

FOTOGRAFIA I CIÈNCIA

Instants de ciència

Fotografia i comprensió de la natura

22/03/2023

Roberto García-Roa



Tant la imatge de portada com les que acompanyen els articles d'aquest monogràfic són obra de l'investigador i fotògraf Roberto García-Roa (Madrid, 1984). Les seues fotografies s'han publicat a mitjans com National Geographic i The Guardian, entre d'altres. Forma part de la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació i del programa d'Ambaixadors de Canon. Roberto García-Roa. Dades exif: Canon EOS 5D Mark IV, Canon 100-400; 1/640; f5; ISO200.

La recerca de la certesa en un món sovint dicotòmic –on triar entre dues opcions sembla ser la millor (i més senzilla) alternativa– dona sentit a l'expressió «una imatge val més que mil paraules». Però, si fugim de simplicitats, per què escollir entre les dues?

Des de l'aparició de la fotografia, la comunitat científica ha tingut a la seua disposició una eina amb la qual proveir el coneixement d'imatges objectives que fins aleshores registrava i compartia a través de la paraula (tant oral com escrita) i la il·lustració. Així, es va tornar una eina clau per expandir, una vegada i una altra, les fronteres de la comprensió de la natura. Tot i el seu èxit, i les seues possibilitats, la fotografia continua passant desapercebuda per a una part de la comunitat científica.

Aquest monogràfic navega a través de la història de la fotografia i la ciència. Ens mostra com grans figures de la història, com Charles Darwin, ja van veure en la fotografia una poderosa aliada. I, a més, destaca alguns dels camins pels quals la imatge fotogràfica transita en l'activitat científica actual. És del tot impactant recórrer com de transversal i necessària ha estat –i serà– la contribució de la fotografia per a l'avenç de la ciència.

© Mètode 2023 - 116. Instants de ciència - Volum 1 (2023)

Roberto García-Roa

Investigador en Biologia Evolutiva a la Universitat de Lund (Suècia). Fotògraf de natura i conservació. Entre altres guardons, el seu treball fotogràfic ha guanyat tres vegades el Premi Capturing Ecology, organitzat per la British Ecological Society.

Una imatge i mil paraules

El binomi fotografia i ciència

22/03/2023

Roberto García-Roa



Roberto García-Roa. Dades exif: Canon EOS R5 + 100-500 mm; 1/500; f6.3; ISO400.

La fotografia naix a principis del segle XIX com una eina amb la qual retratar el món que ens envolta. Amb la seua aparició, la comunitat científica va trobar una aliada per traspassar les fronteres del coneixement. Des de llavors, el binomi fotografia i ciència ha evolucionat notablement. La fotografia s'ha posicionat no només com una via eficaç en la presa de dades, sinó també com una eina amb la qual compartir informació científica, tant dins com fora del món acadèmic. A més, el desenvolupament tecnològic de les darreres dècades

promou una interacció gairebé continuada de la ciutadania –incloent-hi la comunitat investigadora– amb la fotografia. Aquest fet ha obert encara més les opcions a través de les quals la fotografia es pot integrar en el desenvolupament de la carrera científica.

El 1871, un cop acabada la guerra de Secessió nord-americana (1861-1865), el geòleg Ferdinand Vandever Hayden es va proposar completar una exploració científica a la llavors desafiant regió de Yellowstone. La intenció era descriure les característiques geològiques, zoològiques, botàniques, paleontològiques i meteorològiques de l'entorn. Per a aquesta campanya, a més de ser un obstinat explorador, Hayden va fer gala d'una perspicàcia que canviaria el rumb de la història del seu país i, de passada, de la biologia de la conservació: la intenció era registrar aquell paratge inhòspit acompanyat no només per especialistes de l'àmbit científic, sinó també per un fotògraf i un pintor. En concret, el fotògraf era el jove novaiorquès William Henry Jackson.

Després de l'expedició, Hayden es va referir a Yellowstone com un tresor de valor incalculable que es faria més i més estrany amb el pas dels anys –un missatge que semblava entreveure el que testifiquem actualment. La campanya va ser tot un èxit. Primer, per les dades tècniques recollides. Però, a més, perquè Jackson va tornar amb fotografies d'una qualitat tan gran que van enlluernar els sentits del públic nord-americà i, després d'això, del Congrés dels Estats Units. Per primera vegada, hi havia imatges reals dels guèisers i cascades que inundaven els contes i les llegendes de l'època. Tant va ser l'impacte de les seues fotografies que Jackson (o més aviat la seua feina) va passar a la història per ser un dels principals impulsors que el president Ulysses S. Grant firmés The Act of Dedication l'1 de març de 1872, la llei per denominar Yellowstone com el primer parc nacional de la història.

Tot i això, el poder de la fotografia per influir en institucions tan poderoses com el Congrés dels Estats Units ja havia estat provat una dècada abans pel fotògraf Carleton Watkins, que és considerat un dels artistes més influents en la història nord-americana. Les seues imatges de Yosemite van ser tan sonades que el president Abraham Lincoln, en plena guerra civil, es va prendre el seu temps per signar una llei que contribuís decisivament a la protecció d'aquella regió. Va ser la primera vegada en la història en què el govern nord-americà protegia una àrea natural de tal envergadura. Un fet que, sens dubte, va establir les bases perquè Yellowstone fos declarat parc nacional només una dècada més tard.

Aquests episodis van ser determinants per incentivar la conservació de Yosemite, primer, i Yellowstone, després, en un moment de la història en què ja existien moviments conservacionistes previs tan simbòlics com els liderats pel diplomàtic i filòleg George Perkins Marsh el 1854. Aleshores, van ser les imatges de Watkins i Jackson més poderoses que tots els informes previs alertant de la necessitat de protegir sengles paratges naturals? Múltiples evidències apunten que l'ésser humà és capaç de recordar millor un missatge quan es transmet a través d'una imatge que quan es fa només a través d'un text. A més, el missatge en un text és millor recordat quan aquest va acompanyat d'una imatge que quan va sense (Baadte i Meinhardt-Injac, 2019; Defeyter et al., 2009). Yosemite es va convertir en parc nacional i, posteriorment, va ser declarat Patrimoni Mundial de la Humanitat per la Unesco el 1984. Les imatges de Watkins han quedat fixades en la història com el primer pas que va desembocar en la conservació d'un lloc tan emblemàtic.

Els casos de Watkins i Jackson són exemples que posen de manifest el poder social i polític de la fotografia i, a més, de la interessant aliança que es genera quan aquesta s'adhereix al món científic. Una associació que, tot i que prometedora en aquell moment de la història, no era pas nova. La utilització d'imatges per representar el món natural és ancestral. Abans de la fotografia, naturalistes i investigadors de diferents disciplines feien ús de pintures i il·lustracions no només per incrementar el valor científicotècnic de les seues

observacions, sinó també per justificar davant dels seus promotors que els diners invertits havien valgut la pena. També per comunicar al públic general les troballes obtingudes durant les llargues expedicions. El mateix Charles Darwin (1845/2001, p. 385) hauria estalviat molta tinta de la seua ploma si, per descriure les iguanes marines de les illes Galápagos, hagués tingut al seu abast una càmera de vídeo portàtil: «És una criatura d'aspecte espantós, de color negre brut, estúpida i lenta en els seus moviments. La longitud habitual d'un adult és d'aproximadament una iarda, però n'hi ha alguns de fins a quatre peus de llarg». Una descripció que, a ulls del lector, queda del tot impregnada de la visió subjectiva, i no gaire afectuosa, que Darwin tenia d'aquests animals.

Una simbiosi per descriure i entendre la realitat

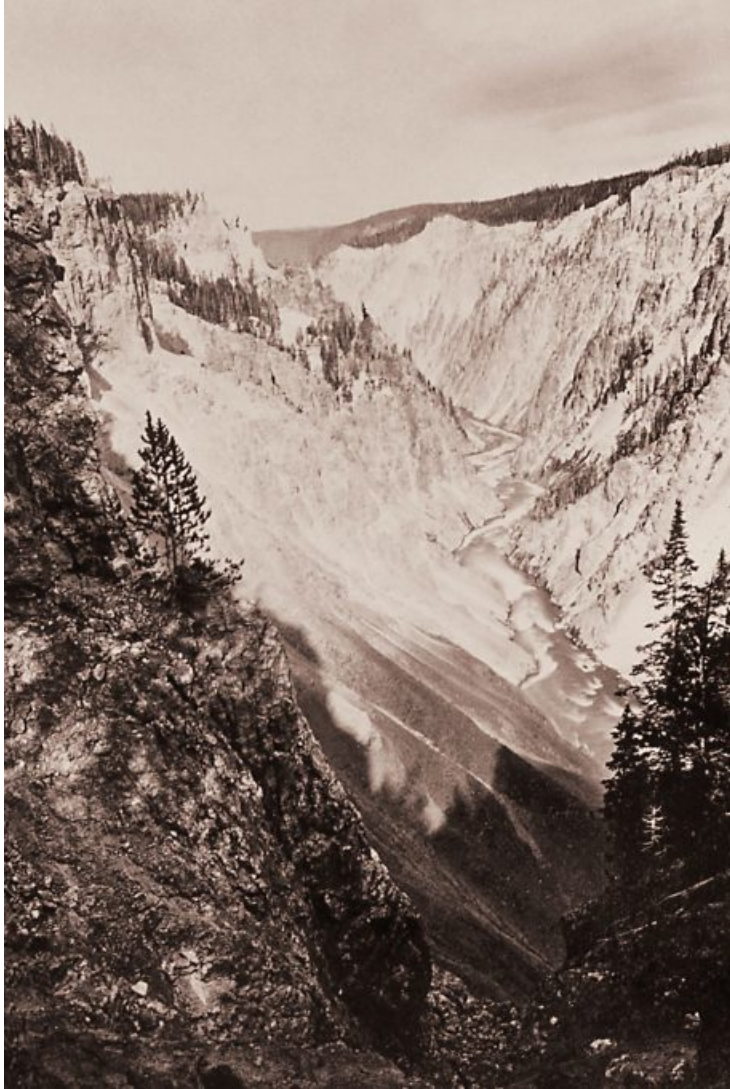
El binomi fotografia i ciència va nàixer primigèniament unit (Wilder, 2009). Un procés d'assaig i error que va durar diversos segles i que Joseph Nicéphore Niépce va coronar entre el 1824 i el 1826 en aconseguir capturar, per fi, fotografies de manera perdurable. Una d'elles, la imatge Vista des de la finestra a Le Gras, feta el 1826, és la fotografia més antiga conservada actualment. El 1839, els avenços de Louis Daguerre a França i William Fox Talbot a Anglaterra van marcar el tret de sortida per al ja imparable desenvolupament tecnològic associat a la fotografia. La influent revista The Literary Gazette publicava:

Aquest descobriment és un prodigi. Desconcerta totes les teories de la ciència de la llum i l'òptica i, si es confirmés, promet ser una revolució en les arts del disseny. M. Daguerre ha descobert un mètode per fixar les imatges que es representen al revers d'una càmera fosca; de manera que aquestes imatges no són el reflex temporal dels objectes, sinó la seua impressió fixa i duradora, que es pot

eliminar de la presència d'aquests objectes com una imatge o un gravat. (Gaucherd, 1839, 12 de gener, p. 28)

Encara que Daguerre concebés el seu invent per a un ús merament personal i per al disseny tècnic (per exemple, en el món de l'arquitectura), la fotografia es va entendre des dels seus inicis com una eina fonamental per a l'avenç del coneixement. En particular, va ser adoptada de molt bon grat per la comunitat científica al camp de l'observació (Barger i White, 2000), ja que era ideal per retratar des d'una visió objectiva un instant precís que quedaria gravat per a l'eternitat. El físic, astrònom i matemàtic francès Jean-Baptiste Biot va arribar a definir la fotografia com una mena de retina artificial que seria d'ús quotidià en el món de la física.

El fotògraf William Henry Jackson va acompanyar el geòleg Ferdinand Vandever Hayden en la seua expedició a la regió de Yellowstone el 1871. Les fotografies de Jackson van impactar en l'opinió pública i en el Congrés dels Estats Units de tal manera que van impulsar la seua declaració com a àrea natural protegida. A la imatge, Gran Canó de Yellowstone fotografiat des del límit de Lower Falls per William H. Jackson./ National Park Service – William H. Jackson



Daguerre i Biot no van poder predir la revolució que comportaria la fotografia. Tampoc que gairebé dos segles després del seu naixement, la implementació de la fotografia a la ciència continuaria creixent de manera tan vertiginosa (Wilder, 2009). El seu ús és tan divers, i inclou tantes disciplines i aplicacions, que entre els seus fruits hi ha la demostració per observació dels neutrons el 1932 i la imatge que va permetre conèixer l'estructura en doble hèlix de l'ADN el 1953. Ha estat crucial també per desentranyar els misteris del firmament. Ofereix informació de planetes i galàxies llunyanes, per exemple, mitjançant l'ús de raigs X, una tècnica que ha estat emprada amb èxit en camps tan dispars com l'anatomia, la medicina forense o la química analítica. L'astrofotografia, la

macrofotografia, la microfotografia, el fotoparament, la fotografia mitjançant drons, la fotografia de fluorescència, d'alta velocitat, infraroja, tèrmica o ultraviolada són només alguns dels múltiples vessants que van sorgir en la fotografia aplicada a la ciència. L'astronomia, l'etologia, la zoologia, l'ecologia, la fisiologia, la biologia de la conservació, la física, la química analítica i la taxonomia, entre moltes altres disciplines científiques, utilitzen sovint tècniques fotogràfiques per a la presa i l'anàlisi de dades. Fins i tot els darrers anys, el desenvolupament exponencial de la tecnologia, que proveeix amb una càmera cada persona que té un telèfon mòbil, ha propiciat el creixement de projectes de ciència ciutadana que cerquen, per exemple, la creació de grans bases de dades derivades de les imatges preses pel ciutadà corrent.

Podria dir-se que la comunitat científica ha trobat en la fotografia una eina que no només ha acompanyat les seues investigacions durant dècades, sinó que ha evolucionat al costat de la mateixa ciència, moltes vegades com a peça clau amb la qual trencar les fronteres del coneixement (Snow, 1959).

Vies alternatives de l'ús de la fotografia

El paper que té avui la fotografia en diferents tècniques analítiques (com en les ja esmentades anteriorment), així com per descriure i entendre el món que ens envolta, sembla clar (Wilder, 2009). No són tan òbvies, o no estan tan esteses, altres vies a través de les

quals la fotografia pot esdevenir una aliada per a la comunitat científica. Tot i que és del tot inexplorable en un sol article, tot seguit se'n mostren alguns exemples.

Com van fer antany les il·lustracions, i com demostren els exemples de Watkins i Jackson, la fotografia pot ser una via molt efectiva no només per compartir els resultats derivats d'un estudi científic, sinó també per atreure'n l'atenció. En aquesta línia, estudis recents suggereixen que aquells articles científics que aconsegueixen publicar una imatge relacionada amb la seua recerca com a portada de la revista gaudeixen d'una millor difusió i aconsegueixen de mitjana una atenció més gran (mesurada en indicadors com ara el nombre de cites i descàrregues web). Aquests estudis s'han dut a terme en revistes multidisciplinàries d'alt prestigi com *Nature*, *Science* o *Cell Press*, o en grups de revistes més especialitzades de camps com les ciències biològiques, la física o la química (Battiston et al., 2022; Kong i Wang, 2020; Wang et al., 2017; 2022). La importància creixent de l'ús d'imatges impactants com a portades de les revistes científiques és evident en la reflexió que l'editor Jillian M. Buriak (2015, p. 5451) feia a la revista *Chemistry of Materials*: «La imatge de portada ha evolucionat per arribar a ser la que represente aquest volum de la revista, i és per això que la difonem molt a través de les nostres xarxes socials».

Al seu editorial, Buriak (2015) convidava la comunitat científica a enviar, juntament amb els articles, una imatge que mostre o sintetitze el context de les seues troballes. Una imatge que competisca per ser portada de la revista. Aquesta tendència se segueix en altres revistes i en altres camps, en què la fotografia operaria com una baula més a la cadena de transferència del coneixement. Seguint aquesta idea, algunes revistes en el camp de la biologia de la conservació es nodreixen sovint per les portades del treball fotogràfic professional d'institucions tan prestigioses com la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació. Mentre que la ciència pot identificar i estudiar un esdeveniment en particular, el llenguatge de la fotografia pot mostrar el marc global d'aquest esdeveniment en uns segons, «segrestant», a més, l'atenció del lector cap a un estudi en particular.

Tot i això, no totes les revistes atorguen la mateixa importància a l'ús de les fotografies. Algunes continuen apostant per dissenys que no inclouen imatges i que es mantenen constants durant anys [vegeu Costa i Salvadio (2021) en el camp del comportament animal]. A més, encara queden moltes incògnites per respondre. Entre altres, si les fotografies fetes per professionals són habitualment més seleccionades pels editors que les fetes pel públic no professional, i si les primeres atrauen més l'atenció un cop publicades –per exemple, incentivant un nombre més gran de cites o una difusió més gran per part de mitjans de premsa (ambdós indicadors cada cop més importants en processos d'avaluació). Tampoc és clar si hi ha línies de recerca les fotografies de les quals són més atractives a editors i lectors. Pel que fa als subjectes fotografiats, tot apunta que els grans mamífers són més elegits per publicar-los en portada que altres grups animals com els artròpodes i els rèptils (Costa i Salvadio, 2021). De la mateixa manera, desconeixem si de cara a publicar-les en revistes científiques un tipus de fotografia predomina sobre un altre (per exemple, la documental sobre la creativa) i si certes imatges perduren més en el temps i són més atractives que altres en el món editorial (per exemple, retrats i paisatges comparats amb la macrofotografia).



Termofotografia feta a un gos a l'ombra a 27 °C de temperatura ambient. Aquesta i altres imatges es van dur a terme a l'estudi de Bálint et al. (2020) per investigar la sensibilitat dels gossos a la variació de la radiació tèrmica./ Bálint et al. (2020) – Scientific Reports

A l'era de la comunicació virtual, el poder de la fotografia transcendeix el món acadèmic. Segons un sondeig de la plataforma Hubspot el 2012, a les xarxes socials com Facebook, els missatges que van acompanyats d'una imatge obtenen un 53 % més de likes i un 104 % més de comentaris. Si una imatge atrau una atenció més gran del públic, estimula la seua reacció i, a més, aconsegueix fixar millor un missatge en el nostre record (Defeyter et al. 2009; Baadte i Meinhardt-Injac, 2019), la fotografia pot ser llavors un element prometedori per connectar ciència i societat. L'auge de concursos de fotografia en entitats i institucions científiques tan prestigioses com la British Ecological Society, la Royal Society, la revista *Nature* o el grup BMC journals, reflecteixen aquesta tendència.

A més, la transferència del coneixement per mitjà de la divulgació és un camí pel qual tota persona que es dediqui a la ciència ha de transitar a la seua carrera. Siga en articles, llibres o conferències, l'ús de la fotografia, una vegada més, pot marcar la diferència. La probabilitat de divulgar un estudi científic en revistes d'impacte global com *National Geographic*, *BBC Wildlife* o *Scientific American*, per citar-ne algunes, augmenta quan el text s'acompanya de fotografies d'alta qualitat. Alhora, publicar en aquestes revistes no només fa créixer la difusió dels resultats –i amb això la transferència del coneixement–, sinó que serà un atractiu al·licient en la sol·licitud de projectes tant en institucions públiques com privades. Cal destacar que els formularis de sol·licitud de molts d'aquests projectes permeten la inclusió d'imatges, cosa que, com ja hem vist, pot ajudar a fixar el missatge de la proposta al lector (en aquest cas, el panell responsable d'avaluació).

Siga quina siga la via que adopte, la fotografia ha resultat ser una gran aliada en la carrera científica. El seu ús pot ser útil i significativament rellevant en qualsevol dels camins que recorre el mètode científic. La seua versatilitat i capacitat per transmetre informació la converteixen no només en un vincle capaç d'unir l'art i la ciència, sinó també en un pont que connecta la comunitat científica amb el públic en general –i aquest, alhora, amb el món que l'envolta.

Referències

Baadte, C., & Meinhardt-Injac, B. (2019). The picture superiority effect in associative memory: A developmental study. *British Journal of Developmental Psychology*, 37(3), 382–395. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12280>

Bálint, A., Andics, A., Gácsi, M., Gábor, A., Czeibert, K., Luce, C. M., Miklósi, Á., & Kröger, R. H. (2020). Dogs can sense weak thermal radiation. *Scientific Reports*, 10(1), 3736. <https://doi.org/10.1038/s41598-029-60439-y>

Barger, M. S., & White, W. B. (2000). *The daguerreotype: Nineteenth-century technology and modern science*. JHU Press.

Battiston, P., Sacco, P. L., & Stanca, L. (2022). Cover effects on citations uncovered: Evidence from nature. *Journal of Informetrics*, 16(2), 101293. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2022.101293>

Buriak, J. M. (2015). How we choose cover images. *Chemistry of Materials*, 27(16), 5451–5452. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.5b03094>

Costa, A., & Salvidio, S. (2021). Animal behaviour on the cover: Layout cover patterns of ethological journals. *Ethology Ecology & Evolution*, 33(2), 191–199. <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1845809>

Darwin, C. (1845/2001). *The voyage of the Beagle: Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H. M. S. Beagle round the world*. The Modern Library.

Defeyter, M. A., Russo, R., & McPartlin, P. L. (2009). The picture superiority effect in recognition memory: A developmental study using the response signal procedure. *Cognitive Development*, 24(3), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.05.002>

Gaucher, H. (1839, 12 de gener). *The Daguerreotype*. *Literary Gazette*, and *Journal of the Belles Lettres, Arts, Sciences, & C.*, 1147, 28.

Kong, L., & Wang, D. (2020). Comparison of citations and attention of cover and non-cover papers. *Journal of Informetrics*, 14(4), 101095. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101095>

Snow, C. P. (1959). *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge University Press.

Wang, G., Gregory, J., Cheng, X., & Yao, Y. (2017). Cover stories: An emerging aesthetic of prestige science. *Public Understanding of Science*, 26(8), 925–936. <https://doi.org/10.1177/09636625177066>

Wang, Y., Xie, Y., Wang, D., Guo, L., & Zhou, R. (2022). Do cover papers get better citations and usage counts? An analysis of 42 journals in cell biology. *Scientometrics*, 127(7), 3793–3813. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04444-0>

Ward, M., Carwardine, J., Watson, J. E., Pintor, A., Stuart, S., Possingham, H. P., Rhodes, J. R., Carey, A. R., Auerbach, N., Reside, A., Yong, C. J., & Tulloch, A. I. (2022). How to prioritize species recovery after a megafire. *Conservation Biology*, 36(5), e13936. <https://doi.org/10.1111/cobi.13936>

Wilder, K. E. (2009). Photography and the art of science. *Visual Studies*, 24(2), 163–168. <https://doi.org/10.1080/14725860903106161>

© Mètode 2023 - 116. Instants de ciència - Volum 1 (2023)

Roberto García-Roa

Investigador en Biologia Evolutiva a la Universitat de Lund (Suècia). Fotògraf de natura i conservació. Entre altres guardons, el seu treball fotogràfic ha guanyat tres vegades el Premi Capturing Ecology, organitzat per la British Ecological Society.

Fotografia i coneixement de la biodiversitat

L'ús de la imatge en la conservació

22/03/2023

Santiago Carreira



Roberto García-Roa. Exif data: Canon 5D Mark IV + 15 mm; 2.5; f18; ISO100.

Des del començament, la fotografia va tenir un important protagonisme com a eina documental. Va ser utilitzada com a instrument en la comunicació i difusió de projectes de recerca i conservació de la biodiversitat a diferents parts del planeta. En l'actualitat, el desenvolupament tecnològic extraordinari de la fotografia i la seua gran popularitat han permès utilitzar-los per a obtenir dades per a projectes científics de diferent mena, i per a facilitar un intercanvi molt més fluid d'informació entre la comunitat científica i el públic –per exemple,

en programes de ciència ciutadana. Així, actualment es planteja un canvi de paradigma per a la fotografia, que deixa enrere el seu sentit purament artístic per a desvetllar el seu potencial informatiu i generador de coneixement en el camp de la conservació.

La fotografia sorgeix com una eina que permet, entre altres aspectes, plasmar la realitat o documentar-la de manera inequívoca. Les fotografies eren considerades proves úniques d'un lloc o un moment de la història, de manera que van ser utilitzades com a font d'informació. Aquest fet va posicionar la fotografia com a element clau dins el camp de la biologia i la conservació.

En la història de la fotografia, algunes de les primeres sèries d'imatges que van ser publicades de forma massiva les va obtenir l'explorador rus Gombojab Tsybikov durant la seua expedició al Tibet entre novembre de 1899 i abril de 1902, finançada per la Societat Russa de Geografia. Les seues fotografies, juntament amb altres del viatger calmuc Ovshe Norzunov es van publicar al *National Geographic Magazine* el 1905. S'hi podia veure la misteriosa ciutat de Lhasa, centre religiós i polític del Tibet, aleshores un lloc llunyà i desconegut per a la gran majoria del públic. Les imatges van tenir un gran impacte social. Això va servir perquè *National Geographic* continués publicant imatges en una línia visual pionera per a aquells temps, que seria el germen de la fama mundial que tindria unes dècades més tard.



Algunes de les primeres sèries d'imatges que es van publicar massivament van ser les de l'explorador rus Gombojab Tsybikov durant la seua expedició al Tibet entre 1899 i 1902. Algunes de les seues fotografies, juntament amb altres del viatger calmuc Ovshe Norzunov, van aparèixer a *National Geographic Magazine*. S'hi podia veure la misteriosa ciutat de Lhasa, centre religiós i polític del Tibet, aleshores un lloc llunyà i desconegut per a la gran majoria del públic./ World Digital Library

Aquest va ser un dels molts exemples que van demostrar el gran valor documental que oferia l'ús de la càmera fotogràfica, una tecnologia amb un desenvolupament implacable des del seu inici el 1824 a partir dels exitosos experiments de Nicéphore Niépce, seguits pels de Louis-Jacques-Mandé Daguerre, que donarien origen el 1839 al daguerreotip (tècnica capaç de captar una imatge real en bona

resolució sobre una placa de coure), i dels de William Henry Fox Talbot el 1841, el creador del calotip (el primer procediment negatiu-positiu). Aquests, juntament amb altres com John Herschell, Richard Maddox o Charles Bennett, van permetre arribar a finals del segle XIX amb una tecnologia fotogràfica relativament avançada, encara que clarament restringida a uns pocs usuaris.

A partir del segle XX la fotografia comença a adoptar cada cop més un rol protagonista en l'àrea documental. A més, els avenços tecnològics van permetre la realització d'imatges a color a la primera dècada del segle. Alguns mitjans de relleu internacional, com *National Geographic*, van apostar fortament per la impressió de fotografies a color, la qual cosa va brindar un substrat fonamental per al creixement de la fotografia i una tardana, però important, concepció de la difusió massiva d'imatges com a eina de comunicació. D'aquesta manera, *National Geographic* es va convertir en un mitjà pioner i icònic en matèria de naturalesa i conservació, cosa que després seria replicada per molts altres, amb una línia editorial totalment nova que acostava el món natural al públic en general.

La fotografia en el despertar dels moviments conservacionistes



Una de les imatges més icòniques de la història va ser l'obtinguda per l'astronauta William Anders el 1968. Aquesta imatge de la Terra, titulada *Earthrise*, va ser presa des de l'Apollo 8. En veure aparèixer la Terra a l'horitzó, Anders va fer una primera instantània. Més tard, va resumir aquella experiència dient que havien fet la travessia per explorar la Lluna i el més important havia estat descobrir la Terra./ NASA

Els primers passos en la fotografia que van donar origen als moviments ecologistes i conservacionistes de finals del segle XX van succeir després de la Segona Guerra Mundial. Una de les imatges més icòniques va ser la que va obtenir l'astronauta William Anders el 24 de desembre de 1968. Aquesta imatge de la Terra, titulada *Earthrise*, va ser presa des de l'Apollo 8 en una missió que

pretenia cartografiar la superfície de la Lluna. En veure la Terra aparèixer a l'horitzó, Anders va fer una primera instantània amb una llavors sofisticada Hasselblad 500 EL, equipada amb una lent de 250 mm i una pel·lícula Kodak Ektachrome de 70 mm. Aquesta primera imatge va ser en blanc i negre. Tot i això, el desig d'obtenir una instantània millor va fer que Anders demanés al seu company Jim Lovell que canviés el rotlle a color. Després d'un estira-i-arronsa entre els dos astronautes, Anders va ajustar els paràmetres de la càmera (250 mm, 1/250 s i f/11) i va capturar la imatge que passaria a la història. El prestigiós fotògraf Galen Rowell la va qualificar a *Life* com una de les cent fotografies que van canviar el món. Aquesta imatge, però, no va tenir un efecte immediat. El seu impacte es va produir uns anys més tard quan va inspirar l'explosió dels moviments conservacionistes i ecologistes de l'època. Anders va resumir aquella experiència dient que havien fet la travessia per explorar la Lluna i el més important havia estat descobrir la Terra.

La fotografia com a pedra angular per a la conservació

A finals del segle passat, el desenvolupament de la fotografia assolí uns nivells tècnics que l'acostaven a un públic molt ampli. D'aquesta manera, els moviments ecologistes i conservacionistes trobaren en la fotografia una aliada. El seu valor provat com a mitjà de propaganda i difusió va ser un aspecte que milloraria encara més amb el pas dels anys. Per tot el món van començar a sorgir

projectes fotogràfics amb un fort enfocament conservacionista. A mitjan seienta, alguns fotògrafs, com el nord-americà Emmet Gowin van apostar per la perspectiva aèria per mostrar l'impacte de les activitats humanes en el medi natural. Posteriorment, aquest tipus de fotografia l'adoptaren fotògrafs tan reconeguts com l'activista mediambiental i divulgador científic Yann Arthus-Bertrand, que va publicar una famosa sèrie d'imatges titulada *Earth from above*. Amb imatges des de l'aire, altres projectes contemporanis com el de Nature's Edge (Estats Units) mostren el contrast entre el que és natural i el que han creat els éssers humans, o vist d'una altra manera l'impacte que produïm sobre el medi ambient. Gowin va definir la fotografia com una eina per tractar amb elements per tots coneguts, però als quals ningú no presta atenció; una idea en què s'han basat gran part dels moviments conservacionistes sorgits des de llavors.



A mitjan dels anys setanta del segle XX, alguns fotògrafs van apostar per la perspectiva aèria per mostrar l'impacte de les activitats humanes al medi natural. Amb imatges des de l'aire, altres projectes contemporanis com el de Nature's Edge (Estats Units), mostren el contrast entre el que és natural i el que han creat els éssers humans o, vist d'una altra manera, l'impacte que produïm sobre el medi ambient. En la fotografia, una imatge de 2017 de vivendes sobre la costa en la reserva natural Rachel Carson, a Maine (EUA). / Nature's Edge

Amb els anys, la fotografia es va estendre com un instrument poderós. L'escriptora Susan Sontag ho expressava així: «Com uns binoculars els extrems dels quals es poden confondre, la càmera torna íntimes i pròximes les coses exòtiques, i petites,

abstractes, estranyes i llunyanes les coses familiars» (Sontag, 1977/2005, p. 234). És en aquest poder de la fotografia on cerquen suport no només les causes conservacionistes, sinó també la biologia de la conservació, i convida a conèixer i protegir organismes d'una gran diversitat d'ecosistemes, i fins i tot espècies que habiten als nostres territoris i que requereixen accions per a protegir-les (Groom et al., 2006).

Un munt de projectes de conservació han estat difosos, i de vegades mantinguts en el temps, gràcies a l'ús d'imatges que han aconseguit impactar considerablement en una audiència heterogènia. Per exemple, el 1948 al castell de Fontainebleau a França, i sota l'auspici de la UNESCO, es va crear la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura. Aquesta organització és una de les institucions conservacionistes més importants del món i des dels seus inicis va utilitzar la fotografia com una de les principals estratègies en matèria de comunicació i sensibilització ambiental.

Un altre cas emblemàtic del poder de la fotografia en el desenvolupament de projectes vinculats a la conservació va ser el dels goril·les a les muntanyes Virunga, una serralada volcànica que s'estén per Ruanda, la República Democràtica del Congo i Uganda. La zoòloga nord-americana Dian Fossey va dedicar gran part de la seua vida a estudiar el comportament social del goril·la oriental (*Gorilla beringei*) en el seu medi natural i va exposar les seues observacions al llibre *Goril·les en la boira* (Fossey, 1983). El 1970 es va conèixer aquesta història per mitjà d'un reportatge fotogràfic publicat a *National Geographic*, titulat «Making friends with mountain gorillas», amb imatges fetes pel fotògraf Robert M. Campbell. Fossey es va enfrontar amb els caçadors furtius que amenaçaven la supervivència dels goril·les, els quals eren capturats per a practicar *sumu* (màgia negra) o per a vendre'n les cries a zoològics (Fossey, 1983). L'impacte de les fotografies de Campbell va permetre la desmitificació dels goril·les com a bèsties salvatges i perilloses, i va donar pas a accions i suports econòmics que van permetre salvar aquesta espècie de l'extinció. Fossey va ser assassinada el 1985, just abans de començar a rodar una pel·lícula autobiogràfica amb què la zoòloga pretenia recaptar finançament per seguir amb les seues investigacions. Finalment, aquesta producció, que s'estrenà el 1988, la va dirigir Michael Apted i la protagonista fou Sigourney Weaver. El llegat de Fossey perdura avui a l'organització Dian Fossey Gorilla Fund International.

Al costat de Dian Fossey, Jane Goodall i Biruté Galdikas també van dur a terme estudis amb primats a la mateixa època: aquestes tres dones eren conegudes com les «trimats». Goodall va treballar amb ximpanzés i Galdikas amb orangutans. Totes dues també van acompanyar les seues investigacions amb un sentit conservacionista congruent, amb el suport de les fotografies com a pilar fonamental per a la conscienciació ambiental i l'obtenció de fons. Algunes de les imatges de Goodall amb els ximpanzés, fetes per la seua parella de llavors, el fotògraf Hugo van Lawick, han estat icòniques per a transmetre l'enllaç que hi pot haver entre els éssers humans i altres éssers vius d'aquest planeta. A Galdikas també l'acompanyava el seu marit en aquell moment, el fotògraf Ron Brindamour. En tots tres casos, la fotografia va ser una estratègia fonamental per a ressenyar, a inversors i a públic en general, la necessitat de prosseguir amb la conservació de les espècies en estudi.

Aplicacions de la fotografia en la captura de dades

A més d'un mitjà per a la difusió d'informació, la fotografia és també una eina extraordinària per a obtenir dades. Moltes vegades passada per alt, es fa servir en diverses disciplines vinculades a la biologia de la conservació. Un dels exemples més coneguts és l'ús del fotoparament. Aquesta tècnica fotogràfica té més d'un segle d'existència: els primers treballs en fauna els va fer el fotògraf nord-

americà George Shiras al començament del segle XX. Shiras, considerat com un dels pares de l'anomenada *fotografia de natura*, era un àvid caçador, però també naturalista, i va ser un dels impulsors de substituir la caça amb rifle per la «caça» a través de fotografies. En el seu afany conservacionista, Shiras advocava per utilitzar les imatges com a trofeus substitutius dels animals. A aquesta campanya es van unir molts fotògrafs i personalitats de l'època, entre ells el mateix Theodore Roosevelt. En les dècades següents, l'ús del fotoparament va continuar popularitzant-se, però no en la línia esperada per Shiras. Aquesta tècnica va tenir una gran acollida en el món de la caça, ja que el seu ús facilitava la localització de possibles preses com a trofeu. Una tendència que ha continuat fins avui.

A més, a partir de l'aparició de la fotografia digital en la tècnica de fotoparament va ser possible superar la limitació en el nombre d'imatges capturades, un factor limitant en equips de pel·lícula. A això se li va sumar també la possibilitat de fer enregistraments de vídeo, de la qual cosa la comunitat científica també se'n va beneficiar. Era possible adquirir un gran nombre d'equips a baix cost i amb gran autonomia, i això facilitava el disseny de projectes de recerca molt més ambiciosos i robustos. A més, gràcies als avenços recents en el processament d'imatges, per exemple amb tècniques de *machine learning* i *software* especialitzat, és possible una millor optimització en el maneig i l'organització de grans volums de dades. Per exemple, Tabak i col·laboradors (2019) demostren en el seu estudi la gran eficiència del fotoparament per a classificar espècies animals, amb capacitats de processament de 2.000 imatges per minut i un encert del 98 % en la identificació d'espècies.

La tècnica del fotoparament permet identificar, i fins i tot diferenciar, individus d'una mateixa espècie, un aspecte molt utilitzat en projectes de conservació de grans mamífers. Hi ha diversos exemples arreu del món, com el de l'os marró (*Ursus arctos*) a Espanya (amb la Fundació Oso Pardo i el Fons per a la Protecció dels Animals Salvatges, FAPAS) o el del tigre (*Panthera tigris*) a Malàisia (Wang i MacDonald, 2009). Entre altres usos, el fotoparament també ha estat utilitzat en estudis de densitat poblacional (Rovero i Marshall, 2009), en inventaris de fauna (Burton et al., 2015) o en l'estudi del comportament animal (Rowcliffe et al., 2014). Per això és una metodologia a l'alça dins de l'ecologia i la biologia de la conservació.

En les darreres dècades també s'ha incorporat la fotografia associada a vehicles aeris no tripulats, coneguts popularment com a drons o també com a RPAS (per les sigles en anglès de *Remotely piloted aircraft systems*). La capacitat de fer vols relativament econòmics i sense pilot, en alguns casos sense la necessitat d'un carnet especialitzat, ha permès fer contribucions interessants, per exemple, en el cens de poblacions d'animals com ara grans mamífers, cocodrils i tortugues marines (Ivosevic et al., 2015). D'aquesta manera, es van aconseguir reduir els costos prohibitius que suposaven feines similars –però amb vols tripulats– en projectes de baix pressupost. Alhora, l'ús de drons pot augmentar la precisió en el mesurament d'algunes variables, com ara els recomptes de fauna (Hogdson et al., 2018), que fins ara ha hagut de fer l'ésser humà mateix. L'ús de la fotografia aèria d'alta definició també ofereix oportunitats d'aplicació en el camp de l'ecologia, i representa un avenç molt important en les operacions relacionades amb el monitoratge i la gestió dels recursos naturals (Mangewa et al., 2019), i en la detecció de danys ambientals com la desforestació (Paneque-Gálvez et al., 2014). L'elaboració de mapes amb un grau de detall alt i la utilització de diferents tipus de sensors és ara possible, la qual cosa permet accedir a múltiples mesuraments i interpretacions combinades de la informació com, per exemple, el mapatge d'esculls de corall per mitjà d'imatges obtingudes amb drons i la seua combinació amb la informació obtinguda amb sensors làser (LiDAR – Light Detection and Ranging) per a la batimetria (Collin et al., 2018).

Actualment, l'ús de la fotografia domina la nostra vida diària. Amb la popularització de la telefonia mòbil, s'ha introduït una càmera fotogràfica d'excel·lents prestacions a la butxaca del gran públic. Les conseqüències que això pot tenir en l'àmbit científic són immenses. Per exemple, a través dels projectes participatius de ciència ciutadana en què el públic aporta informació directa sobre el registre de la biodiversitat. Segurament, un dels exemples més icònics d'aquest tipus d'iniciatives és el City nature challenge. Aquesta activitat, promoguda pel Museu d'Història Natural de Los Angeles i l'Acadèmia de les Ciències de Califòrnia, va començar com una manera de popularitzar la ciència ciutadana per mitjà d'una competició entre les ciutats de Los Angeles i San Francisco, als Estats Units. Aquesta iniciativa tenia com a objectiu comprendre la biodiversitat urbana per mitjà del registre i la participació popular. Els resultats de la primera edició, el 2016, van ser sorprenents. En només una setmana es van obtenir al voltant de 20.000 observacions, i hi participaren més de mil persones. Es van catalogar al voltant de 1.600 espècies a cada ciutat. Atès l'èxit d'aquesta campanya, el 2017 es va transformar en un esdeveniment nacional amb la participació de setze ciutats, i en edicions posteriors va ser un esdeveniment mundial, que el 2021 va atreure l'atenció de 419 ciutats de 44 països, amb 1.270.000 observacions, 45.300 espècies registrades i la participació de 52.000 observadors.

Aquest exemple permet visualitzar l'abast i el potencial d'aquest tipus d'iniciatives, i també fa evident la velocitat sorprenent de l'intercanvi d'informació a través de la fotografia. Si bé no amb una resposta tan generalitzada, hi ha múltiples exemples de treballs de col·laboració ciutadana que s'estenen més enllà de l'obtenció d'informació, participant en diverses tasques com la classificació d'imatges per a utilitzar-les en models de distribució d'espècies, caracterització d'avifauna i amfibis, o monitoratge de la flora. Això facilita la integració de la ciutadania com a protagonista en les tasques de registre i estimula un nivell de sensibilització mediambiental més alt, el qual serà crític per a les accions directes de conservació sobre el terreny. Aquests processos promouen avançar el coneixement amb gran agilitat. Si se suma als grans volums d'imatges que s'obtenen, el seu processament comença a plantejar-se com un desafiament i és en aquest escenari on funciona de manera cada cop més eficient l'ús de la intel·ligència artificial (Norouzzadeh et al., 2018).

Això no obstant, no s'ha d'obviar el soroll en la informació: imatges falses, obtingudes des de perspectives inadequades, amb un ús desmesurat de filtres, modificades o amb localitzacions imprecises. També la informació sobre certes espècies transmesa per canals inadequats, a través de xarxes socials alienes a l'àmbit acadèmic, pot ser contraproduent no sols per a la biologia de la conservació, sinó també per a la sensibilització ambiental del públic no expert. Un estudi recent destaca l'impacte negatiu que es produeix sobre els voltors quan es propaga informació tendenciosa (Lambertucci et al., 2021). Aquests autors posen sobre la taula com l'atac d'un vultur a un animal, que és un esdeveniment rar, pot ser difós de manera que ofereixi una percepció errònia sobre el comportament dels voltors al públic, el qual acaba interpretant-ho equivocadament com un esdeveniment freqüent quan la realitat no és aquesta. Afectar la percepció general d'aquesta manera incideix clarament sobre la situació de conservació d'algunes espècies com els voltors, i altres animals amb "mala premsa" com les serps, els ratpenats i els insectes, entre d'altres. D'altra banda, certa informació associada a una

espècie vulnerable com una fotografia i una localització poden ser dades molt valuoses per a programes de conservació, però també per a interessos oposats com l'activitat de caça furtiva o el tràfic il·legal de fauna.

La fi de l'era fotogràfica?



La tècnica del fotoparament permet identificar, i fins i tot diferenciar, individus d'una mateixa espècie, un aspecte molt utilitzat en projectes de conservació de grans mamífers. Imatge obtinguda amb càmera automàtica on s'observa un exemplar de mazama bru (*Mazama gouazoubira*)./ S. Carreira

Si bé encara hi ha organitzacions i esdeveniments que mantenen l'esperit de la fotografia de conservació en el sentit més pur, com la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació o concursos de gran prestigi, com el Wildlife Photographer of the Year o el World Press Photo, entre d'altres, en termes generals, el sentit original de la fotografia s'està perdent. Amb la massificació i el baix cost, el significat original de retratar amb bellesa s'ha distorsionat per passar a comunicar per mitjà d'imatges, en general amb bona tècnica (pel que fa a megapíxels i bones òptiques), però, majoritàriament, sense qualitat artística. La fotografia ha perdut sentit —en el sentit original—, però agafa importància com a mitjà de comunicació. Com diu el fotògraf català Joan Fontcuberta, ens hem convertit en *Homo photographicus*, capaços de produir i consumir imatges amb total naturalitat (Espejo, 2015, 11 de desembre). Les seues paraules evidencien per què anomena *postfotografia* el que fem actualment i que, en certa manera, representa el final d'una era. La gran capacitat d'impacte que va tenir inicialment s'ha diluït davant de l'enorme quantitat d'imatges que circulen. Tot i els canvis, la fotografia es continua reinventant, i continua sent una poderosa eina per a la comprensió del nostre entorn i la seua conservació.

Referències

- Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., Bayne, E., & Boutin, S. (2015). Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675–685. <https://doi.org/10.1111/13652664.12432>
- Collin A., Ramambason, C., Pastol, Y., Casella, E., Rovere, A., Thiault, L., Espiau, B., Siu, G., Lerouvreux F., Nakamura, N., Hench, J. L., Schmitt, R. J., Holbrook, S. J., Troyer, M., & Davies, N. (2018). Very high resolution mapping of coral reef state using airborne bathymetric LiDAR surface-intensity and drone imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 39(17), 5676–5688. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1500072>
- Espejo, B. (2015, 11 de desembre). Joan Fontcuberta: «Antes la fotografía era escritura. Hoy es lenguaje». *El Español*. https://www.elespanol.com/el-cultural/arte/20151211/joan-fontcuberta-fotografia-escritura-hoy-lenguaje/85991548_0.html
- Fossey, D. (1985). *Gorilas en la niebla*. Salvat editores.
- Groom, M. J., Meffe, G. K., & Carroll, C. R. (2006). *Principles of conservation biology*. Sinauer associates.
- Hodgson, J. C., Mott, R., Baylis, S. M., Pham, T. T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A. D., Segaran, R. R., Reid, I., Terauds, A., & 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>
- Ivosevic, B., Han, Y. G., Cho, Y., & Kwon, O. (2015). The use of conservation drones in ecology and wildlife research. *Journal of Ecology and Environment*, 38(1), 113–118. <https://doi.org/10.5141/ecoenv.2015.012>
- Lambertucci, S. A., Margalida, A., Speziale, K. L., Amar, A., Ballejo, F., Bildstein, K. L., Blanco, G., Botha, A. J., Bowden, C. G. R., Cortés-Avizanda, A., Duriez, O., Green, R. E., Hiraldo, F., Ogada, D., Plaza, P., Sánchez-Zapata, J. A., Santangeli, A., Selva, N., Spiegel, O., & Donazar, J. A. (2021). Presumed killers? Vultures, stakeholders, misperceptions, and fake news. *Conservation Science and Practice*, 3, e415. <https://doi.org/10.1111/csp2.415>
- Mangewa, L. J., Ndakidemi, P. A., & Munishi, L. K. (2019). Integrating UAV technology in an ecological monitoring system for community wildlife management areas in Tanzania. *Sustainability*, 11(21), 6116. <https://doi.org/10.3390/su11216116>
- Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., & Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *PNAS*, 115(25), e5716–e5725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719367115>
- Paneque-Gálvez, J., McCall, M. K., Napoletano, B. M., Wich, S. A., & Koh, L. P. (2014). Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in Tropical areas. *Forests*, 5(6), 1481–1507. <https://doi.org/10.3390/f5061481>
- Rovero, F., & Marshall, A. R. (2009). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1011–1017. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01705.x>
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C., & Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1170–1179.
- Sontag, S. (1977/2005). *Sobre la fotografía*. Alfaguara.
- Tabak, M. A., Norouzzadeh, M. S., Wolfson, D. W., Sweeney, S. J., VerCauteren, K.C., Snow, N. P., Halseth, J., Salvo, P., Lewis, J., White, M., Teton, B., Boughton, R., Wight, B., Newkirk, E., Odell, E., Brook, R., Moeller, A., Mandeville, E., Clune, J., Miller, R., & Schlichting, P. (2019). Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(4), 585–590. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13120>
- Wang, S. W., & Macdonald, D. W. (2009). The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation*, 142(3), 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.023>

Santiago Carreira

Investigador del Laboratori de Sistemàtica i Història Natural de Vertebrats, Institut d'Ecologia i Ciències ambientals de la Universitat de la República d'Uruguai. També forma part de la secció d'herpetologia del Museu Nacional d'Història Natural (Montevideo, Uruguai). És coautor de diverses publicacions científiques i de llibres com *Reptiles de Uruguay* (Universitat de la República, 2005), la *Guía de anfibios del Uruguay* (Ediciones de la Fuga, 2012) i el *Libro rojo de los anfibios y reptiles de Uruguay* (Dinama, 2019), entre d'altres.

Entrevista a Cristina Mittermeier

«El mar és el motor del nostre planeta»

Biòloga de conservació i fotògrafa

22/03/2023

Roberto García-Roa i Lucía Sapiña



Foto: SeaLegacy

Cristina Mittermeier (Ciutat de Mèxic, 1966) és biòloga marina i una de les fotògrafes més destacades en la defensa de la conservació de la biodiversitat marina. Va créixer a Cuernavaca, una localitat envoltada de muntanyes i natura. Àvida lectora, confessa que en la seua passió pel mar van influir, i molt, aquelles històries de pirates de l'escriptor Emilio Salgari que va devorar durant la seua joventut i que estaven protagonitzades per Sandokan i la seua fidel tripulació.

Quan va arribar el moment d'anar a la universitat, es va decantar per l'Enginyeria Bioquímica, especialitat de Recursos Marins, a l'Institut Tecnològic d'Estudis Superiors de Monterrey (Mèxic). «Eren anys en què amb prou feines es parlava de conservació», recordava en una entrevista recent. No obstant això, la seua passió per la

conservació no va impedir que el seu primer treball fos en l'organització mediambiental Conservation International. També va cursar el programa de fotografia artística al Corcoran College for the Arts de Washington (Estats Units). La seua feina li va oferir l'oportunitat de començar a viatjar i a conèixer –i fotografiar– nombroses comunitats indígenes i el seu entorn. Des d'aleshores, no ha parat de capturar amb la seua càmera tot allò que permeta reflexionar sobre la conservació del nostre patrimoni natural i cultural.

Des de finals dels noranta, ha estat col·laboradora i editora en la sèrie de publicacions sobre conservació impulsada per Cemex i Conservation International. És membre de la World Photographic Academy i ha rebut nombrosos guardons pel seu treball com el Premi Missions de l'Associació Nord-americana de Fotografia de Natura, el Premi Smithsonian a la Fotògrafa de Conservació de l'Any, i el Premi Imatge per a fotògrafs que fan contribucions destacades, entre d'altres.

El 2005 va fundar la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació, la qual reuneix un prestigiós grup internacional d'especialistes de l'àmbit de la fotografia i el vídeo les línies de treball del qual s'enfoquen directament en la conservació del medi natural. Anys més tard, el 2014, va fundar l'organització sense afany de lucre SeaLegacy juntament amb la seua parella, el també fotògraf de conservació Paul Nicklen. SeaLegacy es defineix com una agència global de màrqueting, educació i comunicació a favor dels oceans a través de la creació d'estratègies i continguts que impulsen el públic a l'acció. En aquesta, un destacat grup de cineastes, conservacionistes i fotògrafs elabora propostes en la intersecció de l'art i la ciència amb la finalitat de protegir i recuperar els oceans.

El 2018 la va escollir *National Geographic* com una de les aventureres de l'any. La seua feina la fa viatjar constantment, per la qual cosa l'entrevista es fa en línia, entre reunions i la preparació de noves expedicions.

Què va arribar abans a la seua vida, el seu afany per la conservació o la seua passió per la fotografia?

La conservació va ser el primer. En realitat, la fotografia ha estat una eina en aquest camí. No soc d'aquestes apassionades que agafa la càmera només pel gust d'agafar-la.

Vostè va fundar la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació. Quina diferència hi ha entre la fotografia de natura i la de conservació?

La primera vegada que vaig intentar definir aquesta diferència entre fotografia de natura i de conservació ho faig en un article per a *International Journal of Wilderness*, des del meu *background* en ciència. Des de la simple observació, jo veia una veïna a la qual li



agradava la fotografia, que sortia a fer fotos de les flors, i a això la gent l'anomenava *nature photography* ['fotografia de natura']. I després tenies algú com Michael Nick Nichols, que va caminar més de 2.000 km per les selves d'Àfrica, des del Camerun fins al Gabon, seguint els transectes dels elefants per territoris que mai ningú abans havia vist; i, amb aquestes fotografies, va anar a veure el president del Gabon i li va argumentar la creació de tretze àrees de parcs nacionals. Quina diferència!, veritat? Però això també era anomenat *fotografia de natura*. I hi ha una distinció enorme tant en el treball com en el propòsit d'aquests dos fotògrafs. Fer fotos per fer-les és un gust. La feina de promoció de la conservació és molt dur.

Foto: Cristina Mittermeier

Gràcies a la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació, professionals en diferents llocs del món estan en contacte. Què va ser el que la va impulsar a fundar-la? Com va tenir la idea?

Va sorgir des de dues bandes. D'una banda, jo soc mare de tres nens i al meu fillastre, que és el més gran, li encanten les aus i té una llista molt rigorosa amb les aus que ha vist. Ell em va convèncer que anàrem a Tasmània perquè allà hi havia tres aus que volia veure.

Hi vam anar tota la família i, en aquest viatge, vaig descobrir la feina d'un fotògraf i em va semblar bellíssima, sublim. Era Peter Dombrovskis, un home molt tímid que feia servir una antiga i enorme càmera, i les seues fotografies transmetien calma. Després, quan vaig començar a estudiar els seus treballs, em vaig assabentar que en aquells anys, els setanta, el govern d'Austràlia havia proposat la construcció de dues grans preses per a les hidroelèctriques a l'altiplà de Tasmània. Aquests projectes arruïnarien els dos rius més grans de l'illa i va ser Dombrovskis qui, a través de les seues fotografies, de manera molt callada, va contribuir en la campanya que va aconseguir vèncer les hidroelèctriques. I per a mi va ser un descobriment veure que pots fer servir les fotografies com a eines per atraure els mitjans de comunicació, per inspirar el públic, per obrir els ulls als que prenen decisions...

I per l'altra banda?

D'altra banda, jo anava a totes les conferències de fotografia i eren gairebé tots homes grans... I jo aixecava la mà i preguntava: «No podriem fer servir les nostres fotos per mirar de protegir els llocs i els animals que tant ens importen?». I em deien que no, que a això no s'hi dedicaven. Els interessaven sobretot els filtres, les obertures i aquelles coses. Em vaig veure una mica encaixonada i vaig pensar de crear la meua pròpia organització per parlar d'aquests temes. Vaig convocar per primer cop la Lliga Internacional de Fotògrafs de Conservació i em va sorprendre moltíssim, perquè hi van assistir els fotògrafs més icònics de la nostra generació: Art Wolfe, Nick Nichols, Frans Lanting, Dave Doubilet... ells havien arribat al cim de la fotografia i eren allà, a primera fila, preguntant com podem fer servir les nostres fotos per canviar el curs de la conservació.

En el meu cas [explica Roberto] mire que la ciència s'acoste a la fotografia, perquè he vist com després de publicar articles molt bons en revistes destacades reben poca atenció mediàtica i, en canvi, si li sumes la fotografia el teu missatge pot arribar més lluny. Actualment, creu que la ciència i la fotografia estan prou unides?

No, és clar que no. I per a mi això va ser un altre moment eureka. Quan vaig començar la universitat i vaig treballar a Conservation International vaig dedicar cinc o sis anys a publicar en revistes científiques articles sobre conservació que no transcendiren més enllà de l'entorn acadèmic. I no va ser fins que vaig col·laborar amb el fotògraf Patricio Robles Gil, amb la sèrie de publicacions de conservació de Cemex, que va fer uns llibres de fotografia preciosos que em van obrir els ulls. Vaig observar que quan tu parles a la gent en un llenguatge científic, amb gràfics i estadístiques, la majoria no pot entendre-ho i és més fàcil rebutjar-ho i dir: «A mi això no m'interessa». Però quan afegeixes la fotografia... La fotografia és un llenguatge que tots parlem. I el parlem molt bé. Duem un aparell a la butxaca que ens fa experts. Jo em vaig adonar amb aquests llibres la primera vegada que els vam fer: era la ciència que jo havia escrit, amb les fotografies del Patricio; i la gent venia, passava les pàgines així [fa el gest de fullejar un llibre], i no llegien res, però les fotografies no només les miraven, sinó que preguntaven: «No et feia por?, tenies fred?». Amb la fotografia es trenca aquesta barrera del diàleg, és la primera entrada en la conversa i la gent s'adona que sí que li interessa aquest tema, però mai ningú l'ha convidat a preguntar, a participar-hi, a entendre-ho.

I com es podria convèncer la comunitat científica d'això?

Caldria mostrar alguns estudis de cas. Per exemple, fa dos anys estava realment deprimida per l'estat del planeta, i em vaig topar amb un article que em va omplir d'inspiració. Es titulava «Reconstruir la vida marina» ("Rebuilding marine life", en anglès) l'autor principal del qual era l'investigador Carlos M. Duarte. I li vaig comentar: «M'ha inspirat moltíssim el missatge de l'article, però quan l'intentes llegir és difícilíssim». És llenguatge científic. Llavors li proposo: «Què et sembla si destil·lem la informació als quatre o cinc punts més importants i ho il·lustrem amb fotografies?». Ara estem fent el llibre de Cemex d'enguany i veiem com de lluny està arribant el seu treball en col·laboració amb un fotògraf.

Vostè és molt activa a les xarxes socials. Com han modificat aquests canals la forma de difondre la fotografia i divulgar sobre la importància de conservar la nostra biodiversitat? Són una altra manera d'acostar aquest contingut científic a altres públics?

Els mitjans socials són una oportunitat diària. L'article «Reconstruir la vida marina» em va canviar la forma de pensar, perquè veus que pots agafar un apartat petit, l'il·lustres amb fotografia i el llances al món. I la gent et diu: «No sabia que els taurons eren tan importants». O «no sabia que les pastures marines poden ajudar-nos a descarbonitzar». Punt per punt i transmetent la informació d'una manera col·loquial. A la gent res la inspira més que donar una ullada al món del fotògraf. La majoria de la gent treballa en un escriptori i no té l'oportunitat de fer això. Així doncs, és una invitació a l'aventura.

Fa uns anys, vostè va cofundar el projecte SeaLegacy. Per què ens hem de bolcar en la protecció dels oceans?

A mi em costava explicar breument el perquè. Fins que vaig conèixer Carlos [Duarte]. Llavors t'adones que és impossible ignorar el fet que més del 70 % del nostre planeta és aigua de mar. Si fórem un vehicle i obrírem el capó, el motor seria tot d'aigua salada, i realment coneixem molt poc com treballa aquest motor! És per això que la ciència és tan important. No sabíem gairebé res fins fa poc de la funció que té a la vida silvestre, en el cicle del carboni. És així com podem descarbonitzar l'atmosfera i si no sabem com funciona no podem fer-ho. El mar és el motor del nostre planeta. Gairebé el 80 % de la biodiversitat del planeta viu al mar, però en sabem molt poc; més del 50 % de l'oxigen que es produeix al planeta és per la productivitat marina... La gent s'imagina només pastures marines i manglars, però són les comunitats planctòniques les que el produeixen. La reacció química del diòxid de carboni amb l'aigua marina, que forma l'àcid carbònic, és molt destructiva per a les comunitats planctòniques. En el nostre motor estem perdent els cargols i ni tan sols ens n'adonem.

A SeaLegacy, com es posa en marxa una nova expedició?

S'inicia amb les sis àrees d'acció que els científics ens diuen: hem de crear més àrees marines protegides, preservar espècies, aturar el flux de contaminants, repensar com i quanta proteïna del mar extraïem, restaurar els hàbitats i reimaginar-nos el mar com la solució al canvi climàtic. Si trobem organitzacions i temes que entren en algun d'aquests sis apartats comencem a pensar en una expedició i en la història. Per exemple, ara sortirem cap a Revillagigedo, que és al Pacífic mexicà, un petit arxipèlag molt allunyat de la costa. Fa un parell d'anys es va fer molta feina allà. És un parc nacional enorme i està completament protegit. No hi ha cap activitat pesquera ni de mineria. Llavors ens toca a nosaltres anar-hi dos anys després de tot el que es va fer per explicar la història de com la vida silvestre ha retornat, les poblacions de tonyina s'han triplicat, hi ha taurons, balenes... Explicar aquestes històries perquè els governs entenguin que les àrees marines protegides no poden ser només de 10 km² al mar. Aquesta expedició encaixa en l'àrea d'acció número u: hem de crear més àrees marines protegides. Com podem animar això?



Aquestes imatges de Cristina Mittermeier permeten conèixer i valorar la diversitat dels ecosistemes marins i conscienciar sobre la necessitat de preservar-los. El seu treball pot seguir-se al seu web i a través de les seues xarxes socials (www.cristinamittermeier.com).

És una tasca de conscienciació?

És una tasca de defensa i promoció perquè el públic importa, però qui pren les decisions són els ministres de Medi Ambient en molts països, i aquests tenen les seues agendes i interessos propis. L'*storytelling* realment ajuda a informar en aquest tipus de decisions.

I en aquestes expedicions, s'elabora també un informe científic de l'àrea?

Depèn, però gairebé sempre anem amb algun científic. La idea és crear productes de comunicació: vídeo, entrevistes... Que siga com prendre's una píndola amb alguna cosa dolça, perquè la gent ho

veja.

Ha comentat la poca presència que hi havia de dones en aquestes reunions de fotògrafs a les quals acostumava a anar i ara mateix vostè és model per a moltes joves. Com ha canviat el panorama en aquests anys?

Ha canviat moltíssim. Des que vaig començar, que érem amb prou feines un grapat de dones, ha canviat. Però no ho ha fet prou ràpid. Fins ara, per a la revista *National Geographic* continuen sent uns 120 fotògrafs i només vint són dones. Jo soc l'única mexicana que ha treballat a la revista. Continua predominant l'home, blanc, nord-americà.

En els premis de fotografia passa igual, els percentatges de dones que els guanyen són encara molt baixos.

Baixíssims, sí. Tot i així, l'última edició del Wildlife Photographer of the Year la va guanyar Karine Aigner. I l'Underwater Photographer of the Year el 2021 el va guanyar també una dona [Renne Capozzola].

De vegades veure de prop els problemes del planeta i que no es fa res pot portar al desànim. D'on treu les forces per continuar treballant per la conservació del món natural?

De l'amor per la natura, pels animals. Realment en el tema de la comunicació no hi ha hagut prou inversió perquè la gent estigui assabentada de com de seriós que és el tema, del perill enorme al qual ens enfrontem com a humanitat. En una reunió recent d'inversors [en projectes de promoció de la protecció] es parlava del valor de l'aquicultura, etc. I jo els vaig dir: «El que hem de fer és invertir en comunicació i "vendre" el mar pel seu valor intrínsec, pel valor que té per a la vida».

© Mètode 2023 - 116. Instants de ciència - Volum 1 (2023)

Roberto García-Roa

Investigador en Biologia Evolutiva a la Universitat de Lund (Suècia). Fotògraf de natura i conservació. Entre altres guardons, el seu treball fotogràfic ha guanyat tres vegades el Premi Capturing Ecology, organitzat per la British Ecological Society.

Lucía Sapiña

Periodista. Revista *Mètode*.

Fotografia científica i astronomia

La tecnologia aplicada al coneixement de l'univers

22/03/2023 Fernando Ábalos Vázquez i Javier Ábalos



Figura 1. Fotografia de la Via Làctia obtinguda amb una exposició menor de 30 segons i una òptica de gran angular des del Complex Astronòmic AstroCamp a Nerpio (Albacete, Espanya)./ F. Ábalos Vázquez

El 1925 Edwin Hubble va fer el primer pas per expandir en diversos ordres de magnitud la mida de l'univers conegut utilitzant els precaris mètodes fotogràfics disponibles: plaques de vidre amb emulsions fotosensibles. A través del registre de les fluctuacions periòdiques a la brillantor de certes estrelles (cefeides) mitjançant fotografies, Hubble va demostrar que la distància entre Andròmeda i la Terra era molt més gran del que es creia en aquella època. Andròmeda, fins aleshores considerada una nebulosa, devia ser en realitat una altra galàxia molt diferent de la nostra. De sobte, la mida estimada de l'univers va passar de centenars de milers d'anys llum a uns quants milers de milions d'anys

llum. Des de llavors, la sinergia entre tecnologia fotogràfica i astronomia no ha deixat d'augmentar.

La immensitat de l'univers desafia la nostra imaginació. Avui sabem que conté milers de milions de galàxies com la nostra, i que habitem el tercer planeta d'un sistema solar situat en un dels braços perifèrics d'una galàxia espiral, la Via Làctia, inclosa en un cúmul de galàxies a què pertanyen almenys altres quaranta galàxies.

Fa cent anys, però, molts astrònoms sostenien que tots els objectes observables al cel nocturn des de la Terra devien pertànyer a la Via Làctia (Figura 1), és a dir, a la nostra galàxia (Shapley i Curtis, 1921). Les nebuloses (com la nebulosa de l'home corrent, Figura 2a)

són, a grans trets, núvols formats per gas i pols. Poden classificar-se en dos grans grups: unes corresponen a regions on s'estan formant estrelles i d'altres es formen a partir dels gasos i materials expel·lits per estrelles moribundes o després de la seua explosió (supernoves). Per poder observar-se des de la Terra, necessiten estar il·luminades per estrelles properes (Figura 2b), encara que també poden estar formades per gasos emissors de llum si presenten elements en estat ionitzat. També hi ha nebuloses fosques que només s'han pogut detectar en forma d'ombres retallades gràcies al fet que amaguen estrelles més llunyanes o altres nebuloses brillants (Figura 2c). Encara que avui distingim una gran varietat d'objectes celestes com les nebuloses, els cúmuls, els estels i, finalment, altres galàxies, fa cent anys qualsevol objecte amb aspecte de nebulositat es considerava una nebulosa més inclosa a la Via Làctia. Al capdavant, l'aspecte dels diferents objectes celestes era molt similar. Tot semblava ser dins la nostra galàxia, perquè això era tot l'univers conegut.

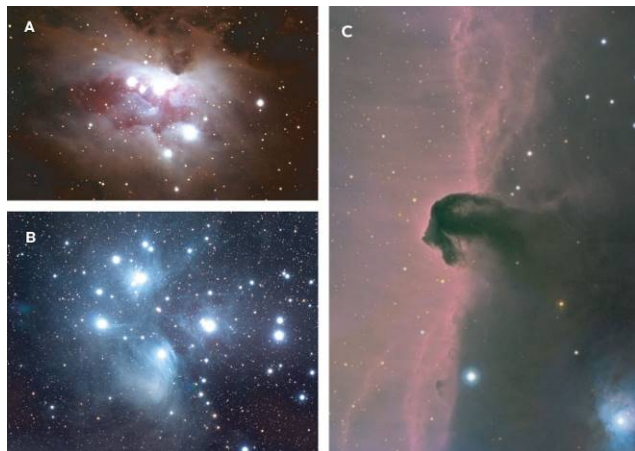


Figura 2. A) Nebulosa de l'home corrent, una nebulosa de reflexió situada a la constel·lació d'Orió. B) Les Plèiades, un cúmul estel·lar obert ubicat a la constel·lació de Taure. La feble nebulositat de reflexió que s'observa al voltant de les estrelles no està relacionada amb la formació del cúmul, sinó que es tracta d'un núvol de pols al medi interestel·lar a través del qual estan passant els estels del cúmul. C) Nebulosa del cap de cavall, un núvol de gas fred i fosc que forma part del complex de núvols moleculars d'Orió. Al voltant d'aquesta nebulosa d'absorció hi ha altres nebuloses d'emissió com la nebulosa de la flama./ Fotos: F. Ábalos Vázquez

La distància a les estrelles

Aquesta concepció de l'univers va canviar a principis del segle XX gràcies a l'ús de la fotografia científica en astronomia. En concret, gràcies a la seua aplicació per al mesurament precís de la brillantor de les estrelles: la fotometria. Una de les figures clau per a aquest canvi de paradigma va ser Edward Pickering, director de l'Observatori Astronòmic de Harvard, el qual, a finals del segle XIX, va començar un projecte monumental enfocat a obtenir centenars de fotografies (plaques de vidre amb emulsions fotosensibles) dels dos hemisferis celestes. Per això comptava amb l'ajuda d'un equip de dones (Figura 3a) que analitzaven amb paciència cada placa, comptaven estrelles i registraven la brillantor, calculant-ne les coordenades celestes (Cassinello Espinosa, 2019).

Molt poques dones treballaven llavors en alguna cosa relacionada amb la ciència. L'exemple d'aquestes pioneres va ser fonamental per bandejar prejudicis en contra de les dones i facilitar-ne la incorporació a la investigació científica (Rossiter, 1980). Una d'elles, Henrietta Leavitt (Figura 3b), va fer un descobriment que va resultar essencial per a l'estudi posterior d'Edwin Hubble sobre les dimensions de l'univers. A còpia d'analitzar la posició i la brillantor de multitud d'estrelles, Leavitt va descobrir que algunes variaven en la seua brillantor amb un període d'entre un i 120 dies, les estrelles variables. Leavitt va estudiar milers d'estrelles variables en els dos hemisferis celestes i va descriure'n diferents tipus, destacant les que va anomenar cefeïdes, perquè la primera identificada com a tal era a la constel·lació de Cefeü. La característica essencial que feia interessants les cefeïdes era que el seu període de variació era



Figura 3. A) Galàxia d'Andròmeda, també coneguda com a M31 o NGC 224. B) Edward Pickering amb el seu equip el maig de 1913. C) Henrietta Leavitt al seu escriptori del Harvard College Observatory. D) Edwin Hubble al Mount Wilson Observatory.

proporcional a la seua brillantor real o absoluta, cosa que proporcionava un mètode per mesurar la seua distància respecte de la Terra (Leavitt i Pickering, 1912). El període de variació indica la seua brillantor absoluta i amb la fotografia s'obté la brillantor aparent que es veu des de la Terra, per la qual cosa es pot deduir la distància a aquesta estrella (la brillantor mesurada és inversament proporcional al quadrat de la distància).

Fins aquell moment, les úniques tècniques disponibles per mesurar la distància fins a altres estrelles (la triangulació i la paral·laxi) podien aplicar-se únicament a estrelles molt properes. Leavitt va validar la seua metodologia, basada en la relació entre la brillantor i el període de variació de les cefeïdes, aplicant-la a estrelles a les quals també podria aplicar-se el mètode de la paral·laxi, obtenint resultats molt semblants. Per primera vegada a la història, els astrònoms disposaven d'un mètode per aconseguir mesures fiables de les distàncies enormes als objectes més llunyans de l'univers.

Fotos: F. Ábalos-Vázquez (A), Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. (B), Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (C), Mt. Wilson Archive, Carnegie Institution of Washington. Crèdit: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (D)

Henrietta Leavitt va arribar a fer mesures d'estrelles variables al Petit Núvol de Magallanes (una galàxia pròxima a la Terra) sense adonar-se que era una galàxia exterior. Uns anys més tard, Edwin Hubble va trobar estrelles variables cefeïdes en la llavors coneguda com a «nebulosa» d'Andròmeda i, aplicant el mètode de Leavitt, va estimar la distància d'aquest objecte celeste a la Terra (Figures 3c i 3d). Les mesures tenien grans errors respecte al que sabem avui, però l'important és que aquesta distància era almenys vint vegades més gran que les màximes estimacions de la mida de la nostra galàxia, i, per tant, Andròmeda estava fora de l'univers conegut. És a dir, es tractava d'una altra galàxia composta de centenars de milers d'estrelles com la nostra, i no pas d'una acumulació de pols a la nostra galàxia. Les nebuloses de la nostra galàxia són a milers o desenes de milers d'anys llum, però les galàxies externes són a milions d'anys llum o fins i tot milers de milions d'anys llum. No va trigar gaire a descobrir-se que moltes suposades nebuloses eren en realitat «altres universos»; és a dir, galàxies externes compostes de milers de milions d'estrelles (Figura 4). L'univers conegut s'havia fet, de sobte, immensament més gran.

La recerca d'altres mons

Aproximadament cent anys més tard, la tecnologia ha millorat tant que fins i tot un aficionat avançat en astronomia disposa de recursos força més sofisticats de què disposaven Pickering, Leavitt o Hubble (vegeu «Breu introducció tècnica a l'astrofotografia»). Cal destacar, però, que els avenços en astronomia no es poden atribuir únicament a la fotografia, sinó a la ràpida millora en el conjunt d'instrumentació astronòmica (telescopis, sensors digitals, espectrògrafs, etc.). Entre les moltes possibilitats obertes per aquesta autèntica revolució tecnològica, la recerca d'exoplanetes (planetes orbitant altres estrelles) destaca per la seua popularitat i per haver aportat alguns dels descobriments més fascinants dels darrers anys (Mayor i Queloz, 1995) i reconeguts amb el Premi Nobel el 2019. Podem detectar exoplanetes indirectament quantificant la variabilitat periòdica a la brillantor de certes estrelles deguda al pas d'un dels seus planetes entre l'estrella i nosaltres —una variació moltes vegades tan tènue que la seua detecció resultava impossible abans de l'aparició dels sensors digitals moderns. En registrar la brillantor d'una estrella al llarg del temps, podem fer una corba de brillantor a



partir de la qual deduir la massa i la distància de l'estrella principal, així com la mida, la massa i el període orbital del possible exoplaneta. Una altra tècnica per detectar exoplanetes, també basada en la fotografia, consisteix a fotografiar estrelles pròximes on es puga observar un moviment propi respecte al «fons d'estrelles» més llunyanes. En algunes, el seu moviment resulta no ser rectilini sinó ondulat. La raó és que podria tenir un planeta gran que en desvia lleugerament la trajectòria. És a dir, seria un cas semblant als exoplanetes descrits anteriorment, amb la diferència que l'exoplaneta en qüestió no eclipsa l'estrella quan s'observa des de la Terra.

Figura 4. Parella de galàxies: M81 (a la dreta de la imatge) i M82 (a l'esquerra). Tot i que des de la Terra semblen separades per gairebé el diàmetre de la Lluna, la distància entre elles és en realitat d'uns 150.000 anys llum. / F. Ábalos Vázquez

Avui dia, aquestes dues tècniques per buscar exoplanetes estan a l'abast dels aficionats a l'astronomia. Hi ha moltes raons per justificar l'interès de detectar exoplanetes. Cada nou exoplaneta ens ensenya alguna cosa sobre com funciona l'univers. Gràcies al descobriment d'exoplanetes, podem ser testimonis del naixement d'altres sistemes solars i aprendre sobre el nostre origen. També ens permet fer-nos una idea més exacta de la diversitat enorme de planetes que tenen cabuda a l'univers. Entre els més de 4.000 exoplanetes descrits fins ara, s'hi inclouen alguns sorprenentment semblants als mons gelats o desèrtics imaginats per la ciència-ficció, però també altres que superen els nostres somnis més fantasiosos (per exemple, Kepler-51 b, c i d, caracteritzats pels seus descobridors com a gegantines «boles de cotó» amb la mida de Júpiter, però una massa diversos centenars de vegades menor) (Libby-Roberts et al., 2020). Finalment, potser una de les motivacions més comunes per a la cerca d'exoplanetes és la possibilitat de trobar altres planetes compatibles amb la vida tal com la coneixem a la Terra. Els astrònoms denominen zona habitable (o zona de Goldilocks) a la regió entorn d'una estrella en què un exoplaneta podria albergar aigua en estat líquid (en cas de comptar amb una massa i pressió atmosfèrica adequades). Per tant, un dels paràmetres més importants per categoritzar un exoplaneta com a habitable és establir o conèixer la seua distància respecte a l'estrella al voltant de la qual orbita. A partir de la massa, la brillantor absoluta i la periodicitat en la brillantor de l'estrella principal, és possible determinar si un exoplaneta es troba en aquesta zona habitable. Avui dia, s'han descrit a la Via Làctia uns vint exoplanetes a la zona habitable, i s'estima que hi pugui haver fins a 40 milers de milions (Bryson et al., 2022; Petigura et al., 2013).

De què està fet l'univers?

L'evolució en els detectors d'imatge ha estat clau no només per a la recerca d'exoplanetes, sinó també per a l'estudi de la composició química de l'univers. Cal recordar que tot l'univers està compost de la mateixa matèria, i que gairebé la totalitat es troba en forma



d'àtoms d'hidrogen, el primer element de la taula periòdica. La rica varietat d'elements químics que trobem a la Terra (però també en altres planetes, nebuloses, estels, etc.) va sorgir a partir de l'hidrogen mitjançant reaccions nuclears en les condicions extremes que es donen a l'interior de les estrelles. Els nostres cossos —però també, per exemple, el cometa C/2020 F3 (NEOWISE) que es pot veure a la Figura 5— constitueixen l'agregació temporal d'un conjunt d'àtoms (de carboni, hidrogen, ferro, silici, etc.), sorgits en una munió d'estrelles diferents fa milers de milions d'anys i que, a la llarga, es tornaran a dispersar per l'univers.

Figura 5. Estel C/2020 F3 (NEOWISE), descobert el març del 2020. Va ser observable fins i tot a simple vista durant tot el mes de juliol del 2020, cosa que no tornarà a passar fins d'aquí a diversos milers d'anys. / F. Ábalos Vázquez

Per estudiar la composició química dels objectes de l'univers, es fa servir l'espectroscòpia, que permet descompondre la llum provinent d'una estrella (per exemple) i determinar els elements que hi són presents a partir del seu espectre de radiació electromagnètica. En escalfar-se, cada element de la taula periòdica emet llum en un patró de longituds d'ona que varia molt específicament amb la seua temperatura. Els espectres d'emissió dels diferents elements van començar a estudiar-se al laboratori ja des de la segona meitat del segle XIX (Huggins i Miller, 1864). El procediment consisteix a descompondre la llum emesa per una substància escalfada fins a la incandescència fent-la passar per un prisma òptic. S'obté així un espectre discontinu, principalment negre, amb algunes ratlles de colors. Cada element emet llum només en algunes longituds molt concretes. Si, per contra, mantenim

fred l'element en qüestió, l'il·luminem amb una llum blanca i descomponem la llum transmesa amb un prisma òptic, s'obté un espectre de colors interromput per una sèrie de ratlles fosques que coincideixen amb les ratlles de color a l'espectre d'emissió (cada element absorbeix llum a les mateixes longituds d'ona on emet llum en incandescència). Una vegada elaborat el catàleg amb les «firmes espectrals» dels diferents elements, aquest coneixement es pot aplicar per esbrinar la composició i la temperatura de les estrelles i altres objectes celestes. A causa de la seua poca brillantor, aconseguir espectres fiables per a bona part dels objectes celestes era un autèntic desafiament o una cosa del tot impossible abans de l'aparició dels sensors de fotografia digital moderns.

El treball de pioners com Joseph von Fraunhofer (que el 1823 va deixar escrit que altres estrelles presentaven bandes d'emissió semblants a les del Sol), Sir William Huggins (que el 1864 va identificar aquestes bandes amb elements presents a la Terra), o el jesuïta italià Pietro Angelo Secchi (que el 1868 va reunir més de 4.000 espectres d'estrelles diferents descomponent amb un prisma òptic la llum captada en un telescopi), van demostrar que hi ha moltes estrelles semblants al Sol a l'univers, i que el Sol i les estrelles estan compostes dels mateixos materials que podem trobar a la Terra (Cassinello Espinosa, 2019; Taton i Curtis, 1995). La idea que el sistema solar constituïa alguna forma d'excepció a l'univers va haver de ser abandonada. Avui dia, les tècniques d'espectroscòpia i la tecnologia fotogràfica estan tan avançades que els astrònoms poden, per exemple, obtenir espectres de la llum d'una estrella filtrada a través de l'atmosfera d'un dels seus exoplanetes, fet que els permet estudiar la presència d'aigua i altres paràmetres necessaris per a la vida a l'atmosfera planetària (Benneke et al., 2019).

Un univers en expansió

Una altra de les contribucions monumentals a l'astronomia que devem a l'espectroscòpia d'imatge és la confirmació empírica de l'expansió de l'univers. Des de la segona meitat del segle XIX, astrònoms com Sir William Huggins o Vesto Slipher havien descrit que els espectres de moltes nebuloses –més tard identificades com a galàxies– presentaven un patró de bandes d'emissió molt semblant del d'altres estrelles a la nostra galàxia, excepte per una condició: les línies d'emissió estaven desplaçades en igual mesura cap a longituds d'ona més grans; és a dir, cap al vermell (Slipher, 1915). Aquest fenomen, conegut com a desplaçament cap al vermell, va ser inicialment atribuït a aquest efecte Doppler, que descriu el canvi de freqüència aparent d'una ona produït pel moviment relatiu de la font respecte al seu observador, o de l'observador respecte de la font. Si un objecte emet una llum i s'acosta cap a nosaltres, o roman quiet mentre nosaltres ens hi acostem, percebrem la llum en una freqüència d'ona augmentada, desplaçada cap al blau. Si, per contra, l'objecte s'allunya, o es manté quiet mentre nosaltres ens allunyem, la llum ens arribarà amb una freqüència més baixa (desplaçada en la seua freqüència cap al vermell). Passa, a més, que el desplaçament cap al vermell, o cap al blau, serà més gran com més gran siga la velocitat a què s'allunya o acostarà l'objecte. L'efecte Doppler també afecta el so i és el responsable que percebem el so d'una ambulància molt més agut quan s'acosta a nosaltres que quan s'allunya.



Figura 6. Nebulosa de la Roseta (NGC 2237). La imatge superior es va obtenir combinant informació de banda ampla i estreta, fent servir la paleta Hubble per assignar el color. Per aconseguir la imatge inferior, només es va utilitzar la informació dels filtres RGB (banda ampla). / F. Ábalos Vázquez

A mitjan segle XIX, en principi no hi havia raons per suposar cap pauta en el moviment de l'univers: el que s'esperava era que algunes nebuloses (en realitat, altres galàxies) presentessin un desplaçament cap al vermell mentre altres el presentessin cap al blau. Tot i això, l'observació d'un desplaçament cap al vermell consistent i la seua quantificació per a un gran nombre d'objectes celestes va permetre a Edwin Hubble concloure que l'univers estava en expansió, amb totes les seues galàxies i cúmuls de galàxies allunyant-se entre si a una velocitat directament proporcional a la distància que els separa (Hubble, 1929; Hubble i Humason, 1931). La formulació posterior de la teoria de la relativitat general d'Einstein ens va permetre entendre per què l'atribució del desplaçament cap al vermell a aquest efecte Doppler dona resultats erronis quan s'aplica a galàxies molt llunyanes: en realitat, l'allargament de l'ona es produeix per l'expansió del mateix espai-temps entre emissor i receptor, estirant l'ona (és a dir, disminuint la seua freqüència) a mesura que aquesta viatja (Bunn i Hogg, 2009; Harrison, 1993).

Per als objectes més distants (i que, per tant, s'allunyen a més velocitat) el desplaçament cap al vermell és tan pronunciat que les línies d'emissió i absorció s'observen més enllà del vermell, a la banda de l'infraroig. En conseqüència, els instruments utilitzats com a telescopis, lents, miralls i càmeres han de ser especialment sensibles a la radiació infraroja. Per estudiar l'univers visible més llunyà (que és el més antic), s'utilitzen telescopis els miralls dels quals

no estan platejats o aluminitzats a la superfície reflectora, sinó daurats. L'or és molt més eficaç reflectint la radiació infraroja que altres metalls.

Una altra consideració necessària per fer fotografies a l'infraroig és refrigerar el sensor i tota l'electrònica fins a temperatures tan properes com siga possible al zero absolut (en cas contrari, la seua calor ocultarà la radiació infraroja de l'objecte fotografiat). Hi ha observatoris a la Terra que treballen a l'espectre infraroig (fins i tot hi ha aficionats que s'hi dediquen), però els telescopis més importants específicament dedicats a aquesta tasca es troben a l'espai. Els motius són principalment dos: en primer lloc, la seua localització extraatmosfèrica elimina l'efecte distorsionador de la mateixa atmosfera i, en segon lloc, mantenir els equips sensors prou freds és més senzill allà que a la Terra (sempre que els mantinguem protegits de la radiació solar directa). Un exemple actual el trobem en el telescopi espacial James Webb, recentment enviat a l'espai i equipat per estudiar com era l'univers fa milers de milions d'anys (Böker et al., 2022; Gardner et al., 2006). Els miralls hexagonals que componen el reflector del telescopi són daurats per poder observar els objectes més llunyans i antics de l'univers, que, sens dubte, seran a la part infraroja de l'espectre. El llançament del James Webb va tenir lloc el desembre del 2021 i les primeres imatges van arribar el juliol del 2022. Entre elles destaca la fotografia d'una

fracció minúscula del cel visible de l'hemisferi sud que revela una autèntica simfonia composta per milers de galàxies. La majoria d'aquestes galàxies apareixen tal com eren fa uns 4.600 milions d'anys (poc després de la formació del sistema solar), i algunes apareixen distorsionades (o fins i tot reflectides) per l'efecte de lent gravitatòria que exerceix el cúmul de galàxies central. No hi ha dubte que imatges com aquesta han marcat un abans i un després a la història de l'astronomia. I, tanmateix, el més probable és que el millor encara estigui per arribar.

Una eina clau en mans de la ciutadania

El desenvolupament ràpid de la tecnologia (i particularment la sofisticació dels detectors d'imatge) els darrers cent anys ha estat clau per a l'avenç de la investigació en astronomia, superant fins i tot en importància l'evolució en l'òptica dels telescopis. El grau de refinament ha estat tan alt que la construcció de grans telescopis ha anat perdent rellevància per la forta inversió que requereix davant els avantatges oferts per una instrumentació capdavantera acoblada a un telescopi més modest.

Alhora, l'abaratiment de la tecnologia ha permès la proliferació de projectes de recerca en astronomia oberts al públic general (ciència ciutadana). Entre les línies de recerca on l'aportació d'imatges obtingudes per aficionats a l'astronomia resulta particularment rellevant destaquen el seguiment d'asteroides, el descobriment de nous estels, la detecció d'exoplanetes i fins i tot la mesura de l'espectre d'emissió d'alguns objectes celestes (Henden et al., 2009).

Al llarg del darrer segle, la fotografia digital s'ha consolidat com una eina clau en la investigació astronòmica i tot apunta que la millora tecnològica, lluny de frenar-se, seguirà la seua acceleració els anys vinents, deixant-nos un reguitzell de descobriments sobre l'origen de l'univers, la seua grandària i expansió, o l'existència d'altres planetes habitables (o fins i tot habitats!).

Nota

Totes les fotografies astronòmiques d'aquest article han estat fetes des de l'Observatori d'AstroCamp a Nerpio (Albacete) amb un telescopi refractor de 130 mm de diàmetre i una càmera CCD refrigerada i són obra de Fernando Ábalos Vázquez.

Referències

- Benneke, B., Wong, I., Piaulet, C., Knutson, H. A., Lothringer, J., Morley, C. V., Crossfield, I. J. M., Gao, P., Greene, T. P., Dressing, C., Dragomir, D., Howard, A. W., McCullough, P. R., Kempton, E. M. R., Fortney, J., & Fraine, J. (2019). Water vapor and clouds on the habitable-zone sub-Neptune exoplanet K2-18b. *The Astrophysical Journal Letters*, 887(1), L14. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab59dc>
- Böker, T., Arribas, S., Lützgendorf, N., Alves de Oliveira, C., Beck, T. L., Birkmann, S., Bunker, A. J., Charlot, S., de Marchi, G., Ferruit, P., Giardino, G., Jakobsen, P., Kumari, N., López-Cañiego, M., Maiolino, R., Manjavacas, E., Marston, A., Moseley, S. H., Muzerolle, J., ... Zeidler, P. (2022). The near-infrared spectrograph (NIRSpec) on the James Webb Space Telescope. III. Integral-field spectroscopy. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A82. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142589>
- Bryson, S., Kunimoto, M., Kopparapu, R. K., Coughlin, J. L., Borucki, W. J., Koch, D., Aguirre, V. S., Allen, C., Barentsen, G., Batalha, N. M., Berger, T., Boss, A., Buchhave, L. A., Burke, C. J., Caldwell, D. A., Campbell, J. R., Catanzarite, J., Chandrasekaran, H., Chaplin, W. J., ... Zamudio, K. A. (2021). The occurrence of rocky habitable-zone planets around solar-like stars from Kepler data. *The Astronomical Journal*, 161(1), 36. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/abc418>
- Bunn, E. F., & Hogg, D. W. (2009). The kinematic origin of the cosmological redshift. *American Journal of Physics*, 77(8), 688–694. <https://doi.org/10.1119/1.3129103>
- Cassinello Espinosa, A. (2019). La medida del cielo: Momentos estelares en las ciencias del cosmos. Escolar y Mayo Editores S. L.
- Gardner, J. P., Mather, J. C., Clampin, M., Doyon, R., Greenhouse, M. A., Hammel, H. B., Hutchings, J. B., Jakobsen, P., Lilly, S. J., Long, K. S., Lunine, J. I., Mccaugherean, M. J., Mountain, M., Nella, J., Rieke, G. H., Rieke, M. J., Rix, H., Smith, E. P., Sonneborn, G., ... Wright, G. S. (2006). The James Webb space telescope. *Space Science Reviews*, 123(4), 485–606. <https://doi.org/10.1007/s11214-006-8315-7>
- Harrison, E. (1993). The redshift-distance and velocity-distance laws. *The Astrophysical Journal*, 403, 28–31.
- Henden, A. A., Welch, D. L., Terrell, D., & Levine, S. E. (2009). The AAVSO photometric all-sky survey (APASS). *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, 214, 402–407.
- Hubble, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15(3), 168–173. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.3.168>
- Hubble, E., & Humason, M. L. (1931). The velocity-distance relation among extra-galactic nebulae. *The Astrophysical Journal*, 74, 43–80. <https://doi.org/10.1086/143323>
- Huggins, W., & Miller, W. A. (1864). On the spectra of some fixed stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 154, 413–445. <https://doi.org/10.1098/rstl.1864.0012>
- Leavitt, H. S., & Pickering, E. C. (1912). Periods of 25 variable stars in the Small Magellanic Cloud. *Harvard College Observatory Circular*, 173, 1–3.
- Libby-Roberts, J. E., Berta-Thompson, Z. K., Désert, J.-M., Masuda, K., Morley, C. V., Lopez, E. D., Deck, K. M., Fabrycky, D., Fortney, J. J., Line, M. R., Sanchis-Ojeda, R., & Winn, J. N. (2020). The featureless transmission spectra of two super-puff planets. *The Astronomical Journal*, 159(2), 57. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ab5d36>
- Mayor, M., & Queloz, D. (1995). A Jupiter-mass companion to a solar-type star. *Nature*, 378(6555), 355–359. <https://doi.org/10.1038/378355a0>
- Petigura, E. A., Howard, A. W., & Marcy, G. W. (2013). Prevalence of Earth-size planets orbiting Sun-like stars. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(48), 19273–19278. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319909110>
- Rossiter, M. W. (1980). "Women's work" in science, 1880-1910. *ISIS*, 71(3), 381–398. <https://doi.org/10.1086/352540>
- Shapley, H., & Curtis, H. D. (1921). The scale of the universe. *Bulletin of the National Research Council*, 2(11), 171–217. <https://archive.org/details/scaleofuniverse00shap>
- Slipher, V. M. (1915). Spectrographic observations of nebulae. *Popular Astronomy*, 23, 21–24.
- Taton, R., & Curtis, W. (1995). Planetary astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics: Part B: The Eighteenth and Nineteenth centuries. Cambridge University Press.

© Mètode 2023 - 116. Instants de ciència - Volum 1 (2023)

Fernando Ábalos Vázquez

Enginyer i cap d'operacions al Complex Astronòmic AstroCamp (Nerpio, Albacete, Espanya), un projecte científicotècnic fundat el 2011 amb l'objectiu de facilitar l'accés a unes condicions òptimes per a l'astrofotografia a través de l'ús de telescopis en remot.

Al número 116 de la revista de divulgació científica Mètode, publicada per la Universitat de València, s'incorporava un monogràfic sobre la fotografia relacionada amb la ciència.

Hem confeccionat aquest document amb la presentació del monogràfic, a càrrec de Roberto Garcia-Roa, tres articles a càrrec de Santiago Carreira, Fernando Ábalos i el mateix Garcia-Roa i una entrevista a Cristina Mittermeier, especialitzada en fotografia submarina de conservació.

Col·lecció Documents d'ant n°256