

Les malalties emergents dels amfibis. Un problema actual del qual preocupar-nos?

ALBERT MONTORI – ADRIÀ JORDÀ
– JHULYANA LÓPEZ-CARO – MIREIA VILA-ESCALÉ
– SALVADOR CARRANZA
– DANIEL FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU

Emerging diseases of amphibians. A current problem to worry about?

Els amfibis són actualment el grup de vertebrats més amenaçat amb un 41% de les espècies en perill d'extinció. La causa del declivi d'aquest grup és l'activitat antròpica la qual és la responsable de l'alteració i la pèrdua d'hàbitats, la degradació i la contaminació dels sistemes aquàtics, l'augment de les espècies introduïdes, el canvi climàtic i, darrerament, l'aparició de malalties emergents. Les malalties emergents són una de les principals causes en el declivi d'espècies i poblacions d'amfibis a nivell mundial. Estan causades per patògens que s'han dispersat per tot el món a conseqüència fonamentalment del tràfic i comerç d'espècies a nivell mundial. Les malalties emergents d'amfibis com les produïdes pels *Ranavirus* i els quitridis, entre d'altres, han ocasionat grans declivis en les poblacions de tot el món. L'increment de la seva distribució geogràfica i del nombre d'espècies afectades fa que actualment es considerin pandèmiques i ja es té constància de la desaparició com a mínim de 90 espècies d'amfibis i el declivi de moltes més. En aquest article es descriuen les principals característiques d'ambdues malalties, la situació a nivell mundial i els protocols de bioseguretat que s'han de seguir per tal d'evitar l'entrada d'aquests patògens al medi natural.

Paraules clau: Amfibis, declivi, malalties emergents, *Ranavirus*, quitridis.

*Amphibians are currently the most endangered group of vertebrates with 41% of species endangered. The cause of the decline of this group is the anthropogenic activity which is responsible for the alteration and loss of habitats, the degradation and pollution of aquatic habitats, the increase of introduced species, the climate change and, recently, the emerging diseases. Emerging diseases are one of the leading causes in the decline of amphibian species and populations worldwide. They are caused by pathogens that have spread around the world as a result of the worldwide traffic and trade in species. Emerging amphibian diseases such as those caused by *Ranavirus* and chytrids, among others, have produced great declines in populations around the world. The increase in their geographical distribution and the number of species affected mean that they are currently considered pandemics and there is already evidence of the disappearance of at least 90 species of amphibians and the decline of many more. This article describes the main characteristics of both diseases, the global situation and the biosecurity protocols that must be followed in order to prevent the entry of these pathogens into the natural environment.*

Keywords: Amphibians, decline, emerging diseases, *Ranavirus*, Chytrids.

INTRODUCCIÓ

A nivell mundial, s'accepta que en els últims 50 anys s'ha produït una important pèrdua de biodiversitat de vertebrats quant a quantitat d'espècies i poblacions. Actualment les espècies s'estan extingint a un ritme molt més ràpid que en qualsevol moment del passat (entre 100 i 1.000 cops més alt) (Comas *et al.* 2018). Estudis recents estimen que desapareixen al voltant de 27.000 espècies l'any. Això es tradueix en 3 espècies extingides cada hora que passa. Aquesta extinció, que ja és coneix com la sisena extinció, té un culpable clar, l'ésser humà, el qual amb la seva capacitat d'intervenir en el medi de forma poc responsable ha modificat l'equilibri natural de pràcticament tots els ecosistemes. Aquest declivi d'espècies és especialment greu pel que fa als amfibis ja que aproximadament un 41% de les espècies conegudes estan amenaçades (UICN, 2021). L'estat crític de les diferents espècies d'amfibis es deu en gran part a la vulnerabilitat d'aquest grup com a conseqüència de dos factors. Per un cantó tenim la característica dels amfibis de tenir la pell nua, és a dir, molt permeable, la qual cosa fa que puguin regular molt malament l'intercanvi de substàncies amb el medi. D'aquesta forma moltes substàncies tòxiques que amb una pell impermeable seria més difícil que entressin al seu cos, ho fan amb conseqüències negatives a curt o llarg termini. Per un altre cantó, presenten un cicle de vida doble que precisa del medi aquàtic i el terrestre, amb una fase larvària aquàtica i una fase terrestre adulta. Per aquest motiu els amfibis són vulnerables als impactes que afectin ambdós ambients.

Però independentment d'aquestes característiques pròpies de la biologia dels amfibis, les quals els fan més vulnerables, la causa del declivi d'aquest grup l'hem de buscar, com hem dit abans, en l'activitat antròpica. L'alteració, la fragmentació i la pèrdua d'hàbitats ocasionen l'aïllament de les poblacions, la pèrdua de qualitat ambiental dels ecosistemes, la degradació i la contaminació dels sistemes aquàtics i humits en general, en dificulta la reproducció, el desenvolupament i en definitiva, la supervivència d'amfibis. A més d'aquests cal afegir també altres motius d'origen més recent com són l'augment de les espècies introduïdes, la pèrdua de connectivitat ecològica, l'increment de la presència humana al medi natural, el canvi climàtic i, darrerament, l'aparició de malalties emergents.

LES MALALTIES EMERGENTS DELS AMFIBIS

Les malalties emergents són una de les principals causes en el declivi de les poblacions d'amfibis a nivell mundial. Aquestes malalties són causades per patògens els quals han ampliat el seu rang geogràfic com a conseqüència fonamentalment del tràfic i comerç d'espècies a nivell mundial. Actualment es troben distribuïdes per gairebé tot el món per la qual cosa ja se les

considera pandèmiques. Van aparèixer fa aproximadament uns 25 anys i han estat els amfibis el grup més afectat, el qual ha patit la extinció com a mínim de 90 espècies d'amfibis a tot el món i del declivi de moltes més (Scheele, et al. 2019).

Tot i que hi ha diverses malalties emergents descrites (Martínez-Silvestre et al. 2022), tres són les principals que estan causant estralls a les poblacions d'amfibis: dues fúngiques i una d'origen víric. Les dues produïdes per fongs són les causades per dos espècies de fongs quitridis: *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) i *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal), ambdós d'origen asiàtic i causants de la malaltia infecciosa anomenada quitridiomicosi. L'altra està produïda per diversos virus de la família iridoviridae anomenats Ranavirus, del qual parlarem en primer lloc.

MALALTIES PRODUÏDES PER RANAVIRUS

Ranavirus inclou tot un conjunt de virus que produeixen la Ranavirosi. Infecten amfibis, rèptils i peixos. S'ha constatat que les infeccions per *Ranavirus* en amfibis han contribuït a la disminució de les poblacions d'aquests vertebrats a nivell mundial. A Europa, fora de la Península Ibèrica, només s'havia descrit un declivi poblacional a la Gran Bretanya l'any 2010 (Scheele, et al. 2019) i a una sola espècie, la granota roja (*Rana temporaria*), la qual també es troba al Montseny. A la Península Ibèrica s'han descrit recentment mortalitats massives a Galícia, nord de Portugal i darrerament a la Serralada Cantàbrica i els Pirineus. Moltes han aparegut aquests darrers 10 anys, fet que fa pensar en una expansió molt ràpida i recent, la qual resulta extremadament preocupant per la quantitat d'espècies endèmiques o de distribució reduïda que trobem al nord peninsular. Les dades semblen indicar que els brots es produeixen en zones fredes, en hàbitats degradats, estressats ambientalment i en poblacions d'amfibis que com a conseqüència es troben estressades i immunodeprimides. Per altra banda els brots han estat localitzats a zones molt freqüentades pels humans.

Ranavirus és transmès per contacte directe, a través de l'aigua, dels materials utilitzats (calçat, material de pesca, roba,...) i per consumir animals infectats. És innocu pels humans però no pels amfibis. Produeix hemorràgies, necrosi dels òrgans interns i ulls, ulceracions a la pell i envermelliment del ventre i extremitats.

MALALTIES PRODUÏDES PER QUITRIDIS

Les quitridiomicosis són l'altra grup de malalties que estan causant estralls en les poblacions d'amfibis. El cicle de vida dels fongs quitridis depèn fonamentalment de l'aigua i d'una proteïna, la queratina, de la qual es

nodreixen. La queratina es troba fonamentalment a la pell dels adults i als denticles cornis dels capgrossos (figura 1).

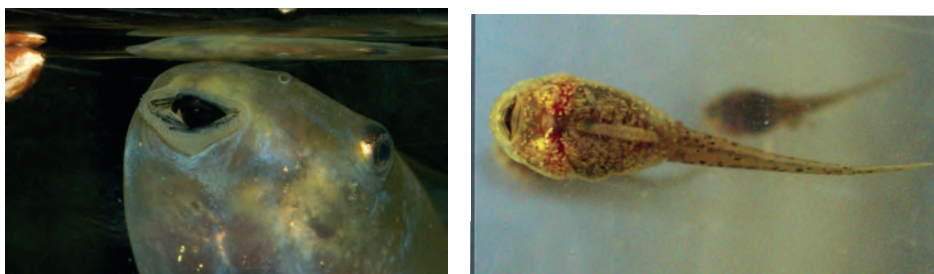


Figura 1: Detall dels denticles cornis de la zona bucal dels capgrossos, on els quitridis es mantenen durant la fase larvària. Els capgrossos no solen morir, però en fer la metamorfosi queratinitzen la pell i els quitridis colonitzen l'epiteli de la petita granota o gripau i li produeixen la mort. La fase larvària actua com un reservori de quitridis als punts d'aigua. Esquerra: larva desenvolupada de gripau d'esperons (*Pelobates cultripedes*). Dreta: larva de tòtil (*Alytes almogavarii*), l'espècie més sensible a la quitridiomicosi per *Bd*. S'ha comprovat que el tòtil també actua com a reservori de *Bsal* ja que pot ser portador asimptomàtic.

Els fongs quitridis per completar el seu cicle biològic han d'infectar un amfibi. El fong es nodreix de la queratina de la pell de l'amfibi i forma a la pell uns saquets microscòpics anomenats esporangis, els quals, quan estan madurs, s'obren a l'exterior i expulsen centenars d'espores flagel·lades anomenades zoòspores. Aquestes, reinfecten el propi animal o es dispersen per l'aigua. Quan contacten amb un amfibi, les espores travessen la pell i ja tenim l'animal infectat. La destrucció de la queratina i la perforació i mort de l'epidermis per la proliferació d'esporangis, provoquen canvis estructurals i funcionals de la pell, la qual cosa es tradueix en una alteració de l'equilibri hídric i de l'intercanvi d'electròlits els quals provoquen la mort dels exemplars per aturada cardíaca. També es produeixen microferides obertes que permeten infeccions secundàries d'altres microorganismes oportunistes.

Batrachochytrium dendrobatidis (*Bd*) afecta fonamentalment els amfibis sense cua (anurs), és a dir, granotes i gripaus. El primer cas de mortalitat massiva d'una espècie d'amfibi va ser detectat el 1997 al massís de Peñalara i afectava inicialment a una sola espècie el tòtil (*Alytes obstetricans*) el qual va pràcticament desaparèixer de la zona. L'any 2004 la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura (UICN) va incloure *Bd* al llistat de les 100 espècies invasores més perilloses i el 2009 ja es confirma la presència de *Bd* a tots els continents on hi ha amfibis (figura 2).

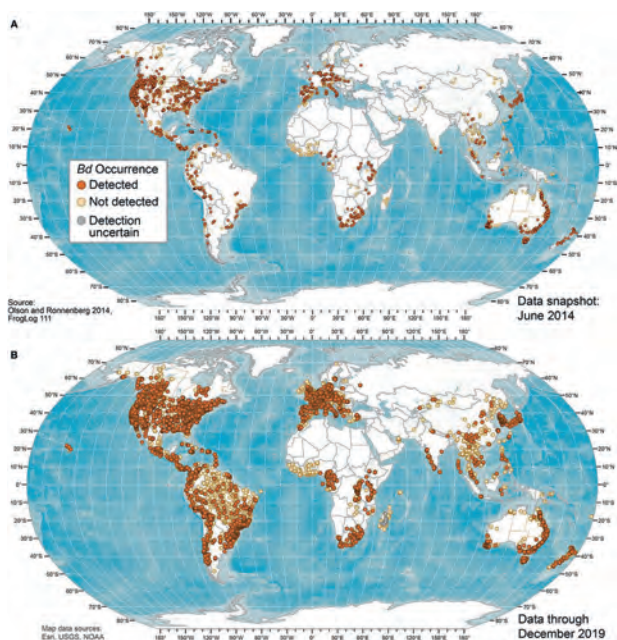


Figura 2: Evolució del coneixement de la presència de *Bd* a nivell mundial des de l'any 2014 (a alt) fins al 2019 (a baix), segons (Olson, D et al. 2019). La seva expansió natural es superposa a l'efecte d'una major prospecció de la presència del patògen a tot el món. Així i tot, hi ha grans zones del planeta on probablement hi sigui però que estan en blanc perquè no s'han estudiat.

A la Península Ibèrica *Bd* ha estat detectat a gairebé totes les espècies encara que la majoria són asimptomàtiques. A Catalunya (Bargalló et al. 2016; Martínez-Silvestre et al. 2020), s'han detectat positius de *Bd* al tritó pirinenc (*Calotriton asper*), al tritó verd (*Triturus marmoratus*), la granota pintada (*Discoglossus pictus*), al tòtil almogàver (*Alytes almogavarii*), a la reineta (*Hyla meridionalis*), al gripau corredor (*Epidalea calamita*), a la granota verda (*Pelophylax perezi*) i a la granota roja (*Rana temporaria*). Amb tota probabilitat, la majoria d'espècies donaran positives a *Bd* a mida que se'n analitzin més. Al Montseny les anàlisi fetes fins ara només han detectat un cas de granota roja presumptament morta per un traumatisme i una reineta viva al Pla de la Calma on hi ha una població de tritó ibèric introduïda. Els brots letals de quitridiomicosi es donen amb més freqüència en regions muntanyoses d'alçada. Això s'observa especialment en els tròpics on la major part dels episodis de mortalitat s'han donat en zones de temperatures fresques i a Espanya on, tot i que *Bd* està àmpliament distribuït, només es coneixen episodis de mortalitat massiva en àrees muntanyoses.

Molt més greu pot ser el cas de *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*). Aquest fong infecta amfibis amb cua (urodels), és a dir, a salamandres i tritons. Va ser identificat per primer cop el 2013 quan al nord d'Europa van començar a disminuir dramàticament les poblacions de salamandres (*Salamandra salamandra*). Les anàlisi realitzades van determinar que es tractava d'una espècie nova del gènere *Batrachochytrium*. *Bsal* és originari del sud-est asiàtic, on infecta les salamandres autòctones sense causar greus malalties. Introduït a Europa, probablement amb el comerç d'urodels importats com a mascotes, després del primer descobriment als Països Baixos, també s'ha trobat als països veïns (Alemanya i Bèlgica).

Bsal té un cicle molt similar a *Bd* i provoca lesions greus a la pell (figura 3) i resulta letal per a moltes espècies de salamandres i tritons. *Bsal* té, a més, unes espores que s'enquisten i poden sobreviure els períodes secs. Per altra banda els individus que sobreviuen a la malaltia, com passa amb *Bd*, poden convertir-se en vectors asimptomàtics.



Figura 3: *Salamandra salamandra* morta a causa de la infecció per *Bsal*, amb afectacions típiques de la malaltia a la pell. Aquestes ferides (petites aureoles marronoses), provoquen el desequilibri hídric i iònic de l'exemplar i causen la seva mort en poques hores.

L'any 2017 es va detectar la presència de *Bsal* al Parc Natural del Montnegre i el Corredor fet que va aixecar totes les alarmes. Immediatament l'administració del Parc i la Generalitat de Catalunya van engegar els treballs necessaris (Ferran et al. 2020), per intentar aïllar el focus (figura 4).



Figura 4: Zona on es va detectar el focus de *Bsal* al Parc del Montnegre i el Corredor i punt de gestió de *Bsal* amb totes les mesures de contenció i d'aïllament del focus aplicades. Es va procedir a un tancament total del punt d'aigua evitant i controlant l'entrada i sortida tant d'amfibis com d'altres vertebrats, els quals poden transportar els quitridis a plomes, escates o pèls. Per accedir a la zona és estrictament obligatori aplicar les mesures de bioseguretat descrites, tant per al personal com per al material. Aquestes mesures s'apliquen també abans d'abandonar el punt per tal de no actuar com a dispersors de la malaltia.

Està comprovat que l'arribada de *Bsal* a aquest punt d'aigua va ser produïda per la introducció de dos espècies exòtiques provinents d'aquariofilia: el tritó crestat d'Anatòlia (*Triturus anatolicus*) i el tritó alpí (*Ichthyosaura alpestris*), ambdós portadors asimptomàtics de *Bsal*. En aquest punt d'introducció s'ha detectat mortalitat puntual del tritó verd (*Triturus marmoratus*) i de la salamandra (*Salamandra salamandra*) per infecció per *Bsal*. No hem detectat mortalitat fora d'aquest punt per la qual cosa a data d'avui el focus sembla controlat. Tot i això, no podem abaixar la guàrdia ja que els estudis realitzats per Martel i col·laboradors el 2019 van demostrar que *Bsal* és letal pel tritó del Montseny (*Calotriton arnoldi*), espècie en perill crític i amb una distribució molt propera al punt d'introducció. Per aquest motiu s'han extremat les mesures de bioseguretat al Parc Natural del Montseny i s'han intensificat les anàlisis de malalties emergents d'amfibis a tota la zona.

LA BIOSEGURETAT

El concepte de bioseguretat fa referència al conjunt de mesures sanitàries, de maneig, de formació i normatives, entre d'altres, encaminades a evitar l'entrada o dispersió d'agents infecciosos en el medi natural o a minimitzar la seva difusió. Quan un patògen nou arriba a una comunitat,

la virulència del mateix acostuma a ser molt alta donat que el patogen i l'amfibi no han tingut temps de coevolucionar. Aquestes malalties que han arribat recentment poden ser introduïdes o dispersades a la natura per l'activitat humana. És per això que hem de ser curosos i seguir les recomanacions sobre bioseguretat (Fernández-Guiberteau et al. 2020a, b i c). En primer lloc hem de desinfectar tot el material que utilitzarem a les sortides de camp abans i després. Hem de vigilar en la conservació d'aquest material d'emmagatzemar-ho i secar-lo completament per a que no hi quedin espores i a poder ser exposar-lo al sol durant uns dies. La desinfecció del material i la roba és senzilla. La roba i el calçat és suficient si es renten a 40°C durant 30 min. Els aparells de mesura i safates amb alcohol mínim al 70% i també es pot utilitzar un desinfectant professional anomenat Virkon®S, adequat per safates de desinfecció de peus i calçat entre d'altres.

Hem d'evitar sempre la captura i manipulació d'amfibis ja que comporta diverses afectacions als exemplars. A més del risc de transmissió de patògens per contacte, hem de tenir en compte que els amfibis són animals que tenen la pell nua recoberta d'un mucus que els ajuda a regular l'intercanvi d'aigua i electròlits. Quan agafem un amfibi amb la mà directament produïm una irritació a la pell, que pot provocar la muda, un increment de temperatura corporal i accelerem la seva dessecació. Per això, si no hi ha altra solució, la manipulació s'ha de realitzar sempre amb guants de nitril sense pols i a poder ser canviar-los el més sovint possible.

El futur dels nostres amfibis depèn en molts casos de la nostra responsabilitat davant les activitats a la natura. Siguem curosos amb el medi ambient. Tenim la responsabilitat de deixar a la propera generació una natura en igual o millor estat del com l'hem trobat.

BIBLIOGRAFIA

- BARGALLÓ, F. – MARTÍNEZ-SILVESTRE, A. – FERNÁNDEZ, D. (2016), "Detección de *Batrachochytrium dendrobatidis* en anfibios asintomáticos en Cataluña", *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 27 (2): 88-91.
- BEEBEE, T.J.C. – GRIFFITHS, R.A. (2005), "The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology?", *Biological Conservation* 125, p. 271–285.
- SCHEELE, B.C. – PASMANS, F. – SKERRATT, ET AL. (2019), "Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity", *Science*, p. 1459-1463.

- BOSCH, J. – MARTÍNEZ-SOLANO, I. – GARCÍA-PARÍS, M. (2001), "Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain", *Biol. Cons.* 97, p. 331-7.
- BOSCH, J. (2003), "Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes", *Munibe* 16, p. 56-73.
- BLAUSTEIN, A.R. – WAKE, D.B. (1990), "Declining amphibian populations: a global phenomenon?", *Trends in Ecology & Evolution* 5, p. 203-204.
- COMAS, E. – PÉREZ, S. – PONT, S. – CASTELL, C. (2018), *Estratègia del patrimoni natural i la biodiversitat de Catalunya 2030. Es Natura*, Servei de Planificació de l'Entorn Natural, Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat del Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya, 260 pp.
- DUFFUS, A.L.J. – WALTZEK, T.B. – STÖHR, A.C. – ALLENDER, M.C. – GOTESMAN, M. – WHITTINGTON, R.J. – HICK, P. – HINES, M.K. – MARSCHANG, R.E. (2015), *Distribution and Host Range of Ranaviruses*, p. 9-57, en M.J. GRAY & V.G. CHINCHAR (eds.), *Ranaviruses, lethal pathogens to ectothermic vertebrates*, New York: Springer International Publishing.
- FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU, D. – MONTORI, A. (2020a), Les malalties infeccioses en amfibis Manual de bones pràctiques en les activitats educatives de descoberta. Gemma Pascual, Narcís Vicens i Daniel Guinart (Coord). LifeTM docs., 20 pp.
- FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU, D. – MONTORI, A. – PÉREZ-SORRIBES, L. – CARRANZA, S. (2020b), "Protocols sanitaris per a les activitats que impliquin la interacció directa o indirecta amb les poblacions d'amfibis al medi natural", LifeTm docs., 15 pp. <https://lifetritomontseny.eu/documents/107349215/129237140/Protocol_Bioseguretat_2020+esp.+medi+aqu%C3%A0tic.pdf/088814f9-03bd-4749-8bc8-ece5c97a9e3b>.
- FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU, D. – VILA-ESCARRÉ, M. – CARRANZA, S. – FERRAN, A. – PANNON, P. – PICART, M. – PÉREZ-SORRIBES, L. – MOLINA, C. – MONTORI, A. – GUINART, D. (2020c), "La bioseguretat, una eina imprescindible per a la conservació dels amfibis", IV Trobada d'Estudiosos de la Serralada Litoral Central i VIII del Montnegre i el Corredor, *Sèrie Territori i Parcs Naturals* 7, p. 240-246.
- FERRAN, A. – FERNÁNDEZ-GUIBERTEAU, D. – CARRANZA, S. – PANNON, P. – PICART, M. – MARTEL, A. – PASMANS, F. – CANESSA, S. – ARGELAGA, J. – BENET, T. – CONTRERAS, A. – FERRAN, X. – MOLINA, C. – PÉREZ SORRIBES, L. – PUIG, X. – RODRÍGUEZ, J. – SOLANS, M. – TARRAGÓ, A. – YÁÑEZ, F.J. – VILA-ESCALÉ,

- M. (2020), "Gestió d'una població d'amfibis del Parc del Montnegre i el Corredor per contenir i eliminar un brot del fong *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal)", IV Trobada d'Estudiosos de la Serralada Litoral Central i VIII del Montnegre i el Corredor, Sèrie Territori i Parcs Naturals. Col·lecció Eines, p. 254-260.
- FIBLA, M. – UBACH, A. – OROMI, N., MONTERO-MENDIETA, S. – CAMARASA, S. – PASCUAL-PONS, M. – MARTÍNEZ-SILVESTRE, A. – MONTORI, A. (2015), "Población introducida de tritón alpino (*Mesotriton alpestris*) en el Prepirineo Catalán", *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 26,1, p. 46-51.
- HOULAHAN, J.E. – FINDLAY, C.S. – SCHMIDT, B.R. – MEYER, A.H. – KUZMIN, S.L. (2000), "Quantitative evidence for global amphibian population declines", *Nature* 404, p. 752-755.
- LONGCORE, J.E. – PESSIER, A.P. – NICHOLS, D.K. (1999), *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians, *Mycologia* 91, p. 219-227
- MARTEL, A. – SPITZEN-VAN DER SLUIJS, A. – BLOOI, M. – BERT, W. – DUCATELLE, R. – FISHER, M.C. – 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, <<https://doi.org/doi: 10.1073/pnas.1307356110>>.
- MARTEL, A. – VILA-ESCALE, M. – FERNÁNDEZ-GIBERTEAU, D. – MARTINEZ-SILVESTRE, A. – CANESSA, S. – VAN PRAET, S. – PANNON, P. – CHIERS, K. – FERRAN, A. – KELLY, M. – PICART, M. – PIULATS, D. – LI, Z. – PAGONE, V. – PÉREZ-SORRIBES, L. – MOLINA, C. – TARRAGÓ-GUARRO, A. – VELARDE-NIETO, R. – CARBONELL, F. – ... PASMANS, F. (2020), "Integral chain management of wildlife diseases", *Conservation Letters*, 13(2): e12707, <<https://doi.org/10.1111/conl.12707>>.
- MARTINEZ-SILVESTRE, A. – BOSCH, J. – MARSHANG, R. – VELARDE, R. (2020), "Prospecció sanitària dels amfibis de Catalunya: coneixement de la distribució real del fong patògen *Batrachochytrium salamandrivorans*", en *IV Trobada d'Estudiosos de la Serralada Litoral Central i VIII del Montnegre i el Corredor*, Col·lecció Eines, Sèrie Territori i Parcs Naturals 7, p. 247-253.
- MARTÍNEZ-SILVESTRE, A. – CADENAS, V. – PUIG-RIBAS, M. – THUMSOVÁ, B. – VELARDO, R. – BOSCH, J. (2022), *Enfermedades infecciosas emergentes en anfibios. Consulta de difusión veterinaria*, Vol. 30, Nº. 287:45-51.

- MONTORI, A. – SAN SEBASTIAN, O. – FRANCH, M. – PUJOL-BUXÓ, E. – LLORENTE, G.A. – FERNÁNDEZ-LORAS, A. – RICHTER-BOIX, A. – BOSCH, J. (2019), Observations on the intensity and prevalence of *Batrachochytridium dendrobatidis* in sympatric and allopatric *Epidalea calamita* (native) and *Discoglossus pictus* (invasive) populations, *Basic and Applied Herpetology* 33, p. 5-17, <<https://ojs.herpetologica.org/index.php/bah/article/view/137>>.
- PRICE, S.J. – GARNER, T. – NICHOLS, R. – BALLOUX, F. – AYRES, C. – MORA-CABELLO DE ALBA, A. – BOSCH, J. (2014), Collapse of amphibian communities due to an introduced ranavirus, *Current Biology* 24, p. 2586-2591.
- SCHEELE, B.C. – PASMANS, F. – SKERRATT, L.F. ET AL. (2020), “Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity”, *Science*, Vol 363, Issue 6434:1459-1463, <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aav0379>>.
- TEACHER, A.G.F. – CUNNINGHAM, A.A. – GARNER, T.W.J. (2010), Assessing the long-term impact of Ranavirus infection in wild common frog populations, *Anim. Conserv.* 13, p. 514–522.
- UICN (2021), *The IUCN Red List of Threatened Species*, Versión 2019-1. <[https://ucn, 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Versió \(2019-1\), https://www.iucnredlist.org](https://ucn, 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Versió (2019-1), https://www.iucnredlist.org)> (consulta: maig 2019) [darrer accés 29/03/2021].
- OLSON, D. – RONNENBERG, K. – GLIDDEN, C. – CHRISTIANSEN, K. – BLAUSTEIN, A. (2021), “Global Patterns of the Fungal Pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* Support Conservation Urgency”, *Front. Vet. Sci.*, 16 July 2021, <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.685877/full>>.