QuímicaViva - Perspectivas

El efecto mariposa y los buitres de la India

Luciana Laura Couso[1], Ignacio Enrique Sánchez[2]

1 Cátedra de Genética, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires
2 Laboratorio de Fisiología Proteica, Departamento de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, IQUIBICEN-CONICET

Recibido:

Recibido en: 05/05/2026

| Aceptado:
Aceptado en: 28/08/2026

Contacto: Ignacio Enrique Sánchez - isanchez@qb.fcen.uba.ar

Grupo de análisis crítico de la biotecnología
Este artículo es el cuarto de la colección "Biología y biotecnología en el Antropoceno"

Resumen

La crisis de los buitres de la India consistió en la muerte de más del 99% de estas aves durante la última década del siglo XX. Sus consecuencias sanitarias se asocian a la muerte de cientos de miles de personas. Usamos una mirada amplia para repasar varias cadenas de eventos interconectados de maneras no lineales que confluyeron en esta crisis y que requieren de narrativas acordes a sus características. En primer lugar, consideramos la relación entre seres humanos, vacas y buitres en la India, mediada por migraciones y prácticas religiosas. Una segunda cadena de eventos tiene que ver con el desarrollo de la farmacología moderna y su foco en mecanismos moleculares por sobre el contexto social. La tercera cadena de eventos propuesta es la historia de las leyes de patentes y su relación con los medicamentos genéricos. En cuarto lugar, rescatamos evidencia histórica de las consecuencias de la liberación masiva de compuestos biológicamente activos en el ambiente. En quinto y último lugar, repasamos los mecanismos económicos, sociales, ecológicos y moleculares que actuaron durante la crisis de los buitres. Finalmente, proponemos una reflexión sobre la dificultad de predecir la evolución de los ecosistemas que habitamos y manipulamos y sobre la necesidad de discutir colectivamente las narrativas que nos propone la biotecnología.

Palabras clave: sistemas complejos, primavera silenciosa, diclofenac, reduccionismo, Gyps sp.

The butterfly effect and the Indian vultures

Abstract

The Indian vulture crisis led to the death of more than 99% of these birds during the last decade of the 21st century. Its sanitary consequences are linked to the death of hundreds of thousands of people. We use a broad glance to go over the several chains of events that came together in this crisis, and that require narratives suited to their characteristics. In the first place, we consider the relationship between human beings, cows and vultures in India, which has been mediated by migrations and religious practices. A second chain of events has to do with the development of modern pharmacology and its focus on molecular mechanisms, leaving out social context. The third proposed chain of events is the history of patent law and its relation with generic drugs. In the fourth place, we rescue historical evidence of the consequences of the massive liberation of biologically active compounds to the environment. In fifth and last place, we review the economic, social, ecological and molecular mechanisms that acted during the vulture crisis. Finally, we propose contemplating the difficulty of predicting the evolution of the ecosystems we inhabit and manipulate, and considering the need for a collective discussion of the narratives proposed by biotechnology.

Keywords: complex systems, silent spring, diclofenac, reductionism, Gyps sp.

1. Antropología

Verano austral de 1835

Charles Darwin observa un buitre desde la cubierta del Beagle. "Un pájaro asqueroso" - anota en su diario - "cuya cabeza escarlata y calva está formada para revolcarse en la putrefacción". [1]

Hace unos 3400000 años

Los homínidos de la especie *Australopithecus afarensis*, posiblemente ancestros de los seres humanos, incorporan a su dieta la carne de carroña. Como hienas y leones en la actualidad, por esa época empiezan a localizar los cadáveres siguiendo el vuelo de los buitres en los paisajes africanos que habitan. [2]

Aproximadamente 74000 años antes del presente

La erupción volcánica más explosiva de la era cuaternaria sucede en el lugar que hoy conocemos como el lago Toba, en la isla de Sumatra. Según algunas fuentes, la erupción causa un severo invierno de entre seis y diez años de duración en todo el planeta, seguido por un milenio bastante más frío de lo habitual. Se dice también que este enfriamiento deja vivos nada más a algunos miles de individuos de la especie *Homo sapiens* en Asia, dando lugar a un cuello de botella genético. Los individuos que sobreviven se mezclan con poblaciones de neandertales y denisovanos. De esto surge el acervo genético de una especie bípeda, hábil y capaz de expresar sus ideas mediante un lenguaje complejo. Esta especie puebla el lugar que hoy conocemos como India hace aproximadamente 60000 años. [3]

Alrededor del año 700

Los ejércitos del califato musulmán umayyad se expanden hacia el este y conquistan Irán, donde el califato persigue a los creyentes del zoroastrismo. La mayor parte de la comunidad zoroastriana migra a la India en donde recibe asilo. Serán los ancestros de la actual comunidad parsi. El califato musulmán también trata de invadir la India, donde la religión mayoritaria es el hinduismo y la vaca es símbolo de la generosidad, el sacrificio desinteresado, la tolerancia y la gentileza. La respuesta de los brahmanes ante los invasores musulmanes comedores de carne vacuna, es diferenciarse y para ello prohíben el sacrificio de vacas y declaran tabú el consumo de su carne. Se estima que en la India actual viven más de cinco millones de vacas, proveedoras de leche y omnipresentes en las calles, los campos y las películas. [4]

27 de noviembre de 1991

Tiene lugar en Londres el funeral de Farrokh Bulsara, más conocido como Freddie Mercury. Había nacido en 1946 en el protectorado británico de Zanzíbar y con cuatro incisivos extra en su mandíbula superior. Sus padres Bomi y Jer son originarios de la comunidad Parsi de la India y practican el zoroastrismo. Siguiendo los deseos de Bomi y Jer, el funeral es llevado a cabo por dos sacerdotes parsis indios y las ceremonias se hacen en el sagrado idioma avesta. Sin embargo, el cuerpo de Freddie es cremado y por lo tanto no va a parar a una torre del silencio para su excarnación como le habría sucedido a un zoroastriano en la India. Hablamos de edificios cilíndricos, en cuya terraza se exponen los cadáveres a los elementos para su descomposición. En un primer momento los buitres y otros carroñeros consumen la carne. Un grupo de buitres puede reducir un cadáver a su esqueleto en apenas media hora. Los huesos restantes son empujados a un pozo central donde terminan de descomponerse. En este procedimiento el sol quema la contaminación del cuerpo y se evita que se ensucien otros elementos sagrados como el agua, el fuego y la tierra. [5]

2. Farmacología

Octubre de 1959

El pintor y poeta Brion Gysin conoce al escritor William Burroughs en un hotel del barrio latino de París y le muestra la técnica de los recortes, inspirada en una técnica dadaísta. Juntos, prueban a realizar cortes en un texto escrito y reordenar los fragmentos para crear un texto nuevo. Para ellos es una manera de develar conexiones implícitas y descubrir las posibilidades contenidas en una historia. “Cuando cortas hacia el presente, el futuro puede escapar” - dicen. [6]

1907

Paul Ehrlich se inspira en su trabajo en inmunología y en una ópera en la que un cazador debe acertarle a un blanco imposible para desarrollar el concepto de bala mágica: un fármaco que mata microbios patógenos de manera específica, sin dañar al ser humano infectado. Su idea lo lleva dos años más tarde al desarrollo del Salvarsan, la primera droga efectiva contra la sífilis. El Salvarsan es una mejora sustancial sobre los compuestos de mercurio que lo preceden e inaugura una nueva era en la quimioterapia. Sus efectos secundarios incluyen alteraciones de la piel, daño al hígado y riñón y, en algunos casos extremos, un shock fatal. [7]

1965

El equipo del Dr. Sallmann aborda en Basilea (Suiza) el diseño de un nuevo analgésico no esteroideo. Las metas del diseño son una actividad alta y una droga muy tolerable para el ser humano. El análisis de drogas similares sugiere valores deseables de entre 4 y 5 para la constante de acidez, de 10 para el coeficiente de partición y la inclusión de dos anillos aromáticos en una configuración no plana. El diseño logra incluir todas estas características y por lo tanto se considera exitoso. La molécula resultante se denomina Ácido 2-(2-[(2,6-diclorofenil)amino]fenil) acético, también conocida como diclofenac. Ciba-Geigy (actual Novartis) la patenta en 1973. [8]

1978

Riess y colaboradores reportan que cuando se administra la sal sódica de diclofenac a seres humanos, la concentración máxima en la sangre se alcanza a las dos horas. A las cuatro horas la concentración en

sangre baja hasta un diez por ciento de la máxima. Los seres humanos eliminan el diclofenac mediante reacciones de acil glucuronidación y fenil hidroxilación catalizadas por las enzimas uridina glucuronosil transferasa y citocromo P450. El diclofenac causa daños severos en el hígado en solamente 1 de cada 100000 personas, y tras una exposición ininterrumpida a la droga de entre uno y seis meses. [9]

3. Patentes

1986

Ursula K. Leguin cuenta que la ciencia moderna y la tecnología son empresas heroicas concebidas por Hércules y Prometeo como triunfos. Esto lleva a historias triunfantes, como la conquista del espacio, o trágicas, como el apocalipsis. Sin embargo, si uno redefine la tecnología y la ciencia como una bolsa de transporte cultural en lugar de un arma de dominación, hay lugar para historias menos rígidas y estrechas, menos mitológicas y más realistas. [10]

19 de marzo de 1474

Un decreto establece en Venecia el estatuto de patentes, inspirado por leyes del reino de Jerusalén. Hasta ese momento, muchos avances tecnológicos eran secretos que pequeños grupos de personas podían guardar por muchas décadas. A partir de este momento, el estatuto obliga a informar de cada invención a la República, que protegerá el uso exclusivo por parte de los inventores por un período de diez años. Después de ese período la nueva tecnología pasa a ser de dominio público y puede ser usada o mejorada por otras personas. El propósito de este nuevo sistema es acelerar el desarrollo tecnológico, principalmente en la industria del vidrio. Muchos emigrantes venecianos contribuyen al establecimiento de estatutos de patentes similares en otros países. [11]

1970

El Acta de Patentes de la India restringe el tipo de medicamentos que pueden patentarse y acorta el periodo de protección a cinco o siete años según el caso. Como resultado, India es la farmacia del mundo. El país produce más de 60000 drogas genéricas, entre ellas el 40% de las consumidas en EE.UU. [12]

24 de noviembre de 1993

Vence la patente concedida a Novartis para el uso del diclofenac. Los organismos reguladores autorizan la fabricación y comercialización de versiones genéricas de la droga, ocasión rápidamente aprovechada por la potente industria farmacéutica de la India. En 1994 se comercializan las primeras formulaciones del diclofenac para uso veterinario. Está indicado como analgésico en padecimientos musculoesqueléticos o tras un trauma, particularmente cuando hay inflamación presente. [13]

4. Ambiente

12 de agosto de 1933 al 20 de enero de 1934

El periodista Jorge Luis Borges publica en la sección “Revista Multicolor de los Sábados” del diario Crítica una serie de relatos basados en crímenes reales, después agrupados y publicados bajo el título “Historia universal de la infamia”. Borges enumera sus fuentes al final del libro pero se distrae también en falsear y tergiversar fechas y nombres. En esos años de la década infame en Argentina, los lectores de diarios enfrentan página tras página de asesinatos (uno de ellos de un senador de la nación), proxenetas, traficantes de drogas, bajos fondos, fraude electoral y otras infamias. Solamente algunos de los relatos de

Borges son presentados como ficción en el diario. Es posible que esto alimente el diálogo colectivo en los cafés y los pasillos, los autobuses y las plazas. [14]

Enero de 1958

Olga Huckins describe en una carta al The Boston Herald cómo la fumigación con DDT para matar mosquitos cerca de su propiedad mató indiscriminadamente a otros insectos. A su vez, la falta de insectos hizo que muchos pájaros murieran por falta de alimento. Este relato empuja a su amiga Rachel Carson a escribir el libro “Primavera silenciosa”, donde documenta el daño producido en el ambiente por el uso indiscriminado del DDT y otros pesticidas. La industria química acusa a Carson de ser una defensora fanática de la secta del equilibrio en la naturaleza y, probablemente, una comunista. [15]

1983

Las Naciones Unidas crean la Comisión Mundial para el Ambiente y el Desarrollo, que define el desarrollo sostenible como “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades”. Varias cumbres más tarde, el concepto se vuelca en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, entre cuyos objetivos se encuentran la salud de los asentamientos humanos, formas sostenibles de producción y consumo y detener la pérdida de biodiversidad. [16]

5. Fichas que caen

Diciembre de 1972

El físico Edward Lorenz va a disertar en la reunión de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia sobre cómo en ciertos sistemas deterministas no lineales una pequeña perturbación puede tener consecuencias de gran magnitud. Al fundador de la teoría del caos no se le ocurre un título para su ponencia. Su colega Philip Merilees sugiere “Predecibilidad: ¿Puede el aleteo de una mariposa en Brasil poner en marcha un Tornado en Texas”. Lorenz acepta la sugerencia. Con los años, el título se hace más famoso que Lorenz y su teoría. [17]

A partir de 1994 (I)

El diclofenac baja su precio a la mitad y sus ventas se multiplican por diez. Su administración masiva a las vacas de la India le da el apodo “la aspirina del veterinario”. Las vacas absorben rápidamente el diclofenac y lo eliminan de manera similar a los humanos. No se conocen daños en el hígado vacuno causados por la droga. [18]

A partir de 1994 (II)

En la India habitan unos cuarenta millones de individuos de tres especies de buitres del viejo mundo, el buitre dorsiblanco bengalí, el buitre de pico largo y el buitre picofino. Todos ellos comienzan a alimentarse de cadáveres de vacas que recibieron diclofenac poco antes de morir. El diclofenac es metabolizado en el hígado de los buitres, dando lugar a la excreción de metabolitos a través de la bilis y el riñón. Los metabolitos de desecho del diclofenac dañan los riñones de las aves, que debido a la necrosis ya no son capaces de excretar el ácido úrico con la suficiente rapidez. El ácido úrico se acumula en finas capas de cristales blanquecinos en forma de aguja sobre distintos órganos de los buitres y también en su interior. Esta enfermedad se conoce como gota visceral y produce a millones de buitres depresión, somnolencia,

pérdida de peso y finalmente la muerte. Para el año 2000, las tres especies de buitres de la India son declaradas en peligro crítico de extinción. En 2017 la población total en el país es de solamente 19000 buitres, aproximadamente el 0,5% de la población original. Se estima que el porcentaje de cadáveres de vaca con una dosis letal de diclofenac capaz de provocar esta cuasi extinción es de menos del 1%. [19]

A partir de 1994 (III)

Los hinduistas no consumen carne de vaca, mientras que los musulmantes no consumen animales que no hayan sido procesados según la ley islámica. Al desaparecer los buitres, los cadáveres humanos de las torres de silencio de los parsis tardan hasta seis meses en desaparecer. También se acumulan en los siguientes años más de treinta millones de cadáveres de vacas. Algunos son arrojados a los ríos, que se contaminan. La mayoría son dejados a la intemperie, donde los consumen los perros asilvestrados y las ratas, que al no competir con los buitres proliferan. Con ellas proliferan también la rabia y otras enfermedades. La presencia de cinco millones de nuevos perros asilvestrados resulta en más de 38 millones de mordidas adicionales. Las compañías farmacéuticas que venden vacunas contra la rabia ven aumentar bruscamente sus ventas. La disminución de la calidad del agua y el rebrote de la rabia hacen que la mortalidad en las zonas donde desaparecieron los buitres aumente notablemente. Se estima que estos procesos llevan a la pérdida de cientos de miles de vidas humanas. [13]

A partir de 2002

Los parsis piden al centro internacional de aves de presa que aborde la cría de buitres en cautividad, un proceso lento y dificultoso. Cuatro años más tarde, la India prohíbe el uso veterinario del diclofenac. Se promueve como sustituto el meloxicam, que no perjudica la salud de los buitres. Sin embargo, el meloxicam es más caro y parte del diclofenac para uso humano se desvía de forma rutinaria hacia un uso veterinario. Los buitres de la India siguen muriendo a causa del diclofenac. Su población silvestre sigue disminuyendo, aunque más lentamente. [20]

6. Corolario

Noviembre de 2021

Razonan Stuart Kaufmann y Andrea Roli en un café de Venecia que los seres vivos existen en un cierto contexto que les proporciona posibilidades, como colaborar con otro ser vivo o alimentarse de él. La evolución biológica hace efectivas algunas de esas posibilidades, de manera que tanto los seres vivos como su entorno se modifican y dan lugar todo el tiempo a nuevos conjuntos de posibilidades. Este conjunto de posibilidades depende de la historia previa de la biosfera y no puede predecirse matemáticamente. ¿Cuántos usos tiene un destornillador? No sabemos: no podríamos haberlo usado para producir un cortocircuito en el año 1026. No sabemos para qué podría usarse en el año 3026. El futuro no es un teorema. [21]

Agradecimientos

IES es investigador CONICET. LCC e IES son investigadores-docentes de la Universidad de Buenos Aires.

Referencias

1. **van Wyhe J**. (2002) The Complete Work of Charles Darwin Online. .

2. **Morelli F, Kubicka AM, Tryjanowski P, and Nelson E**. (2015) The Vulture in the Sky and the Hominin on the Land: Three Million Years of Human–Vulture Interaction. *Anthrozoös* 28: 449–468 DOI: 10.1080/08927936.2015.1052279.

3. **Rampino MR, and Ambrose SH.** (2000) Volcanic winter in the Garden of Eden: The Toba supereruption and the late Pleistocene human population crash. In *Volcanic Hazards and Disasters in Human Antiquity* Geological Society of America.

4. **Harris M**. (1978) India's sacred cow. *Human Nature* 1: 28–36.

5. **Modi JJ.** (1922) *The religious ceremonies and customs of the Parsees*,. British India Press.

6. **Robinson ES**. (2011) *Shift linguals: cut-up narratives from William S. Burroughs to the present*,. Rodopi, Amsterdam [etc.].

7. **Heynick F**. (2009) The original 'magic bullet' is 100 years old. *Br J Psychiatry* 195: 456–456 DOI: 10.1192/bjp.195.5.456.

8. **Sallmann AR.** (1986) The history of diclofenac. The American Journal of Medicine 80: 29–33 DOI: 10.1016/0002-9343(86)90076-8.

9. **Riess W, Stierlin H, Degen P, Faigle JW, Gerardin A, Moppert J, et al.** (1978) Pharmacokinetics and Metabolism of the Anti-Inflammatory Agent Voltaren. *Scandinavian Journal of Rheumatology* 7: 17–29 DOI: 10.3109/03009747809097212.

10. **Le Guin UK, and Haraway DJ.** L*a teoría de la bolsa de la ficción*,. Rara Avis, Buenos Aires.

11. **Frumkin M**. (1945) The origin of patents. *Journal of the Patent Office Society* 27: 144.

12. **Bagchi AK, Parthasarathi B, and Uttam Kumar B.** (1984) Indian Patents Act and Its Relation to Technological Development in India: A Preliminary Investigation. *Economic and Political Weekly* 19: 287–304.

13. **Frank E, and Sudarshan A.** (2024) The Social Costs of Keystone Species Collapse: Evidence from the Decline of Vultures in India. *American Economic Review* 114: 3007–3040 DOI: 10.1257/aer.20230016.

14. **Calvi P**. (2016) A construção de um leitor democrático de massas. Borges no jornal Crítica de Buenos Aires e na Historia Universal de la Infamia. *Rev. Famecos (Online)* ID25141 DOI: 10.15448/1980-3729.2016.s.25141.

15. **Carson R**. (2002) *Silent spring, 40th anniversary ed*., 1st Mariner Books ed. Houghton Mifflin, Boston.

16. **Imperatives S**. (1987) *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*,. United Nations ; :223.

17. **Lorenz E**. (1972) Predictability: Does the flap of a butterfly's wing in Brazil set off a tornado in Texas?. In.

18. **Yang Y, Liu X, Kong X, Qin Z, Li S, Jiao Z, et al.** (2019) An LC–MS/MS method for the quantification of diclofenac sodium in dairy cow plasma and its application in pharmacokinetics studies. *Biomedical Chromatography* 33: e4520 DOI: 10.1002/bmc.4520.

19. **Shultz S, Baral HS, Charman S, Cunningham AA, Das D, Ghalsasi GR, et al.** (2004) Diclofenac poisoning is widespread in declining vulture populations across the Indian subcontinent. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271 DOI: 10.1098/rsbl.2004.0223.

20. **Nambirajan K, Muralidharan S, Roy AA, and Manonmani S**. (2018) Residues of Diclofenac in Tissues of Vultures in India: A Post-ban Scenario. *Arch Environ Contam Toxicol* 74: 292–297 DOI: 10.1007/s00244-017-0480-z.

21. **Kauffman S, and Roli A**. (2021) The World Is Not a Theorem. Entropy 23: 1467 DOI: 10.3390/e23111467.

QuímicaViva

ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista QuímicaViva

Volumen 25, Número 2, Agosto 2026

ID artículo:E0314

DOI: no disponible

Versión online