Sacerdote-Velat, A., Christman, m. R., Williams, J. M. & Olson, D. H. (2015). *Batrachochytrium salamandrivorans*: the North American response and a call for action. *Plos Pathogens* **11**, e1005251. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005251>
- Johnson M. L. & Speare R. (2003). Survival of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Water: Quarantine and Disease Control Implications. *Emerging Infectious Diseases*, **9**(8), 922–925. <http://doi.org/10.3201/eid0908.030145>
- Krysko, K.L., Burgess, J.P., Burgess, M.R., Gillette, C.R., Cueva, D., Enge, K.M., Somma, L.A., Stabile, J.L., Smith, D.C. & Wasilewski, J.A. (2011). Verified non-indigenous amphibians and reptiles in florida from 1863 through 2010: Outlining the invasion process and identifying invasion pathways and stages. 1-64 pp.
- Laking, A. E., Ngo, H. N., Pasmans, F., Martel, A., & Nguyen, T. T. (2017). *Batrachochytrium salamandrivorans* is the predominant chytrid fungus in Vietnamese salamanders. *Scientific Reports*, **7**, 44443. <http://doi.org/10.1038/srep44443>
- Martel A, Spitzen-van der Sluijs A, Blooi M, Bert W, Ducatelle R, Fisher MC, Woeltjes A, Bosman W, Chiers K, Bossuyt F & Pasmans, F. (2013). *Batrachochytrium salamandrivorans* sp nov causes lethal chytridiomycosis in amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), **110**, 15325-15329. doi: 10.1073/pnas.1307356110
- Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C. & Pasmans, F. (2014). Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, **346** (6209), 630–631. <http://doi.org/10.1126/science.1258268>
- Nijman, V. (2010). An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation*, **19**(4): 1101–1114.
- OIE. (2017). *Aquatic Animal Health Code* (20th ed.). Paris: OIE. Retrieved from <http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-code/access-online/>
- Picco, A.M. and Collins, J.P. 2008. Amphibian commerce as a likely source of pathogen pollution. *Conservation Biology*, **22**(6): 1582–1589.
- Rachowicz, L.J., Hero, J.M., Alford, R.A., Taylor, J.W., Morgan, J.A.T., Vredenburg, V.T., Collins, J.P. & Briggs, C.J. (2005). The novel and endemic pathogen hypotheses: competing explanations for the origin of emerging infectious diseases of wildlife. *Conservation Biology*, **19**(5): 1441–1448.
- RAVON Reptielen Amfibieën Onderzoek Nederland 2016. Bsal. Available at: <http://www.ravon.nl/English/Research/Bsal/tabid/3820/Default.aspx#5>. [Accessed: 26/05/2016].
- Rollins-Smith, L.A., Ramsey, J.P., Pask, J.D., Reinert, L.K. & Woodhams, D.C. (2011). Amphibian immune defenses against chytridiomycosis
- Rowley, J.J.L., Chan, S.K.F., Wing, S.T., Speare, R., Skerratt, L.F., Alford, R.A., Ka, S.C., Ching, Y.H. & Campbell, R. (2007). Survey for the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hong Kong in native amphibians and in the international amphibian trade. *Diseases of Aquatic Organisms*, **78**(2): 87–95.
- Rowley, J.J.L., Shepherd, C.R., Stuart, B.L., Nguyen, T.Q., Hoang, H.D., Cutajar, T.P. Wogan, G.O.U. & Phimmachak, S. (2016). Estimating the global trade in Southeast Asian newts. *Biological Conservation*, **199**: 96-100.
- Samantha, G., Mi-Sook, M., & Bruce, W. (2018). Lack of Bsal in South Korea. E-Article, 14. Retrieved from <http://www.earticle.net/Article.aspx?sn=307253>
- Smith, K. F., Behrens, M., Schloegel, L. M., Marano, N., Burgiel, S. & Daszak, P. (2009). Reducing the risks of the wildlife trade. *Science*, **324**: 594–595.
- Spitzen-van der Sluijs, A., Martel, A., Asselberghs, J., Bales, E. K., Beukema, W., Bletz, M. C., Dalbeck, L., Goverse, E., Kerres, A., Kinet, T., Kirst, K., Ladelout, A., Marin da Fonte, L. F., Nöllert, A., Ohlhoff, D., Sabino-Pinto, J., Schmidt, B. R., Speybroek, J., Spikmans, F., Steinfartz, S., Veith, M., Vences, M., Wagner, N., Pasmans, F. & Lötters, S. (2016). Expanding Distribution of Lethal Amphibian Fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, **22**(7), 1286–1288. <http://doi.org/10.3201/eid2207.160109>
- Stegen, G., Pasmans, F., Schmidt, B. R., Rouffaer, L. O., Van Praet, S., Schaub, M., Canessa, S., Laudelout, A., Kinet, T., Adriaensen, C., Haesebrouck, F., Bert, W., Bossuyt, F. & Martel, A. (2017). Drivers of salamander extirpation mediated by *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Nature*, **544**(7650), 353–356.
- Stephen, C., Forzan, M.J., Redford, T. & Zimmer, M. (2015). *Batrachochytrium salamandrivorans*, a threat assessment of salamander chytrid disease. The Canadian Wildlife Health Cooperative. 30 pp.
- Thomas, V., Blooi, M., Van Rooij, P., Van Praet, S., Verbrugghe, E., Grasselli, E., ... Martel, A. (n.d.). Recommendations on diagnostic tools for *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Transboundary and Emerging Diseases*. <https://doi.org/10.1111/tbed.12787>
- U.S. Fish & Wildlife Service (2016). Injurious wildlife species; listing salamanders due to risk of salamander chytrid fungus. *Federal Register*, **81**(8): 1534–1556.
- Yap, A., Michelle S. Koo, Richard F. Ambrose, David B. Wake, & V. T. V. (2015). Averting a North American biodiversity crisis. *Science*, **349**, 6247–6248.
- Yuan, Z., Martel, A., Jun, W., Van Praet, S., Canessa, S., & Pasmans, F. (2018). Widespread occurrence of an emerging fungal pathogen in heavily traded Chinese urodelaan species. *Conservation Letters*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/conl.12436>