

L'impautu del accidente nuclear de Chernóbil sobre la fauna salvaxe

Por **Germán Urizaola**

Departamentu de Biología d'Organismos y Sistemes (Zooloxía)

Universidá d'Uviéu

UMIB-Unidá Mesta d'Investigación en Biodiversidá

(Universidá d'Uviéu-CSIC-Principáu d'Asturies)

Llagu Azbuchyn cola central nuclear de Chernóbil al fondu

A la 1:23:40 de la mañana del 26 d'abril de 1986 el reactor número 4 de la central nuclear de Chernóbil españó, causando la mayor catástrofe nuclear de la Historia. Nesi momentu, la **Central Nuclear Vladimir Ilich Lenin**, asitiada nel norte d'Ucráina, cuntaba con cuatro reactores nucleares en funcionamientu, dos más en construcción, y tres más planificaos. El complexu yera una de les mayores plantes nucleares del mundu. L'accidente asocedió mientras unes pruebes de resistencia que teníen por envís probar cómo'l reactor yera a reaccionar énte una perda de tensión llétrico. Una mestura de fallos graves de diseñu del reactor RBMK y fallos humanos nel remanamientu, llevaron al desastre. L'españú en reactor tuvo acompañáu d'una quema de les barras de grafitu qu'ardió a lo llargo de diez díes, contribuyendo a empeorar l'accidente y faciendo que la radiación s'espardiera per una zona peramplia. De fechu, si bien la mayor parte de la radiación espardióse pela contorna de la central, l'aire arrastró material radiactivo a fasteres tan alloñaes como Escandinavia o Austria.

Nos díes posteriores al españú evacuóse tola población de la zona, creándose una *Faza d'Esclusión*, na que se vedó l'asentamientu humanu permanente. Cálculase qu'al rodiu d'unos 300.000 persones abandonaron los sos llares na contorna de la central n'evacuaciones sucesives. La Faza d'Esclusión estiéndese güei per unos 4.000 km² ente Ucraína y Bielorrusia. L'asentamientu permanente sigue vedáu nel llugar, inda qu'unos 2.000 persones residen de manera temporal ellí, trabayando entá en llabores de control y esmanteladura de les instalaciones nucleares. Magar l'españú del reactor 4, los otros reactores de la central siguieron dellos

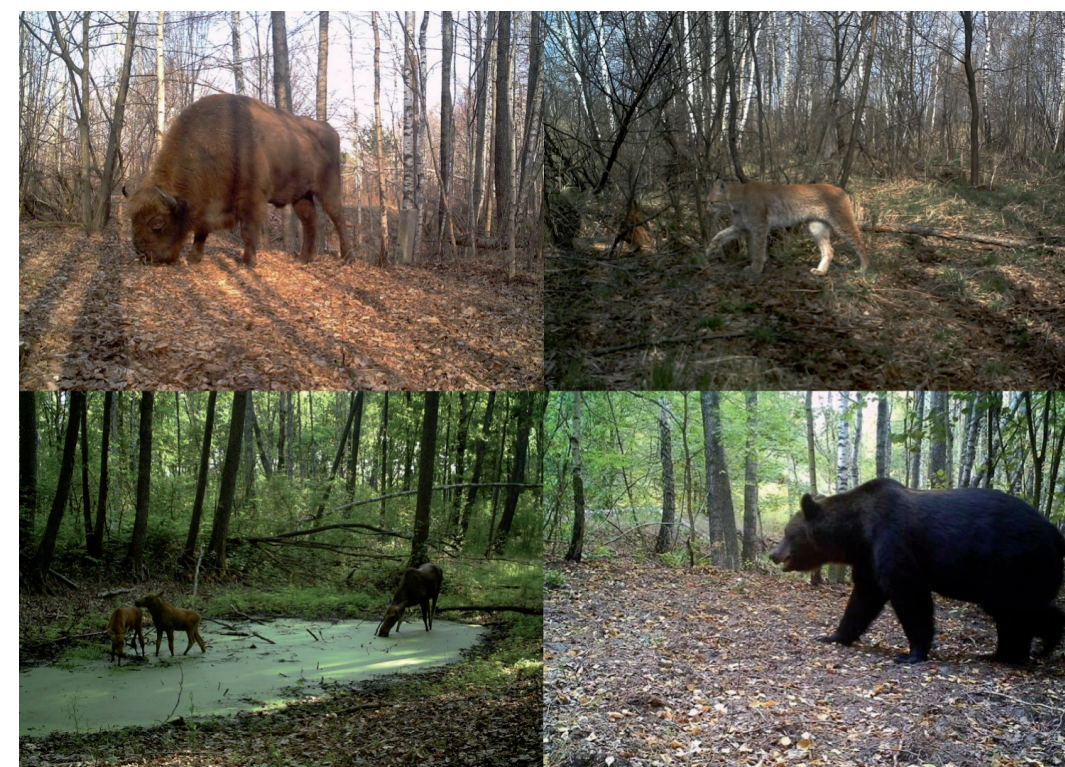
Nel momentu del españú del reactor número 4 (abril del 1986), la Central Nuclear Vladimir Ilich Lenin, asitiada al norte d'Ucráina, cuntaba con cuatro reactores nucleares en funcionamientu, dos más en construcción, y tres más planificaos. Yera una de les mayores plantes nucleares del mundu. L'accidente asocedió mientras unes pruebes de resistencia. Los otros tres reactores funcionaron dellos años más. Peslló definitivamente nel añu 2000

años más en funcionamientu, hasta'l pieslle dafechu del reactor 3 nel añu 2000.

L'impautu del accidente sobre la población humana foi severu. Los principales afeutaos foron los equipos d'emergencies y bomberos qu'acudieron a la central nuclear nes primeres hores tres l'accidente. Bona parte d'esos efeutivos morrió en pocos díes por mor de la esposición estrema a la radiación. L'impautu físicu y psicolóxicu sobre'l restu de los habitantes de la zona foi igualmente importante, si bien ye malo de cuantificar. Les estadístiques sobre'l número de muertes causaes pola esposición a radiación van d'ente unos pocos miles y munches decenes de miles.

L'efeutu que l'accidente tuvo sobre la naturaleza de la fastera contaminada foi oxetu d'investigación yá daquella. Nel momentu del accidente, el consensu xeneral yera que la fastera afeutada pola contaminación radiactiva diba convertise nun ermu pa la vida, un basureru nuclear desprovistu de fauna per sieglos, inclusive milenios.

L'impautu primeru sobre la naturaleza de les fasteres alreduro de la central foi, como s'esperaba, mui importante. Un gran exemplu d'esi impautu ye un pinal allugáu al oeste de la central nuclear: Esa parte recibió l'impautu inicial de la radiación de mou especialmente intensu. Les acícules de los árboles dieron en coloráu nel intre y los árboles morrieron, conociéndose dende entós esta zona como **La Viesca Colorada de Chernóbil**. Esta fastera sigue siendo ún de los llugares más radiactivos del planeta, con niveles de radiación dellos órdenes de magnitú per enriba de los niveles basales de radiación. Estudios iniciales, empobinaos por científicos llocales deteutaron tou un ampliu rangu d'efeutos morfolóxicos y



ARRIBA

Cuatro grandes mamíferos na Faza d'Esclusión de Chernóbil (semeyes de fototrampéu): Bisonte, Llobu Cerval, Alces y Osu.

xenéticos n'abondes especies animales y vexetales que vivíen nes partes más afeutaes pola contaminación. Estos efeutos iniciales reforzaben la idea de que la zona quedaría falta de vida salvaxe per sieglos.

Estudios fechos nes décadas vinientes tamién amosaron efeutos negativos de la radiación sobre l'abondancia, diversidá, fisioloxía y

Evacuáronse 300.000 persones. Les estadístiques sobre'l número de muertes causaes pola esposición a radiación van d'ente unos pocos miles y munches decenes de miles. Na Faza d'Esclusión (que tien agora 4.000 km² ente Ucraína y Bielorrusia) sigue vedáu l'asentamientu permanente, maqar qu'unos 2.000 persones residen de manera temporal ellí

parámetros xenéticos de delles especies. Una de les especies más estudiadas na Faza d'Esclusión ye l'Andarina Común, pa la que se comunicaron efeutos como una mengua nos niveles de respuesta inmune, alteraciones na producción de la espelma en machos, y camudamientos cromosómicos. Sicasí, l'andarina ye una especie vanceyada a ambientes humanizaos, que podría tar sufriendo tamién l'efeutu negativu de despoblamiento de la fastera. Esto amuesa tamién la complexidá d'estudiar los efeutos del accidente, y lo necesaria que ye una planificación con munchu procuru pa coles especies y los rasgos biolóxicos qu'hai qu'estudiar. Arriendes d'ello, estos estudios iniciales presenten problemas

real, mucho más altes n'entrambos casos que fuera de la Faza d'Esclusión. Dos especies que nun taben presentes na zona nel momentu del accidente, como l'Osu Pardu y el Bisonte Européu tienen agora una presencia constante nel llugar. Más de doscientos especies d'aves usan la faza d'esclusión como área de cría, ivernada, migración, o a lo llargo de tol añu. L'abundancia y diversidá d'otres especies animales, como los anfibios, ye tamién elevada. Un casu mui relevante de la situación güei de la fauna del llugar ye'l de los Caballos de Przewalski. Esta casta de caballu salvaxe, amenazada a nivel mundial, caltién una de les sos escasas poblaciones naturales na Faza d'Esclusión. Estos caballos nun

caltienen, sinón que desendolquen los ciclos vitales con normalidá dafechu.

Estudios fechos en Bielorrusia esaminando buegues dexaes na ñeve por grandes mamíferos pel iviernu amosaron que les poblaciones d'estes especies xorrecieron considerablemente dempués del accidente. Tres sufrir los sos efeutos, les poblaciones d'especies como'l xabaril o l'alce recuperáronse llueu, y amuesen güei niveles iguales o superiores a los d'otres reserves naturales cercanes. Amás, estos trabayos constataron que nun hai nenguna rellación anguaño ente los niveles de radiación na Faza y l'abundancia d'especies como'l llobu o l'alce. Ello ye, eses especies son tan abondoses en fasteres con radiación alto, como en fasteres non contaminaes.

Estos estudios planteguen un gran retu científicu. Ye precisu estudiar cómo ye posible qu'una fastera entá contaminada con material radiactivo, y que se suponía que diba tar desprovista de vida per milenios, convirtióse namái nunes décadas nun llugar d'abellugu pa la gran fauna salvaxe. De fechu, tanto la zona ucraína, como la bielorrusa tán clasificaes güei como reserves biolóxicas yá qu'acueyen abondes especies amenazaes n'entrambos países y a escala europea.

Pa entender cómo esta aparente contradicción ye posible, y determinar con precisión l'efeutu a llargu plazu qu'un accidente d'esta mena pue causar nos organismos vivos, ye necesario tener en cuenta dellos aspeutos. De primeres, ye necesario conocer el tiempu de desintegración de los materiales radiactivos. Esti tiempu de desintegración conózse como «vida media» d'un compuestu y fai referencia al tiempu que tien de trescurrir pa que la metá d'un compuestu radiactivu inestable por naturaleza se tresformare nun compuestu estable y non radiactivu. En términos xenerales, los elementos

Los trabayos fechos constataron que güei nun hai neguna rellación ente los niveles de radiación na Faza y l'abundancia d'especies como'l llobu o l'alce: son tan abundantes en fasteres con radiación alto, como nes non contaminaes. ¿Cómo ye posible qu'una fastera entá contaminada con material radiactivo, y que se suponía que diba tar desprovista de vida per milenios, camudó nunes décadas nun llugar d'abellugu pa la gran fauna salvaxe? Sicasí, tanto la zona ucraína, como la bielorrusa tán clasificaes güei como reserves biolóxicas

metodolóxicos y d'análisis adicionales que compliquen enforma la so evaluación.

Per otru llau, y gracias a la colocación de numberoses cámares de fototrampéu, viose llueu que la Faza lloñe de tar deshabitada, yera ocupada por bien d'especies de grandes vertebrados. Güei la Faza d'Esclusión acueye poblaciones de tolos grandes mamíferos del este d'Europa. Esta caltién poblaciones de grandes depredadores como'l Llobu Européu o'l Lince Bo-

taben presentes na fastera nel momentu del accidente, pero lliberáronse trenta individuos a principios de los años noventa. Pasáu'l tiempu la población d'esta especie habita too a lo llargo de la Faza d'Esclusión, y non solo se caltuvo, sinón que medró hasta más de 150 individuos acordies col censu de 2018. Nesi añu estimóse que 22 nuevos caballos nacieren na temporada de cría, lo que demuestra una vegada más que les poblaciones animales de la Faza non solo se

con mayor potencial de causar dañu son aquellos con una vida media más curtia. Esti ye'l casu de los isótopos radiactivos de Yodu sobre manera'l Yodu-131. Esti compuestu ye descomanadamente peligrosu y ta direutamente vanceyáu al desendolcu de cáncer de tiroides, ún de los problemes más graves tres un accidente nuclear. El Yodu-31, sicasí, tien una vida media de namái ocho díes. Esto ye, ocho díes dempués d'un accidente como'l de Chernóbil namái quedaría yá la metá d'esti compuestu, que desaparecería dafechu de la fastera nunes selmanes. Otra manera, los isótopos con una vida media de miles d'años son aquellos con



////////////////////

IZQUIERDA/ABAXO

Llago Hluboke, na fastera d'estudiu, y Xaronquina Arbórea Oriental (*Hyla orientalis*) nel agua.



menor capacidá de caltriadura nel organismu, y por tanto menos peligrosos. Esti ye'l casu del Uraniu-239, con una vida media de 24.000 años, pero que la so radiación nun traviesa la piel. Nuna faza entemedida atópense los isótopos que son güei la principal fonte de radiación nel llugar. El Cesium-137 y l'Estronciu-90 son la principal fonte de radiación actual en Chernóbil, entrambos dos con una vida media d'unos 30 años, y entrambos dos son a caltriar el cuerpu d'organismos vivos. Pa estos compuestos la metá de la so cantidá yá desaparecía de la fastera.

Otru aspeutu que fai falta conocer ye cómo la radiación afeuta a un ser vivu. L'impautu de

la radiación sobre les célules, y en particular sobre'l material xenético, pue ser de dos tipos. La radiación pue impautar direutamente sobre'l material xenético y producir rotures nes cadenes d'ADN, o pue impautar de mou indireutu al traviés de radicales llibres que se xeneren al impautar la radiación sobre moléculas d'agua. N'entrambos casos, estes rotures puen dar llugar a efeutos bien estremaos. Una posibilidá ye que la maquinaria d'arreglu celular repare les rotures de manera rápida y precisa. Nesti casu'l dañu quedaría iguáu y el posible efeutu de la radiación quedaría llendáu a efeutos indireutos rellacionaos col usu de recursos per parte del

organismu. Nel casu opuestu, si'l dañu xenómicu causáu pola radiación ye bien intensu pue llegar a causar la muerte celular, y si esto asocede de manera xeneralizada nun individuu, pue inducir la muerte d'esi individuu. Otros posibles resultaos del impautu de la radiación sobre'l material xenético de los organismos, ye que s'igüe esti dañu, pero de manera defectuosa. Nesti casu ye cuando se xeneren mutaciones. Estes mutaciones puen tener al empar dellos resultaos. Si'l cambéu xeneráu nel material xenético produz cambeos sinónimos, ye dicir que nun alterien la composición d'aminoácidos, la función básica de les célules nun se verá afeutada. Si la mutación nun ye sinónima, y por tanto alteria funciones celulares, pue llevar a efeutos como un mal funcionamientu de les célules, a acelerar la senescencia o muerte celular, o al desendolcu de tumores. La radiación, al tener un potencial de xeneración de mutaciones bien altu, tamién podría dar llugar a cambeos xenómicos que fixeren que los organismos pudieren facer frente a la radiación de mou más eficaz, y eses seríen mutaciones beneficioses. Ye imprescindible conocer toos estos factores pa poder evaluar de manera rigurosa l'impautu d'un accidente como'l de Chernóbil sobre los organismos vivos.

Dende 2016, el nuesu grupu d'investigación n'Ecoloxía Evolutiva d'Ambientes Estremos de la Universidá d'Uviéu trabaya en Chernóbil tentando d'evaluar la situación de la fauna salvaxe de la fastera. A lo llargo d'estos años, centremos el nuesu trabayu n'esaminar la morfoloxía, la fisioloxía y la xenómica de los Anfibios de Chernóbil. La escoyeta de los anfibios como modelu d'estudiu ye por cuenta de que siendo Vertebrados, presenten una serie de ventayes pal so estudiu nun contestu de

Nestos años, el nuesu trabayu foi esaminar la morfoloxía, la fisioloxía, y la xenómica de los Anfibios de Chernóbil. La escoyeta de los anfibios como modelu d'estudiu ye por mor de que, siendo Vertebrados, presenten una serie de ventayes pal so estudiu nun contestu de contaminación radiactiva. El principal ye que son especies con capacidaes de dispersión bastante reducíes, colo que muchos individuos acaben reproduciéndose nes mesmes llamargues nes que nacieron, y eso fai que tean espuestos a niveles de radiación bastante constantes, seyan altos o baxos

contaminación radiactiva. El principal ye que son especies con capacidaes de dispersión bastante amenorgaes, colo que muchos individuos acaben reproduciéndose nes mesmes llamargues nes que nacieron. Eso fai que tean espuestos a niveles de radiación bastante constantes, seyan altos o baxos. Esto ye una gran ventaya a la hora de determinar el so grau d'esposición a la radiación, si se compara con especies con amplies zones de campéu, como un llobu o un osu, pa los que ye muncho más complexo determinar la so esposición real a la radiación a lo llargo del so ciclu vital. Otra característica interesante de los anfibios como oxetu d'estudiu ye qu'al desendolcar el so ciclu vital tantu nel mediu acuáticu (fase embrionaria y llarvaria), como nel mediu terrestre (fase moza y adulta), tán espuestos a fontes diverses de radiación n'entrambos medios, faciendo que'l so estudiu resulte más integrador de les condiciones xenerales de la zona. Amás, son especies nes que pue determinase con facilidá la edá de los distintos individuos estudiaos a partir de métodos d'esqueletocronoloxía. Estos métodos básense nel contéu de les llinies de medría nos güesos, una per añu de vida, de manera asemeyada a los aniellos de medría nos árboles. Esto facilita esaminar si la esposición a radiación podría tar afeutando a la duración de la vida d'estos individuos, amás de dexar usar la edá como un factor esencial a la hora d'estudiar otru tipu de respuestes biolóxicques.

La nuesa dinámica de trabayu en Chernóbil afítase en campañaes intensives de trabayu de campu n'Ucráina na época de reproducción d'anfibios en mayu-xunu. Mientres esa temporada, trabayamos a lo llargo d'un gradiente de radiación qu'inclúi dende delles de les fasteres más radiactives del planeta dientro de la Faza

Munchos de los nuestos trabayos centráronse na Xaronquina Arbórea Oriental (*Hyla orientalis*), pariente mui próxima de la europea (*Hyla arborea*) que vive n'Asturies. Esta especie fai un usu intensu del mediu terrestre, y por tanto ta espuesta a niveles de radiación más altos qu'otres especies más acuátiques (los niveles de radiación son más altos en zones terrestres que nos medios acuáticos). Amás, al tener un periodu d'actividá reproductora mui llargu (de mayu a xunetu na Faza d'Esclusión), dexen facer trabayos de campu ensin les llendes temporales d'otros anfibios con un comportamentu reproductor más esplosivu

d'Esclusión, como fasteres ensin afeutar pol accidente n'árees fuera de la Faza. D'esta miente podemos evaluar, sobre les mesmes poblaciones, l'efeutu que los distintos niveles de radiación tienen sobro distintos aspectos del so ciclu vital. Munchos de los nuestos trabayos centráronse na Xaronquina Arbórea Oriental (*Hyla orientalis*), pariente bien próxima de la europea (*Hyla arborea*) que vive n'Asturies. Esta especie presenta un ciclu de vida con un usu intensu del mediu terrestre, y por tanto ta espuesta a niveles de radiación más altos qu'otres especies más acuátiques, una y bones los niveles de radiación son más altos en zones terrestres que nos medios acuáticos. Amás, al tener un periodu d'actividá reproductora bien estensu (dende mayu a xunetu na Faza), dexen facer trabayos de campu ensin les llendes temporales d'otros anfibios de la zona con un comportamentu reproductor más esplosivu.

Nes xornaes de campu visitamos pela nueche llugares afayadizos pa la reproducción de la especie, intentando alcontrar a los machos pol so cantar intensu. N'atopándolos y prindán-

dolos tresladámoslos al nuesu llaboratoriu de campu dientro de la Faza d'Esclusión, calteníu polos nuestos colegas del *Centru Chernóbil d'Investigación en Seguranza Nuclear, Restos Radiactivos y Radioecoloxía*, dependiente del Gobiernu d'Ucráina. Nel llaboratoriu evaluamos a tolos individuos y recoyemos les amueses necesaries pa los nuestos estudios qu'inclúin trabayos sobre edá, condición corporal, coloración, fisioloxía sanguínea, respuesta inmune, microbioma de la piel y dixestivu, estrés oxidativu, llargor de telómeros, xenética poblacional, acumulación de mutaciones, metilación d'ADN, y camudamientos xenómicos. Pa cada individu, usando métodos radiométricos, calculamos amás la dosis total de radiación tanto interno como esterno a lo que tuvo espuestu. En resumu, un estudiu multidisciplinar col que queremos estudiar en detalle los distintos aspectos del ciclu vital de la especie oxetu d'estudiu. Namás d'esta manera vamos poder determinar con precisión la respuesta de los organismos vivos frente a la contaminación radiactiva nuna fastera como Chernóbil.



L'accidente nuclear de Chernóbil sigue xenerando, más de trenta años dempués, un interés social, científicu, y económicu bien eleváu. L'análisis científicu de les respuestes a mediu y llargu plazu de la contaminación radiactiva sobre los organismos vivos ye un tema d'estudiu d'enorme interés dende'l puntu de vista de la bioloxía evolutiva y la ecoloxía animal. Amás, estos resultaos son indispensables a escala socio-económica y pa poder establecer polítiques afayadices pa la xestión d'accidentes nucleares, asina como pal remanamientu rigorosu de los restos radiactivos xeneraos pola actividá médica, militar ya industrial.

//////////
ARRIBA

L'equipu d'esti trabayu: nel mediu los dos investigadores d'Asturies y a los llaos colegas ucraínos.

Delles referencies bibliográfiques

BERESFORD, N.A., E.M SCOTT & D. COPPLESTONE (2019).- Field effects studies in the Chernobyl Exclusion Zone: Lessons to be learnt. *Journal of Environmental Radioactivity*. *In press*.

BERESFORD, N., N. HOREMANS, D. COPPLESTONE, K.E. RAINES, G. ORIZAOLA, M.D. WOOD, P. LAANEN, H.C. WHITEHEAD, J.E. BURROWS, M.C TINSLEY, J.T. SMITH, J.M., BONZOM, B.GAGNAIRE, B., C. ADAM-GUILLERMIN, S. GASHCHAK, A.N. JHA, A. DE MENEZES, N. WILLEY. & D. SPURGEON. (2019).- Towards solving a scientific controversy - The effects of ionising radiation on the environment. *Journal of Environmental Radioactivity*, *In press*.

DERYABINA, T.G., S.V. KUCHMEL, L.L. NAGORSKAYA, T.G. HINTON, J.C. BEASLEY, A. LEREBOURS & J.T. SMITH (2015).- Long-term census data reveal abundant wildlife populations at Chernobyl. *Current Biology*, 25: 824 -826.

MØLLER, A.P. & T.A. MOUSSEAU (2006).- Biological consequences of Chernobyl: 20 years on. *Trends Ecology and Evolution*, 21: 200-207.

MØLLER, A.P. & T.A. MOUSSEAU (2016).- Are organisms adapting to ionizing radiation at Chernobyl? *Trends in Ecology and Evolution*: 31: 281-289.

YABLOKOV, A.V., V.B. NESTERENKO & A.V. NESTERENKO (2009).- Consequences of the Chernobyl catastrophe for the environment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1181: 221-286.