



TECNOLOGÍAS COMPASIVAS Y ANIMALES VULNERABLES Herramientas Visuales para un Prioritarismo Moral

JOAQUÍN FERNÁNDEZ-MATEO
joaquin.fernandez@urjc.es
Rey Juan Carlos University, Spain

PALABRAS CLAVE	RESUMEN
Sufrimiento Animal en la Naturaleza Ética Animal Tecnología Visual Ética Aplicada Ética Normativa Vulnerabilidad	<i>Este artículo defiende un bienestarismo negativo moderado y prioritarista para ayudar a los animales salvajes, sosteniendo que el sufrimiento más intenso y evitable merece prioridad moral. Examina cómo las tecnologías visuales emergentes—imagen térmica, drones, visión por computador, realidad aumentada, robótica y sistemas satelitales—permiten intervenciones preventivas y acciones de monitoreo y rescate, reduciendo los daños naturales y antropogénicos que padecen a los animales en la naturaleza. La integración de estas herramientas con principios éticos puede orientar políticas selectivas y empíricamente fundamentadas en Europa, mejorando el bienestar de los individuos más vulnerables sin generar una mayor disrupción ecológica. El artículo concluye que la asistencia tecnológica constituye una ampliación factible y moralmente justificada de nuestros deberes hacia los animales salvajes.</i>

Received: 22/ 10 / 2025

Accepted: 15/ 01 / 2026

1. Razones normativas para ayudar a los animales salvajes

En la teoría ética contemporánea, los intereses de los animales no humanos han dejado de ser una cuestión marginal para convertirse en un eje central del debate (Cochrane, 2018; Horta, 2022; Korsgaard, 2018; Nussbaum, 2023; Sebo, 2025; Singer, 2023). En el centro de ese desarrollo se sitúa la sintiencia como criterio decisivo. La sintiencia se ha vuelto cada vez más accesible a la investigación científica gracias al desarrollo de la ciencia del bienestar animal (Broom, 2014), un ámbito interdisciplinar que integra aportaciones de la neurociencia (Paul et al., 2020) y la etología (Dawkins, 2008). De hecho, un cuerpo creciente de investigaciones empíricas muestra que numerosos organismos presentan tanto los sustratos neurofisiológicos como los indicadores conductuales compatibles con la experiencia subjetiva, incluida la capacidad de experimentar dolor, placer y otras emociones básicas. Los científicos que firmaron la Declaración de Cambridge señalaron la existencia de sustratos neuroanatómicos, neuroquímicos y neurofisiológicos de los estados conscientes, así como la capacidad de mostrar conductas intencionales. En consecuencia, “the weight of evidence indicates that humans are not unique in possessing the neurological substrates that generate consciousness” (Low et al., 2012).

Los utilitaristas clásicos, como Jeremy Bentham y Henry Sidgwick, concebían el placer y el dolor como simétricos en su relevancia moral: “classical value hedonism holds that happiness and suffering are equally important from a moral point of view” (Mayerfeld, 1999, p. 99). En contraste con esa versión simétrica, el welfarismo negativo es la tesis axiológica según la cual la reducción del sufrimiento posee un peso moral mayor que aumentos equivalentes de felicidad o placer. En consecuencia, es moralmente más importante evitar un mal que producir un bien de magnitud similar.

Karl Popper (1962) expresó esta intuición al afirmar que no existe simetría entre sufrimiento y felicidad, o entre dolor y placer: “in my opinion human suffering makes a direct moral appeal, namely, the appeal for help, while there is no similar call to increase the happiness of a man who is doing well anyway” (p. 284). Siguiendo lo que se ha denominado “the Moore-Mayerfeld view” (Hurka, 2010, p. 200), puede concluirse que el dolor constituye un mal moral mayor que el bien representado por el placer. Desde un punto de vista axiológico, esto implica que la eliminación del sufrimiento (o el bienestar negativo) tiene prioridad sobre la promoción del bienestar: “negative value hedonism holds that suffering carries greater moral significance than happiness, so that the alleviation of suffering takes precedence over the promotion of happiness” (Mayerfeld, 1999, p. 99).

Según esta perspectiva, debemos elegir el curso de acción—entre todas las opciones factibles—que conduzca a la mayor reducción del sufrimiento. La promoción del bienestar queda subordinada a la urgencia moral de minimizar el daño, lo cual implica priorizar la asistencia a aquellos seres sintientes más vulnerables. En este sentido, podemos coincidir con Mayerfeld al afirmar que “the suffering of non-human animals carries no less moral weight than the suffering of humans, and that consequently the duty to relieve suffering applies with equal force to both” (p. 117).

Esto no significa ignorar por completo los aspectos positivos del bienestar o la felicidad. Significa que aliviar el sufrimiento tiene prioridad sobre promover el placer cuando tenemos que tomar decisiones sobre la asignación de los recursos disponibles, frecuentemente escasos. Dicho welfarismo no debe dar lugar a razones o interpretaciones extremas, como concluir que el sacrificio de todas las vidas para evitar el sufrimiento futuro es la consecuencia más razonable (Smart, 1958). Se trata, por el contrario, de un *welfarismo negativo moderado* o ponderado: el sufrimiento cuenta más, pero la felicidad también cuenta en alguna medida.

Además de este welfarismo negativo moderado, se incorpora un principio *prioritarista*. Los objetivos del welfarismo negativo podrían limitarse a la minimización total del sufrimiento. Pero con el prioritarismo incluimos una dimensión de justicia: no basta con reducir el sufrimiento en abstracto, sino que es urgente identificar quién sufre más, es decir, no todo sufrimiento importa por igual, sino que *el sufrimiento de quienes están peor debe pesar más*.

Parfit (1991) formuló la Priority View en estos términos: “on the Priority View, benefits to the worse off matter more, but that is only because people are worse off than others. Benefits to them would matter just as much even if there were no others who were better off.” (p. 23). Para Richard Arneson (2022), el utilitarismo estándar “has built into it no special solicitude for the wretched of the Earth, and this is a defect” (p. 2): contaría por igual una mejora de bienestar en alguien ya acomodado que en alguien en situación de extrema miseria, siempre que el incremento fuese el mismo. Pero si adoptamos un prioritarismo moral, cuanto peor es la situación de un individuo, más cuenta moralmente mejorar su bienestar. Esta idea rechaza que la igualdad tenga valor intrínseco en sí y afirma que existe razones

normativas para ayudar urgentemente al peor situado simplemente por su peor estado (no por consideraciones comparativas de justicia abstracta).

Para el igualitarismo, “equality is itself to be preferred—or perhaps, rather, that inequality is itself to be avoided” (Crisp, 2003), pero el foco del prioritarismo reside en el valor de ayudar a quien esté peor, sin comparaciones entre individuos en términos de su desigualdad. En este sentido, este prioritarismo sigue la condición *Pigou-Dalton*: transferir bienestar de alguien mejor a alguien peor, sin otras pérdidas, mejora el estado global. Lo importante no son las brechas existentes sino el beneficio de aquellos que sufren más.

El prioritarismo postula una función de valor cóncava del bienestar: los incrementos de bienestar tienen más valor moral cuanto más bajo es el punto de partida del individuo. En la interpretación de Tännsjö (2015), la tesis utilitarista clásica afirma que “each equally large amount of happiness is equally morally important” (p. 244). Frente a esta visión lineal, el prioritarismo propone una función cóncava: “the lessening of the unhappiness (the suffering) of those who are worse off counts for more than the lessening of the unhappiness (the suffering) of those who are better off” (p. 245). La intensidad de esta prioridad depende de la curvatura de la función, en niveles bajos de bienestar (sufrimiento intenso), la pendiente es muy pronunciada (cada mejora cuenta mucho), pero en niveles altos, la pendiente es más plana (cada mejora cuenta menos).

En resumen, en el utilitarismo clásico cada unidad de bienestar tiene el mismo peso, es decir “according to traditional utilitarianism, given the opportunity of bringing about either outcome, there is no reason to choose one over the other” (Crisp, 2003, p. 746). Pero para el prioritarismo, sacar a alguien del sufrimiento extremo produce un valor moral enorme, mientras que hacer un poco más feliz a alguien que ya se encuentra en una situación de bienestar genera rendimientos decrecientes (pendientes decrecientes, curvas cóncavas), con un valor moral progresivamente menor.

Pongamos un estudio de caso. Podemos pensar en tres tipos de animales que sufren las consecuencias de un incendio. Aquellos Tipo 1 que por su situación no alcanzarán un bienestar positivo, siendo la analgesia y/o la eutanasia las decisiones más adecuadas. Animales de Tipo 2, con sufrimiento severo pero recuperables. Estos animales pueden pasar de un bienestar negativo al positivo después de recibir atención veterinaria, reintroduciéndolos en la naturaleza. Por último, animales Tipo 3, animales vulnerables que requieren una alimentación suplementaria para mejorar su situación, pero con rendimientos decrecientes. Esto significa que las unidades sucesivas aportarán cada vez menos a su bienestar.

Bajo el igualitarismo, se repartirían recursos de forma homogénea entre insalvables, recuperables y no críticos, una mejora proporcional que no optimiza la situación de aquellos con sufrimiento más intenso. Por el contrario, el prioritarismo, al no fijarse en la brecha entre individuos sino en beneficiar al que está peor, concentraría primero recursos de alta intensidad en Tipo 2 (los críticos salvables), aplica cuidados paliativos en Tipo 1, y pospone o reduce el gasto marginal en Tipo 3 (fauna sana con apoyo alimentario) hasta que no queden críticos sin cobertura. El mismo paquete de recursos genera más bienestar ponderado cuando se destina a quienes sufren mucho y pueden cruzar a positivo.

El bienestar de los animales salvajes es un campo emergente que va más allá de la conservación tradicional de especies: se centra en reducir el sufrimiento y promover condiciones de vida positivas para los individuos en la naturaleza (Fernández-Mateo, 2024). En Europa, donde abundan programas de conservación, aún se presta poca atención explícita al bienestar de cada animal salvaje. Sin embargo, avances recientes en tecnologías visuales—alineadas con los criterios normativos mencionados—ofrecen nuevas oportunidades para monitorear y mejorar su bienestar. Por tecnologías visuales entendemos aquellas basadas en la captación y procesamiento de información óptica, como cámaras térmicas infrarrojas, sistemas de visión por computador (incluyendo la inteligencia artificial aplicada a imágenes), drones equipados con sensores visuales, sensores satelitales ópticos de alta resolución e incluso herramientas de realidad aumentada. Estas tecnologías, tanto en su estado actual como en sus desarrollos emergentes, pueden aplicarse en diversos contextos: prevención de daños y monitoreo de la salud de animales, intervenciones de rescate, protección frente a amenazas y mejoras activas del bienestar de la fauna silvestre.

Algunos autores como Horta (2017) argumentan que las vidas de los animales en la naturaleza distan de ser idílicas: están llenas de episodios sufrimiento extremo y terminan a menudo de forma prematura y violenta. De hecho:

since the death of nonhuman animals also involves the deprivation of the goods they might have otherwise enjoyed if they had not died, it seems to follow that death harms them too. Thus, all things being equal, they have an interest in not being harmed, by continuing to live” (Faria, p. 21).

Esto implicaría no solo no infringirles daño sino ayudarles cuando sufren por causas naturales—siempre que esté en nuestra mano y tengamos certeza de que no causaremos un mal mayor.

Esta visión cuestiona la visión idílica de la naturaleza y los valores ecológicos abstractos como la estabilidad, la integridad o la belleza de los ecosistemas (Faria, 2023, p. 106; Palmer, 2013, p. 196-197). De hecho, en la naturaleza, los animales afrontan múltiples fuentes de sufrimiento entrelazadas: lesiones físicas—a menudo graves o fatales—que les llevan indefectiblemente a la muerte después de un sufrimiento extremo; inclemencias meteorológicas—que provocan muertes por frío o calor extremos—incluyendo condiciones subóptimas para individuos; fluctuaciones constantes de alimento y agua; parasitismo y enfermedades, que causan dolor directo y debilitan a los animales incrementando su vulnerabilidad a otras amenazas (Faria, 2023, p. 69-80). Todo ello configura un panorama de bienestar negativo para la fauna silvestre que podría ser remediado mediante una intervención activa mediada por nuevas tecnológicas visuales.

En Europa, donde la legislación y gestión de fauna típicamente se ha enfocado en especies y poblaciones, este cambio de paradigma implicaría incorporar consideraciones de bienestar animal en la toma de decisiones. Bajo una versión moderada del welfarismo negativo, se adoptaría una visión que priorizaría aquellos que están en una situación de sufrimiento intenso (Tipo 2) y que podrían salir de él para entrar en escenarios de bienestar (Tipo 3). De esta forma podemos afirmar que existen razones decisivas “to prevent or reduce the suffering nonhuman animals endure in the wild but also to avoid their deaths whenever we can—with the proviso that they would have lives of positive net value” (p. 33).

A continuación, se investigará cómo las tecnologías visuales actuales y futuras pueden contribuir a este enfoque ético, mejorando el bienestar de animales salvajes en Europa. Se distinguirán tecnologías ya disponibles de aquellas emergentes, y se explorarán sus aplicaciones en: (1) prevención de daños y sufrimiento, (2) monitoreo de la salud y las condiciones de vida, y (3) intervenciones de rescate. Cada sección combinará evidencia de proyectos actuales con análisis de su potencial de desarrollo, apoyándose en referencias académicas y ejemplos prácticos recientes.

2. Prevención de daños y sufrimiento

Una de las formas más directas de mejorar el bienestar de los animales salvajes es evitar que sufran daños, ya sea accidentes, lesiones o muertes prematuras. Las tecnologías visuales actuales han demostrado ser herramientas muy eficaces para prevenir muchas de estas situaciones. Es importante destacar que, en todo momento, seguimos una visión no ideal del problema: el objetivo es reducir daño, no “erradicarlo por completo”. En contextos humanos, no juzgamos “intratables” las campañas de inmunización solo porque no eliminan una dolencia para siempre; lo mismo vale para animales no humanos. Por eso, el baremo pertinente es el valor esperado de la reducción de daños, no la consecución de un ideal perfecto.

2.1 Detección de crías antes de actividades agrícolas.

Cada primavera, miles de crías de corzo y otros cervatillos mueren o resultan mutilados al ser arrollados por segadoras y maquinaria de heno en Europa. Algunos artículos han mostrado la existencia de métodos simples de disuasión (Jarnemo, 2002). Pero recientes estudios han reconocido que los dispositivos acústicos no bastan para evitar la mortalidad durante la siega, recomendando su combinación con otras medidas, como el uso de drones con cámaras térmicas para localizar crías antes del corte (Stehr et al., 2025). El uso de drones equipados con cámaras térmicas puede ser una revolución para el desarrollo de un welfarismo negativo moderado: la termografía aérea es una herramienta eficiente, ética y económicamente viable para la protección de la fauna silvestre (Cukor et al., 2019). Desde una prioritarismo ético, estas tecnologías permiten concentrar los esfuerzos en la prevención del sufrimiento más severo mediante intervenciones selectivas basadas en evidencias.

Estudios recientes sobre la ecología espacial de los cervatillos de corzo han identificado patrones de selección de áreas de descanso que pueden orientar los vuelos de detección: “specific attention should be paid to those parts of the field with particularly dense vegetation, likely far from the woodland edge or road, particularly as hidden fawns in dense vegetation are hard to detect” (Baur et al., 2023, p. 10).

Integrar estos hallazgos científicos con sistemas térmicos de búsqueda aérea permitiría optimizar las operaciones y salvar miles de vidas animales cada temporada. De hecho, diversos proyectos ya han confirmado su utilidad. Alemania fue pionera en probar estos métodos en 2014. Con apoyo gubernamental, se inició un programa piloto para reducir el problema: se estima que unas 100.000 crías mueren cada año en Alemania a causa de las cosechadoras (Agence France-Presse in Berlin, 2014). En Suiza, gracias a estos drones, se ha pasado de cientos de crías muertas anualmente a salvar miles de ellas cada temporada: solo en 2025, equipos con drones térmicos rescataron 6.451 crías de corzo en campos suizos, un récord que superó el año previo (5.159 rescatadas en 2024) (SWI swissinfo.ch, 2025)

2.2 Sistemas de alerta para evitar colisiones con infraestructuras

Las colisiones accidentales causan gran sufrimiento y mortalidad en fauna salvaje, privando a los animales de múltiples experiencias positivas. Dos ámbitos prominentes son los parques eólicos y el tráfico de vehículos. En el caso de los aerogeneradores, si bien proveen energía verde, sus aspas representan un peligro letal para aves y murciélagos: “wind turbine collisions are a leading anthropogenic cause of bat deaths and cause a significant number of bird deaths (600,000 to 949,000 bats and 140,000 to 679,000 birds annually in North America)” (Rethink Priorities, 2022). La técnica de *curtailment*, al impedir que las turbinas giren durante los periodos de baja velocidad del viento—cuando hay alta actividad de murciélagos y baja producción eléctrica—elimina la mayor parte del riesgo sin afectar significativamente la generación de energía. Esto es así porque, cuando el viento sopla más fuerte (por encima de 6–7 m/s), los murciélagos reducen su actividad porque la turbulencia dificulta la caza y el vuelo estable, siendo el riesgo de colisión bajo (Whitby et al., 2024).

Esta técnica podría complementarse con tecnologías visuales innovadoras. Por ejemplo, se han instalado cámaras de alta resolución con visión artificial que vigilan continuamente el cielo alrededor de las turbinas y pueden identificar aves protegidas aproximándose. Sistemas como *IdentiFlight* emplean algoritmos de *machine learning* para reconocer la especie en segundos y ordenar la detención temporal de la turbina, evitando el choque. La tecnología tiene potencial para reducir significativamente las muertes de águilas en parques eólicos, siempre que se optimicen los algoritmos de identificación y la velocidad de reacción de las turbinas (Duerr et al., 2023).

Un welfarismo negativo moderado incidiría en compatibilizar los beneficios económicos generados por las compañías eléctricas en parques eólicos con limitaciones necesarias que mitiguen la mortalidad de aves y murciélagos. Tecnología y ética se combinarían para dar lugar una expansión normativa que incluya permisos eólicos condicionados a la existencia de cláusulas de “bienestar de fauna silvestre”, reportes de mortalidad de animales individuales y auditorías de bienestar. Parte de los beneficios sufragarían la instalación de sistemas visuales/IA para la prevención de colisiones, generándose nuevos sellos o certificados de bienestar de la vida salvaje. Es decir, el paso del *Business Ethics* al *Sentient Business*.

En cuanto a las carreteras, los sistemas anticolidión con fauna basados en visión están en desarrollo. El perfeccionamiento de los sistemas de detección automática—que identifican la presencia de animales en carreteras mediante diferentes algoritmos, emitiendo alertas inmediatas a los conductores o vehículos cercanos—evitarían muchos accidentes (Singh et al., 2025). Esto representa una estrategia tecnológica no invasiva y preventiva, permitiendo la coexistencia entre humanos y fauna mediante una infraestructura inteligente, armonizando las necesidades humanas con el interés de los demás animales.

Finalmente, es previsible que, con la disminución de costes de las estrategias más efectivas de tipo tecnológico—pasos de fauna, sensores infrarrojos, señalización dinámica, reducción de velocidad y sistemas basados en inteligencia artificial y *big data* (Balčiauskas et al., 2025)—, estas alertas visuales se generalicen en las próximas décadas.

2.3 Mitigación de conflictos humano-fauna de forma no letal

Otro ámbito de prevención del sufrimiento es la gestión de conflictos entre intereses humanos y no humanos sin recurrir a métodos letales como la caza de control o el envenenamiento. Aquí, la visión computarizada y la inteligencia artificial ofrecen alternativas compasivas. Un ejemplo concreto son las aves granívoras (como los estorninos) que arrasan sembrados. Hasta ahora, muchos agricultores recurrían a ahuyentadores tradicionales o incluso a matanzas selectivas, algo opuesto a los planteamientos éticos propuestos: “in one year, the USDA’s Wildlife Services culled 1,028,642 European starlings responsible for agricultural crop damage, because other mitigations are ineffective [...]. More effective mitigation measures would hold value and could prevent culls” (Rethink Priorities, 2022). Sin

embargo, recientes artículos describen sistemas que emplean inteligencia artificial para detectar la presencia real de aves y activar estímulos disuasorios solo cuando es necesario (Aman & Wang, 2024; Marcoñ et al., 2021). Esto tendría un enorme valor moral al minimizar el sufrimiento evitable.

El uso de tecnologías visuales no letales puede interpretarse como una aplicación directa de principios welfaristas en entornos rurales. En este caso, tanto las aves afectadas por métodos letales como los agricultores que sufren pérdidas económicas significativas se encuentran en situaciones de desventaja relevante. La implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial, que disuaden sin dañar, satisface el criterio prioritarista de minimizar el bienestar negativo al reducir simultáneamente el sufrimiento animal sin empeorar el bienestar humano. Estas tecnologías no solo ofrecen una respuesta eficaz y preventiva al conflicto humano-fauna, sino que encarnan una forma de justicia compasiva que prioriza a los seres más vulnerables.

3. Monitoreo de la salud y las condiciones de vida

Para mejorar el bienestar de los animales salvajes, es fundamental saber cómo se encuentran, detectar problemas de salud o sufrimiento—muchas veces oculto—y entender el complejo entorno en el que viven—a menudo afectado por infraestructuras humanas. Las tecnologías visuales actuales proporcionan medios no invasivos para monitorear a los animales en su entorno, obteniendo datos antes imposibles de recabar sistemáticamente. A continuación, se discuten avances en el seguimiento visual del estado físico y ambiental de la fauna, que permiten intervenciones tempranas o informan posibles intervenciones de ayuda.

3.1 Detección remota de enfermedades y lesiones

La termografía infrarroja (IRT), basada en la detección de radiación infrarroja emitida por los cuerpos, permite identificar variaciones térmicas asociadas a dolor, estrés, enfermedad, o estados emocionales, sin necesidad de contacto físico. Su carácter no invasivo, rápido y silencioso la convierte en una herramienta especialmente prometedora en contextos donde la intervención humana directa puede generar miedo o sufrimiento adicional (Animal Ethics, 2022). Esta tecnología ofrece tres aplicaciones principales para ayudar a los animales salvajes: localización, diagnóstico de salud y medición del estrés.

En primer lugar, la IRT es crucial para localizar y estimar poblaciones, superando a los métodos tradicionales en hábitats complejos (Prosekov et al. 2020) y siendo especialmente eficaz para detectar animales nocturnos o crípticos, cuyo calor corporal contrasta fuertemente con el ambiente frío de la noche.

En segundo lugar, la tecnología permite la detección no invasiva de enfermedades y lesiones al identificar patrones térmicos anómalos, como la inflamación (calor localizado) o la fiebre. Estudios específicos han utilizado la IRT para evaluar la pérdida de calor por sarna en lobos (Cross et al., 2016) o diagnosticar hipotermia en erizos (South et al., 2020).

Finalmente, la IRT se emplea para medir el estrés, ya que la respuesta fisiológica de "lucha o huida" provoca vasoconstricción y un enfriamiento detectable en regiones como la ocular o la nasal, como se ha observado en chimpancés (Dezecache et al., 2017).

Estas capacidades de detección se traducen en ayudas prácticas directas para mitigar tanto los daños naturales como los antropogénicos (Fernández-Mateo, 2024). En el caso de desastres naturales, los drones equipados con IRT ya se utilizan "to find animals trapped or stranded due to natural disasters, such as flood, fire, drought, earthquake and volcanic eruption, in the same way that these systems are now being used to detect humans in similar situations" (Animal Ethics, 2022, p. 32). Respecto a los daños antropogénicos—por ejemplo, los producidos en actividades agrícolas—la IRT es fundamental para salvar la vida de animales crípticos: permite a los drones detectar nidos de aves en el suelo (Israel & Reinhard, 2017), o el ya mencionado ejemplo de los cervatillos escondidos en la vegetación antes de que la maquinaria agrícola los hiera (Cukor et al., 2019).

3.2. Vigilancia de condiciones ambientales críticas

La crisis climática es reconocida como una amenaza sin precedentes, respaldada por innumerables informes de expertos e instituciones internacionales (Ripple et al., 2025). Los informes del IPCC de Naciones Unidas, las declaraciones presentadas en las sucesivas COP y las resoluciones aprobadas en la Asamblea de Naciones Unidas identifican la crisis medioambiental como un riesgo para todos los seres sintientes. La degradación de hábitats, el aumento de las temperaturas y la frecuencia de incendios

forestales generan sufrimiento masivo en la fauna, provocando lesiones, desnutrición y mortalidad en especies e individuos vulnerables. Frente a ello, las tecnologías visuales emergen como herramientas clave para monitorear a gran escala los hábitats, detectando escenarios potencialmente dañinos para la fauna.

Las tecnologías satelitales ofrecen un medio eficaz para monitorear las funciones ecosistémicas y detectar alteraciones funcionales a gran escala (Pettorelli et al., 2018). En particular, los índices de vegetación derivados de teledetección permiten evaluar de manera continua la cobertura y productividad vegetal, estrechamente vinculadas a los servicios ecosistémicos que sustentan la fauna. La integración de datos ópticos multiespectrales del programa Sentinel-2 de la ESA ha posibilitado el seguimiento detallado de la dinámica de la vegetación y de los episodios de sequía en pastizales europeos, proporcionando una herramienta clave para analizar los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos (Kowalski et al., 2023). Estos indicadores de vegetación, obtenidos mediante observación remota, permiten inferir con alta precisión la disponibilidad de alimento para herbívoros y otros consumidores primarios (Zuleger et al., 2025). De este modo, los organismos europeos pueden identificar tempranamente, vía satélite, regiones donde la sequía extrema ha reducido el pasto en parques naturales, anticipando posibles hambrunas de fauna salvaje. Esta información abre la puerta a intervenciones focalizadas, como el suministro de forraje de emergencia o el traslado temporal de animales a áreas más productivas, con el fin de prevenir muertes masivas por inanición y mejorar el bienestar de los individuos afectados.

La teledetección térmica desde satélites y aeronaves permite detectar incendios forestales incipientes con alta sensibilidad. Vigilar simultáneamente la temperatura superficial y la humedad del combustible mediante satélites permite identificar con antelación las condiciones más propicias para incendios intensos y prolongados, ofreciendo una herramienta práctica para la gestión y respuesta temprana ante incendios forestales (Maffei et al., 2021). La prevención y el control de incendios se ha orientado principalmente a proteger personas y ecosistemas, pero, desde nuestro enfoque, el sufrimiento extremo que provocan los incendios de nueva generación nos llevaría a detectar fuegos de forma temprana con la finalidad de evacuar a la fauna de áreas críticas (Fernández-Mateo, 2024).

El uso de drones equipados con cámaras térmicas constituye “the second most common practice for wildlife protection” (Ivanova et al., 2022, p. 10), facilitando operaciones rápidas tanto de rescate como de disuasión. Por ejemplo, pueden emplearse altavoces acoplados para emitir sonidos que ahuyenten a la fauna y la dirijan lejos de las zonas afectadas por el fuego. La termografía montada en drones ha demostrado ser capaz de detectar fuentes de calor de origen biológico incluso bajo cobertura vegetal densa, en condiciones de visibilidad reducida o en terrenos inaccesibles. El estudio de Rietz et al. (2023), muestra como las cámaras térmicas montadas en drones pueden localizar tanto animales vivos como cadáveres, según el momento del proceso biológico: los vivos por su metabolismo, y los muertos por el calor generado en la descomposición. De esta forma, tras un incendio o desastre natural, las diferencias térmicas pueden revelar la presencia de animales—vivos o muertos—que serían imposibles de identificar visualmente. Por último, un ejemplo difundido por medios es el de Doug Thron, un piloto de dron que colabora en desastres globales: usando un dron con una cámara térmica sobrevuela áreas arrasadas por huracanes o incendios, detectando animales heridos o aislados—desde mascotas bajo escombros hasta koalas encaramados a árboles quemados (Curiosity Stream, 2021; Reuters, 2021).

4. Intervenciones de rescate

A pesar de los esfuerzos de prevención, muchos animales salvajes enfrentan situaciones de peligro inmediato o sufrimiento extremo donde la intervención de rescate es necesaria. Inundaciones (Vidal, 2014), incendios (Boffey, 2025), episodios de frío o calor extremos (Carrington, 2025), derrames contaminantes (Vinter et al., 2025), e incluso eventos naturales como caídas en barrancos, generan emergencias para la fauna.

Tradicionalmente, el rescate de fauna salvaje ha sido limitado y artesanal—a menudo ejecutado por voluntarios o instituciones locales con recursos escasos. Sin embargo, las tecnologías visuales más innovadoras están multiplicando la eficacia y alcance de estos rescates, permitiendo salvar más vidas animales en situaciones críticas. Como hemos mencionado, los drones equipados con cámaras térmicas se han convertido en valiosos aliados para localizar animales supervivientes después de desastres naturales. En incendios forestales, por ejemplo, una vez controladas las llamas, los equipos de rescate pueden desplegar drones sobre las áreas quemadas.

4.1 Equipos de realidad aumentada para rescatistas

La realidad aumentada (RA), que combina información digital superpuesta al mundo real, está comenzando a ayudar a quienes realizan rescates de animales. En incendios, los rescatistas podrían usar gafas RA con cámaras térmicas integradas para localizar animales vivos entre el humo o bajo vegetación sin necesidad de mirar pantallas separadas, es decir, sin perder tiempo mirando aparte la pantalla del dron. El diseño de una interfaz modular para pantallas de RA—por ejemplo, el módulo de aprendizaje automático denominado *Robust Vision Module*, que detecta objetos relevantes en un escenario de rescate (Oregui et al., 2024)—, podría adaptarse con *datasets* de imágenes térmicas de fauna, permitiendo identificar animales como zorros, ciervos o grandes aves. Los sistemas aéreos no tripulados (UAVs) equipados con inteligencia artificial y sensores térmicos o multispectrales (Boroujeni et al., 2024) podrían emplearse para detectar fauna sobreviviente, evaluar hábitats destruidos y monitorizar desplazamientos de especies en áreas afectadas.

En el contexto post-incendio, las herramientas descritas permiten cartografiar zonas seguras, identificar fuentes de agua y refugio, y coordinar operaciones de rescate con mínima intrusión humana. La RA puede mostrar rutas seguras mientras se accede hasta donde está el animal herido. Tradicionalmente, los equipos rescatadores y sus organizaciones de apoyo que trabajan en remoto (en zonas seguras), han dependido de las comunicaciones por radio para intercambiar información (como la geolocalización de las víctimas, las zonas peligrosas y los puntos de interés). Sin embargo, las comunicaciones por radio carecen de visualización de la información, sufren interferencias y requieren un esfuerzo para interpretar la información que a veces lleva a confusiones. El sistema VizCom-AR (Nalamothu, et al., 2024) utiliza RA para mostrar en el campo visual de los rescatistas información procedente de los drones operados a distancia—como mapas térmicos, obstáculos, zonas de peligro o rutas seguras—de modo que puedan orientarse y tomar decisiones sin apartar la vista del entorno físico.

4.2. Rescate y atención veterinaria asistida por visión

El uso de drones con tecnología visual puede ser determinante en los rescates. Numerosos ejemplos concretos apuntan a un cambio cualitativo: el rescate de fauna salvaje deja de ser cuestión de suerte o instinto para convertirse en una labor profesional apoyada por datos visuales que nos ofrecen mayor precisión, velocidad y alcance. En términos operativos, “Remotely piloted aircraft-derived data were more accurate and more precise than the traditional data collection method, validating claims that RPA are a highly beneficial tool” (Hodgson et al., 2018, p. 1164).

Todos estos usos de la tecnología están acompañados por casos efectivos reales. En el Reino Unido, distintas unidades de policía rural utilizaron drones equipados con cámara térmica para localizar a un grupo de cazadores furtivos de ciervos en Nottinghamshire (Reino Unido) (The Newsroom, 2018). En costas del Atlántico/Norte de Europa, la fotogrametría con drones es una herramienta clave para monitorear la salud y conservación de grandes cetáceos sin interferir en su comportamiento (Napoli et al., 2024) y en Francia, las autoridades usaron un dron equipado con altavoces que reproducían vocalizaciones de orcas para guiar a una orca enferma que había quedado atrapada en el Sena tras desviarse de mar adentro. La operación, coordinada por expertos en mamíferos marinos, buscaba evitar métodos invasivos y proteger tanto al animal como a los rescatistas (Reuters, 2022).

La telemedicina veterinaria (Abu-Seida et al., 2024) ya se usa para guiar decisiones a distancia y mejorar el bienestar animal en escenarios de intervención rápida, por ejemplo, a través de videollamadas. Biólogos y veterinarios suelen usar proyectores de dardos para sedar o tratar animales, pero las armas de aire o de fuego pueden causar lesiones graves si la energía del disparo es demasiado alta. Pero la innovación tecnológica es capaz de aumentar la precisión y la seguridad de los sistemas de teleinyección: mediante un lanzador electromagnético controlado por sensores LiDAR, podemos ajustar la fuerza del disparo según la distancia, reduciendo el riesgo de herir a los animales durante procedimientos de rescate, tratamiento o investigación (LaRocco et al., 2024). Este sistema, combinado con dardos blandos y microagujas que liberan medicamentos, podría revolucionar la atención veterinaria en campo, haciendo las intervenciones más compasivas y efectivas. En operaciones de inmovilización, ópticas nocturnas-térmicas y visores con salida de vídeo—que transmiten en tiempo real la imagen a un móvil/tableta, de modo que un veterinario remoto valide la identificación—ayudan a identificar al individuo correcto y a disparar el dardo en la postura adecuada—los manuales estándar de inmovilización recomiendan impactar grandes masas musculares y evitar cabeza/abdomen—

reduciendo intentos fallidos y, por tanto, el sufrimiento por persecución o estrés (Wild Wonderful World, 2022)

Las tecnologías de reconocimiento visual están en permanente progreso y evolución, pero también tienen una huella ecológica que hay que minimizar—desde su proceso de construcción con materiales contaminantes hasta su funcionamiento en términos de electricidad. La construcción de drones más innovadores—con futuros materiales biodegradables—debe equilibrarse con sus evidentes beneficios pues “drone ecology has clearly provided insights that otherwise would not have been possible or that could not have been achieved as effectively or efficiently” (Anderson et al., 2025, p. 675).

Desde un welfarismo negativo prioritarista, cada animal salvaje rescatado de una muerte agónica o de un padecimiento intenso es un fin valioso en sí mismo. Si bien no se pueden salvar a todos los individuos que sufren en la naturaleza, estas historias de rescate muestran que sí podemos auxiliar a muchos con las herramientas adecuadas.

Además, estos esfuerzos generan un efecto educativo y simbólico: la sociedad percibe que los animales salvajes importan moralmente y que sus instituciones se preocupan también por un ciervo herido o un zorro atrapado, no solo por mascotas o especies en peligro mediáticas. Esto amplía nuestro círculo moral y crea mayor apoyo ciudadano para políticas de bienestar de fauna.

5. Tecnologías emergentes y futuras perspectivas

Al considerar el futuro, es evidente que muchas de las tecnologías discutidas seguirán evolucionando y nuevas herramientas visuales aparecerán, ampliando aún más las posibilidades de mejorar el bienestar animal reduciendo su bienestar negativo.

5.1. Inteligencia artificial más avanzada y ubicua

En pocos años, podríamos tener “guardianes virtuales” en cada bosque: redes de cámaras y micrófonos alimentadas por IA que no solo detecten amenazas, sino que evalúen continuamente el estado de los animales. Por ejemplo, podrían “observar” si un animal cojea, si una madre ha perdido a su cría, si hay menos crías de lo esperado en una temporada—señal de problemas reproductivos—y alertar a los nuevos biólogos del bienestar.

Un punto crucial señalado por los investigadores es asegurar que estas aplicaciones de IA prioricen el bienestar animal deliberadamente, y no únicamente otros objetivos que no estén alineados con él (Fai Tse et al., 2025). Es decir, a medida que las administraciones integren IA en gestión de fauna, debe diseñarse una clara axiología que priorice el sufrimiento animal, para que no se use con fines no bienestaristas, como maximizar población sin valorar sus intereses. Es decir, usar métodos alternativos—transporte a zonas seguras, contracepción—en lugar del sacrificio cuando se detecte, por ejemplo, sobrepoblación (Horta & Rozas, 2025).

5.2. Realidad aumentada y virtual para educación y cohabitación pacífica

El uso ético de la tecnología puede mejorar el bienestar animal al cambiar actitudes humanas. Por ejemplo, los usos de la realidad virtual (VR) podrían aumentar la empatía al permitir a los ciudadanos “experimentar” la vida de un animal salvaje. Adoptar la perspectiva de los animales mediante *Immersive Virtual Environments* (IVEs) “offer a wider array of sensory information than video, allowing users to see, hear, and feel environmental damage, participants perceived greater spatial presence and felt that their experiences as an animal were more genuine” (Ahn et al., 2016, p. 411).

No podemos obviar los usos de la tecnología en las campañas de concienciación sobre la explotación animal. Por ejemplo, la serie “iAnimal” de la organización *Animal Equality*, una experiencia de VR 360° que sitúa al espectador en la perspectiva de un animal dentro de una granja industrial o un matadero. El análisis de estas herramientas confirma el potencial de la VR “to immerse the viewer in an embodied experience, the particular relevance for animal advocacy films is the potential to experience empathy with the animal subjects, to witness, and even to identify with them as they become victims of institutionalized violence” (Cecil, 2021, p. 50). De esta forma, la VR puede desafiar la disociación que los consumidores tienen con el consumo de alimentos de origen animal.

Por último, el argumento de que la RA puede reducir la perturbación de la fauna real es un tema central en el debate sobre el *Virtual Wildlife Tourism* (VWT). Los académicos postulan que el VWT (usando RA o RV) puede ser una forma de ecoturismo éticamente superior, ya que elimina la perturbación física del hábitat y el estrés animal inherente al turismo de observación tradicional (Burns & Cowell, 2023).

5.3. Automatización y robótica

Junto a la visión, la robótica permitirá actuar sin esperar intervención humana directa. Imaginemos drones autónomos de rescate estacionados en puntos estratégicos que, al detectar un animal en riesgo—por las cámaras fijas o satélites—despegan por sí solos y acuden a disuadir un peligro o llevar suministros de emergencia mientras los equipos humanos llegan. También pequeños robots terrestres con visión pueden ayudar a fauna herida recreando los movimientos naturales de especies locales, como hicieron los robots con forma de cocodrilo y lagarto en los experimentos de Melo et al. (2023). Estos robots biomiméticos no solo se integran mejor en los ecosistemas, evitando el estrés animal, sino que además pueden acercarse lo suficiente para registrar datos fisiológicos, tomar imágenes o administrar tratamientos sin contacto humano directo. La experiencia africana demuestra que la biomimética y la autonomía colaborativa entre robots y sensores remotos pueden transformar la conservación, convirtiendo la tecnología en una extensión del trabajo ecológico y no en una intrusión artificial.

5.4. Integración de datos globales

En el futuro, todos estos sensores digitales formarán un sistema integrado de información de fauna. Con algoritmos de *Big Data* y visualización, los gestores tendrán paneles donde ver, casi en tiempo real, indicadores de bienestar de múltiples poblaciones.

Por ejemplo, podrían mostrarse indicadores como “temperatura superficial media en colonias de murciélagos (estimada por termografía infrarroja de cámaras térmicas)” o “número de crías detectadas nocturnamente en una colonia Y (a partir de dron térmico)”, ambos ya explorados metodológicamente: la termografía se ha usado para censar y caracterizar colonias de quirópteros y como indicador no invasivo de salud/estrés (Hristov et al., 2008), y el dron térmico se ha aplicado para cuantificar crías de *Pteropus* (Meade et al., 2025). Del mismo modo, un “índice de robustez” para corzos en una reserva podría derivarse por fotogrametría con dron—medidas y condición corporal—una línea ya validada en grandes mamíferos (Berger, 2012).

La Unión Europea está sentando las bases para integrar estos flujos: *Copernicus Land Monitoring Service* publica series anuales de fenología y productividad de alta resolución (Copernicus Land Monitoring Service, 2025). El *High-Resolution Vegetation Phenology and Productivity* (HR-VPP) es un conjunto de capas de datos que derivan de imágenes de los satélites Sentinel-2 del programa Copernicus. El bienestar de los animales salvajes depende en gran medida de la disponibilidad, calidad y estacionalidad del hábitat, sobre todo de los recursos vegetales: alimento, refugio, sombra y microclimas. El HR-VPP mide precisamente eso, la fenología—cuándo brota, florece o se seca la vegetación—y la productividad—cuánta biomasa o energía produce un área en una estación determinada. Si esos datos se correlacionan con poblaciones de herbívoros, polinizadores o especies dependientes del bosque, pueden predecirse épocas de estrés ecológico—por ejemplo, falta de pasto, sobrecalentamiento o pérdida de refugios—que son indicadores de sufrimiento o riesgo de mortalidad.

El proyecto *Destination Earth* (DestinE), impulsado por la Comisión Europea (European Commission, 2025), constituye un paso decisivo hacia una inteligencia planetaria capaz de simular, monitorizar y anticipar las interacciones entre los sistemas naturales y las actividades humanas. A través de sus “gemelos digitales” del clima, la biodiversidad y los ecosistemas, esta infraestructura combina observaciones satelitales, modelización de alta resolución e inteligencia artificial para ofrecer escenarios predictivos sobre los impactos ambientales. En este contexto, la integración de variables biológicas y ecológicas abre la posibilidad de crear “indicadores dinámicos de bienestar animal”, especialmente para la fauna afectada por incendios, sequías o cambios en la productividad vegetal. Si se vinculan los datos de productividad y fenología del programa Copernicus (HR-VPP) con los modelos de simulación de DestinE, podrían desarrollarse mapas de vulnerabilidad y resiliencia que permitan anticipar episodios de sufrimiento o escasez en poblaciones de herbívoros, aves migratorias o especies amenazadas. De este modo, Europa no solo avanzaría en la gestión climática y territorial, sino también en una nueva forma de gobernanza compasiva del mundo vivo, donde los datos digitales y el welfarismo compasivo convergen para proteger la vida salvaje en un planeta en transformación.

6. Conclusión

Un welfarismo negativo moderado y prioritarista afirma que tenemos razones decisivas para usar la tecnología responsablemente cuando el balance esperado sea claramente positivo para el bienestar animal: con supervisión científica, colaboración multisectorial y transparencia. A nivel de políticas

europas, sería beneficioso crear marcos que faciliten la intervención controlada (proyectos piloto internacionales) y compartan las mejores prácticas entre países. También actualizar la formación de gestores de vida silvestre para que incorporen conocimientos tanto a nivel normativo como de uso de la tecnología—por ejemplo, cursos para guardaparques en manejo de drones, o para veterinarios de fauna en telemetría, especificándose cómo se atenderá a la fauna salvaje vulnerable. La visión a largo plazo incorporaría formalmente el bienestar de animales salvajes en las estrategias de bienestar animal, ampliando el círculo de la preocupación moral más allá de los animales de compañía.

Es cierto que son muchas las necesidades y escasos los recursos. Pero un welfarismo negativo moderado afirma que muchos recursos empleados en la búsqueda del bienestar humano no añaden una unidad más de felicidad, sufriendo de la ley de rendimientos decrecientes del bienestar. Por el contrario, la lucha contra el sufrimiento evitable debe ser el objetivo prioritario de las instituciones: el sufrimiento es objetivamente malo, mientras la felicidad, subjetiva y variable, importa, pero no es un criterio sólido para diseñar políticas. Si adoptamos que el sufrimiento importa independiente de la especie, y que ciertos individuos están en una situación significativamente peor, algunos recursos que generan curvas decrecientes de valor moral—una unidad adicional no implica una diferencia significativa de bienestar—podrían destinarse a priorizar a los más vulnerables. Además, muchas tecnologías nacieron de usos humanos—drones de rescate en protección civil, IA de seguridad—y se adaptan a las situaciones descritas en este artículo con coste marginal en comparación con el gasto global. Igual que un dron térmico puede servir para buscar personas extraviadas puede utilizarse para ayudar a los demás animales.

En conclusión, las tecnologías visuales emergentes describen una posibilidad real para reducir significativamente las formas de sufrimiento en la naturaleza que hoy damos por inevitables, mejorando el bienestar de los animales salvajes. Uniendo innovación tecnológica con un marco normativo justificado, Europa tiene la oportunidad de liderar una relación con la fauna basada en la convivencia compasiva. Por supuesto, siempre habrá limitaciones prácticas, pero entre la inacción total y la intervención total hay un vasto espacio para mejoras graduales e incrementales. La próxima década traerá avances que hoy apenas vislumbramos, con la IA y la robótica visual jugando roles centrales. La clave será asegurar que los usos de la tecnología estén sometidos a claros principios normativos, incrementando el número de individuos presentes en las curvas de bienestar positivo.

7. Reconocimientos

Este artículo ha recibido financiación del Programa “Impulso a la investigación de la Universidad Rey Juan Carlos”, y se ha realizado dentro del Proyecto titulado “El vínculo entre sostenibilidad, derechos humanos y vulnerabilidad en la sociedad internacional: sustrato filosófico, contenidos políticos y aplicación normativa” (VULNESOSTE), del cual soy Investigador Principal. Se trata de un proyecto competitivo de la línea de doctores emergentes dentro del convenio entre la Comunidad de Madrid y la Universidad Rey Juan Carlos para el fomento de la investigación y la transferencia de tecnología (2023-2026), con referencia externa: 2024/SOLCON-132182, y referencia interna: AR066.

Además, este artículo se enmarca en la línea de actividades investigadoras abiertas por el proyecto “Environmental Practice and Wild Animal Ethics in the Context of the Climate Crisis: A Longtermist Approach”, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, Agencia Estatal de Investigación, referencia PID2022-142980NB-I00/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE., del cual soy miembro del equipo.

Referencias

- Abu-Seida, A. M., Abdulkarim, A., & Hassan, M. H. (2024). Veterinary telemedicine: A new era for animal welfare. *Open veterinary journal*, 14(4), 952. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i4.2>
- Agence France-Presse in Berlin. (2014, April 25). *Germany deploys drones to protect young deer from combine harvesters*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2014/apr/25/german-drones-protect-young-deer-combine-harvesters>
- Ahn, S. J., Bostick, J., Ogle, E., Nowak, K. L., McGillicuddy, K. T., & Bailenson, J. N. (2016). Experiencing nature: Embodying animals in immersive virtual environments increases inclusion of nature in self and involvement with nature. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 21(6), 399-419. <https://doi.org/10.1111/jcc4.12173>
- Aman, E., & Wang, H. C. (2024). A deep learning-based embedded system for pest bird sound detection and proximity estimation. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 9(1), 53-59. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2024.9.1.3150>
- Anderson, K., Gonzalez, F., & Gaston, K. J. (2025). Drones in ecology: ten years back and forth. *Bioscience*, 75(8), 664–680. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaf069>
- Animal Ethics. (2022). How thermal imaging can help animals: A review. *Animal Ethics*. <https://www.animal-ethics.org/wp-content/uploads/Thermal-Imaging-Help-Animals-Review.pdf>
- Arneson, R. (2015). *Prioritarianism*. Cambridge University Press.
- Balčiauskas, L., Kučas, A., & Balčiauskienė, L. (2025). A Review of Wildlife–Vehicle Collisions: A Multidisciplinary Path to Sustainable Transportation and Wildlife Protection. *Sustainability*, 17(10), 4644. <https://doi.org/10.3390/su17104644>
- Baur, S., Kauffert, J., Hewison, A. M., Reinermann, S., König, A., Menzel, A., & Peters, W. (2023). Spatial scaling in bed-site selection by roe deer fawns: Implications for mitigating neonatal mortality during mowing. *Ecology and Evolution*, 13(11), e10729. <https://doi.org/10.1002/ece3.10729>
- Berger, J. (2012). Estimation of body-size traits by photogrammetry in large mammals to inform conservation. *Conservation Biology*, 26(5), 769-777. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01896.x>
- Boffey, D. (2025, August 22). *EU wildfires worst on record as burning season continues*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2025/aug/22/eu-wildfires-worst-year-on-record-as-season-continues>
- Boroujeni, S. P. H., Razi, A., Khoshdel, S., Afghah, F., Coen, J. L., O'Neill, L., ... & Vamvoudakis, K. G. (2024). A comprehensive survey of research towards AI-enabled unmanned aerial systems in pre-, active-, and post-wildfire management. *Information Fusion*, 108, 102369. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102369>
- Broom, D. M. (2014). *Sentience and animal welfare*. Cabi.
- Burns, G. L., & Benz-Schwarzburg, J. (2024). Virtual wildlife tourism: an ideal form of ecotourism?. *Journal of Ecotourism*, 23(3), 260-276. <https://doi.org/10.1080/14724049.2023.2175835>
- Carrington, D. (2025, August 14). *'No country is safe': Deadly Nordic heatwave supercharged by climate crisis*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2025/aug/14/nordic-heatwave-climate-crisis-sweden-norway-finland>
- Cecil, H. (2021). The iAnimal Film Series: Activating Empathy Through Virtual Reality. *Screen Bodies*, 6(1), 44-61. <https://doi.org/10.3167/screen.2021.060105>
- Cochrane, A. (2018). *Sentientist politics: A theory of global inter-species justice*. Oxford University Press.
- Copernicus Land Monitoring Service. (2025, October 13). *High-Resolution Phenology and Productivity releases annual product update*. European Environment Agency. <https://land.copernicus.eu/en/news/high-resolution-phenology-and-productivity-annual-product-update>
- Crisp, R. (2003). "Equality, Priority, and Compassion." *Ethics*, 113(4): 745-763. <https://doi.org/10.1086/373954>
- Cross, P. C., Almberg, E. S., Haase, C. G., Hudson, P. J., Maloney, S. K., Metz, M. C., ... & Smith, D. W. (2016). Energetic costs of mange in wolves estimated from infrared thermography. *Ecology*, 97(8), 1938-1948. <https://doi.org/10.1890/15-1346.1>
- Cukor, J., Bartoška, J., Rohla, J., Sova, J., & Machálek, A. (2019). Use of aerial thermography to reduce mortality of roe deer fawns before harvest. *PeerJ*, 7, e6923. <https://doi.org/10.7717/peerj.6923>

- Curiosity Stream. (2021). *Doug to the Rescue* [Documentary series]. CuriosityStream. <https://curiositystream.com/dougtotherescue>
- Dawkins, M. S. (2008). The science of animal suffering. *Ethology*, 114(10), 937-945. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2008.01557.x>
- Dezecache, G., Zuberbühler, K., Davila-Ross, M., & Dahl, C. D. (2017). Skin temperature changes in wild chimpanzees upon hearing vocalizations of conspecifics. *Royal Society open science*, 4(1), 160816. <https://doi.org/10.1098/rsos.160816>
- Duerr, A. E., Parsons, A. E., Nagy, L. R., Kuehn, M. J., & Bloom, P. H. (2023). Effectiveness of an artificial intelligence-based system to curtail wind turbines to reduce eagle collisions. *PLoS One*, 18(1), e0278754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278754>
- European Commission. (2025, June 30). *Destination Earth (DestinE) – Digital model of the Earth*. Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>
- Fai Tse, Y., Moret, A., Ziesche, S., & Singer, P. (2025). AI Alignment: The Case for Including Animals. *Philosophy & Technology*, 38(4), 139. <https://doi.org/10.1007/s13347-025-00979-1>
- Fernández-Mateo, J. (2024). Toward Ethical Intervention in the Anthropocene: Saving Animals from Wildfires. *Journal of Posthuman Studies*, 8(2), 265-284. <https://doi.org/10.5325/jpoststud.8.2.0265>
- Hodgson, J. C., Mott, R., Baylis, S. M., Pham, T. T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A. D., ... & Koh, L. P. (2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(5), 1160-1167. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12974>
- Horta, O. (2017). Animal suffering in nature: The case for intervention. *Environmental Ethics*, 39, 261-279. <https://doi.org/10.5840/enviroethics201739320>
- Horta, O. (2022). *Making a stand for animals*. Routledge.
- Horta, O., & Rozas, M. (2025). Animals and Longtermism. *World Futures*, 81(2), 85-95. <https://doi.org/10.1080/02604027.2024.2424711>
- Hristov, N. I., Betke, M., & Kunz, T. H. (2008). Applications of thermal infrared imaging for research in aeroecology. *Integrative and Comparative Biology*, 48(1), 50-59. <https://doi.org/10.1093/icb/icn053>
- Hurka, T. (2010). Asymmetries in value. *Noûs*, 199-223. <https://www.jstor.org/stable/40660512>
- Israel, M. & Reinhard, A. (2017). Detecting nests of lapwing birds with the aid of a small unmanned aerial vehicle with thermal camera. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 1199-1207. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2017.7991393>
- Ivanova, S., Prosekov, A., & Kaledin, A. (2022). A survey on monitoring of wild animals during fires using drones. *Fire*, 5(3), 60. <https://doi.org/10.3390/fire5030060>
- Jarnemo, A. (2002). Roe deer *Capreolus capreolus* fawns and mowing-mortality rates and countermeasures. *Wildlife Biology*, 8(3), 211-218. <https://doi.org/10.2981/wlb.2002.035>
- Korsgaard, C. M. (2018). *Fellow creatures: Our obligations to the other animals*. Oxford University Press.
- Kowalski, K., Okujeni, A., & Hostert, P. (2023). A generalized framework for drought monitoring across Central European grassland gradients with Sentinel-2 time series. *Remote Sensing of Environment*, 286, 113449. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113449>
- LaRocco, J., Tahmina, Q., & Simonis, J. (2024). Evaluating a Controlled Electromagnetic Launcher for Safe Remote Drug Delivery. *Technologies*, 12(5), 69. <https://doi.org/10.3390/technologies12050069>
- Low, P., Panksepp, J., Reiss, D., Edelman, D., Van Swinderen, B., & Koch, C. (2012, July). The Cambridge declaration on consciousness. In *Francis Crick memorial conference* (Vol. 7). England: Cambridge.
- Maffei, C., Lindenbergh, R., & Menenti, M. (2021). Combining multi-spectral and thermal remote sensing to predict forest fire characteristics. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 181, 400-412. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.09.016>
- Marcoň, P., Janoušek, J., Pokorný, J., Novotný, J., Hutová, E. V., Širůčková, A., ... & Gescheidtová, E. (2021). A system using artificial intelligence to detect and scare bird flocks in the protection of ripening fruit. *Sensors*, 21(12), 4244. <https://doi.org/10.3390/s21124244>
- Mayerfeld, J. (1999). *Suffering and moral responsibility*. Oxford University Press, USA.
- Meade, J., McCarthy, E. D., Yabsley, S. H., Grady, S. C., Martin, J. M., & Welbergen, J. A. (2025). Using Night-Time Drone-Acquired Thermal Imagery to Monitor Flying-Fox Productivity—A Proof of Concept. *Remote Sensing*, 17(3), 518. <https://doi.org/10.3390/rs17030518>

- Melo, K., Horvat, T., & Ijspeert, A. J. (2023). Animal robots in the African wilderness: Lessons learned and outlook for field robotics. *Science Robotics*, 8(85), eadd8662. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.add8662>
- Nalamothu, R., Sontha, P., Karravula, J., & Agrawal, A. (2024, November). Leveraging augmented reality for improved situational awareness during UAV-driven search and rescue missions. In *2024 IEEE International Symposium on Safety Security Rescue Robotics (SSRR)* (pp. 221-228). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SSRR62954.2024.10770051>
- Napoli, C., Hirtle, N., Stepanuk, J., Christiansen, F., Heywood, E. I., Grove, T. J., ... & Thorne, L. H. (2024). Drone-based photogrammetry reveals differences in humpback whale body condition and mass across North Atlantic foraging grounds. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1336455. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1336455>
- Nussbaum, M. C. (2023). *Justice for animals: Our collective responsibility*. Simon and Schuster.
- Oregui, X., Fernández García, A., Azpiroz, I., Larraga-García, B., Ruiz, V., García Olaizola, I., & Gutiérrez, Á. (2024). Augmented reality interface for adverse-visibility conditions validated by first responders in rescue training scenarios. *Electronics*, 13(18), 3739. <https://doi.org/10.3390/electronics13183739>
- Palmer, C. (2013). Contested frameworks in environmental ethics. In *Linking Ecology and Ethics for a Changing World: Values, Philosophy, and Action* (pp. 191-206). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Parfit, D. (1991). *Equality and priority. The Lindley Lecture*. University of Kansas.
- Paul, E. S., Sher, S., Tamietto, M., Winkielman, P., & Mendl, M. T. (2020). Towards a comparative science of emotion: Affect and consciousness in humans and animals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 108, 749-770. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.11.014>
- Pettorelli, N., Schulte to Bühne, H., Tulloch, A., Dubois, G., Macinnis-Ng, C., Queirós, A. M., ... & Nicholson, E. (2018). Satellite remote sensing of ecosystem functions: opportunities, challenges and way forward. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4(2), 71-93. <https://doi.org/10.1002/rse2.59>
- Popper, K. (1962). *The open society and its enemies*. Routledge.
- Prosekov, A., Kuznetsov, A., Rada, A., & Ivanova, S. (2020). Methods for monitoring large terrestrial animals in the wild. *Forests*, 11(8), 808. <https://doi.org/10.3390/f11080808>
- Rethink Priorities. (2022, October 29). *Using artificial intelligence (machine vision) to increase the effectiveness of human-wildlife conflict mitigations could benefit WAW*. Rethink Priorities. <https://rethinkpriorities.org/research-area/ai-for-human-wildlife-conflict-mitigations/>
- Reuters (2021, June 15). *Doug, the rescue drone pilot who saves animals from global disaster zones*. Reuters. <https://www.reuters.com/technology/doug-rescue-drone-pilot-saves-animals-global-disaster-zones-2021-06-15/>
- Reuters (2022, May 28). *Ailing orca stuck in France's River Seine to be lured to sea using drone with loudspeakers*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2022/may/28/ailing-orca-stuck-in-frances-river-seine-to-be-lured-to-sea-using-drone-with-loudspeakers>
- Rietz, J., van Beeck Calkoen, S. T., Ferry, N., Schlüter, J., Wehner, H., Schindlatz, K. H., ... & Heurich, M. (2023). Drone-based thermal imaging in the detection of wildlife carcasses and disease management. *Transboundary and emerging diseases*, 2023(1), 5517000. <https://doi.org/10.1155/2023/5517000>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Mann, M. E., Rockström, J., Gregg, J. W., Xu, C., ... & Gleick, P. H. (2025). The 2025 state of the climate report: a planet on the brink. *BioScience*, b1af149 <https://doi.org/10.1093/biosci/b1af149>
- Sebo, J. (2025). *The moral circle: Who matters, what matters, and why*. W. W. Norton & Company.
- Singer, P. (2023). *Animal liberation now*. Random House.
- Singh, M., Negi, S. K., Chandra, P. K., & Sharma, S. (2025, February). Innovative AI Solutions with Animal Detection for Road Safety and Preventing Wildlife Collisions. In *2025 International Conference on Emerging Systems and Intelligent Computing (ESIC)* (pp. 888-893). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ESIC64052.2025.10962657>
- South, K. E., Haynes, K., & Jackson, A. C. (2020). Diagnosis of hypothermia in the European hedgehog, *Erinaceus europaeus*, using infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 90, 102574. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102574>
- Smart, R. N. (1958). Negative utilitarianism. *Mind*, 67(268), 542-543. <https://doi.org/10.1093/mind/LXVII.268.542>

- Stehr, F. P., Kauffert, J., Baumgartner, E., Wiesel, T., Thurner, S., Mačuhová, J., ... & König, A. (2025). Visual-acoustic wildlife deterrents as a supporting measure to prevent mowing-related mortality in roe deer fawns. *Ecological Solutions and Evidence*, 6(3), e70100. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.70100>
- SWI swissinfo.ch. (2025, August 12). *Record number of fawns saved by Swiss drone volunteers*. SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/eng/various/6500-deer-saved-from-mowing-thanks-to-drones-record-year/89819903>
- The Newsroom. (2018, October 22). *Police use drone's thermal camera to track down deer poachers in Notts*. Mansfield and Ashfield Chad. <https://www.chad.co.uk/news/crime/police-use-drones-thermal-camera-to-track-down-deer-poachers-in-notts-239468>
- Tännsjö, T. (2015). Utilitarianism or prioritarianism?. *Utilitas*, 27(2), 240-250. <https://doi.org/10.1017/S0953820815000011>
- Vidal, J. (2014, February 22). *Wildlife casualties of floods grow amid fears over 'polluted' wetlands*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2014/feb/23/wildlife-uk-floods-species-habitats-lost>
- Vinter, R., Halliday, J., & Gayle, D. (2025, March 11). *Experts warn of North Sea collision's 'devastating' impact on marine life*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/uk-news/2025/mar/11/north-sea-collision-may-have-devastating-impact-on-marine-life-says-expert>
- Whitby, M. D., O'Mara, M. T., Hein, C. D., Huso, M., & Frick, W. F. (2024). A decade of curtailment studies demonstrates a consistent and effective strategy to reduce bat fatalities at wind turbines in North America. *Ecological Solutions and Evidence*, 5(3), e12371. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12371>
- Wild Wonderful World. (2022, December). *Night Vision Scope sponsored for vet dart gun*. Wild Wonderful World. <https://www.wildwonderfulworld.com/conservation-trust-updates/night-vision-scope-sponsored-for-vet-dart-gun>
- Zuleger, A. M., Viti, M. M., Quoss, L., Dias, F. S., de Água, L. B., Bugalho, M. N., & Pereira, H. M. (2025). Mapping herbivore-accessible biomass across a heterogeneous mountain landscape using multisensor high-resolution UAV data. *Science of Remote Sensing*, 100302. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2025.100302>