

La física de Tarkovski

Pol Bordas*

Universitat de Barcelona
pbordas@ub.edu

Resum: Després d'una breu nota sobre la situació política actual en el conflicte entre Rússia i Ucraïna, proposem una anàlisi de la física present en l'obra del director i teòric del cinema Andrei Tarkovski, en concret en la seva obra *Solaris*, basada en la novel·la homònima de Stanislaw Lem. Ens centrem en l'incisiu punt de vista que hi exposa sobre els límits del mètode científic aplicat a la cerca d'altres formes de vida a la nostra galàxia. Les aportacions de *Solaris* en aquest camp són plenament vigents, atès el ràpid desenvolupament que les ciències de l'espai estan vivint actualment, en particular la descoberta de nombrosos exoplanetes en els darrers anys. Així mateix, *Solaris* ofereix una perspectiva complementària d'algunes de les qüestions filosòfiques i científiques més antigues de la humanitat, també abordades en l'àmbit matemàtic i estadístic per físics com Enrico Fermi, Carl Sagan o Frank Drake: «Estem sols a l'Univers?»; o potser amb més precisió: «Per què estem sols a l'Univers?».

Paraules clau: Andrei Tarkovski, *Solaris*, vida extraterrestre, equació de Drake, paradoxa de Fermi.

The physics of Tarkovsky

Abstract: After a brief note on the current political situation in Russia/Ukraine at the time of writing this article, we propose a physics-based analysis of some ideas contained in Andrei Tarkovsky's film *Solaris*, adapted from the homonymous novel by Stanislaw Lem. We discuss particularly Tarkovsky's independent, almost orthogonal, perspective on the effects that the search for other types of life in space could entail. The incisive and psychological style that Tarkovsky puts forth in this film suggests limits to the scientific methods related to space research which are perfectly valid today, with Space Science advances growing rapidly in recent decades. These ideas add a novel perspective to some long-standing philosophical questions, also addressed by physicists like Enrico Fermi, Carl Sagan and Frank Drake: "Are we alone?"; or perhaps more precisely: "Why should we be alone?"

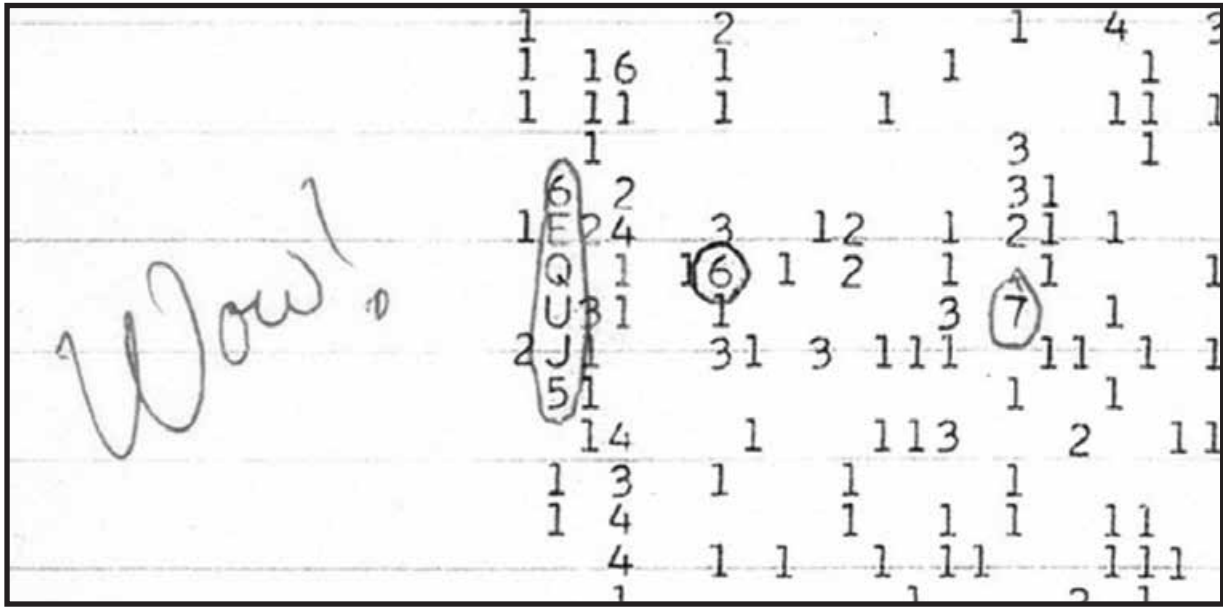
Keywords: Andrei Tarkovsky, *Solaris*, extraterrestrial life, Drake equation, Fermi paradox.

Compàs d'amalgama, ISSN 2696-0982 / e-ISSN 2696-1008, tardor 2022, núm. 6, p. 58-62

DOI <https://doi.org/10.1344/Compas.2022.6.40116.58-61>

Data de recepció: 2-3-2022. Data d'acceptació: 21-4-2022.

* Professor agregat al Departament de Física Quàntica i Astrofísica de l'Universitat de Barcelona, Pol Bordas forma part de l'Institut de Ciències del Cosmos (ICCUB) i de l'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC). La seva investigació se centra en l'estudi de sistemes dins la nostra galàxia capaços d'emetre rajos gamma d'alta energia. Ha treballat en diversos instituts europeus, entre ells l'IAAT de Tübingen, la Universitat de Ginebra i el MPIK a Heidelberg. Actualment combina la investigació i la docència a la Facultat de Física de la UB. ORCID: 0000-0002-0266-8536.



Introducció

La possibilitat de trobar vida intel·ligent més enllà del nostre planeta és una qüestió que acompanya la humanitat des de temps immemorials. Possiblement, la pregunta de si estem sols a l'Univers data del mateix moment en què vam desenvolupar una consciència biològica que ens donà peu a definir-nos com una espècie diferenciada, única i més o menys particular, que habita la Terra i, per extensió, el Cosmos. A banda de les conseqüències filosòfiques d'aquestes consideracions al llarg de la història, en l'àmbit científic han generat també innombrables estudis. Aquest article discuteix algunes idees sobre la descoberta de la vida extraterrestre exposades en la pel·lícula d'Andrei Tarkovski *Solaris*, del 1972, l'adaptació cinematogràfica de la novel·la homònima de Stanisław Lem, del 1961. L'obra aborda des d'un punt de vista incisiu la cerca de vida intel·ligent en altres planetes duta a terme en una hipotètica societat futura. *Solaris* ha estat comparada en l'àmbit de la ciència-ficció cinematogràfica amb títols tan representatius com *2001: A Space Odyssey*, de Stanley Kubrick, ja sigui en termes cinematogràfics, ja sigui en termes filosòfics i científics (Thompson, 1975). En les properes seccions reflexionarem breument sobre els aspectes científics més rellevants relacionats amb la «solarística», els emmarcarem en el context de l'aproximació del físic teòric Enrico Fermi i la seva famosa paradoxa «Where is everybody?» (Jones, 1985) i els compararem amb els estudis duts a terme pel radioastrònom Frank Drake,

cofundador del programa per a la cerca de vida extraterrestre intel·ligent (Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI) (Tarter, 2001). Altres idees de caire més metafísic o psicològic presents tant en *Solaris* com en altres obres de Tarkovski com *Stalker* o *El mirall* no es recullen en aquest article.

La vida intel·ligent extraterrestre de Solaris

Solaris ens planteja l'existència d'una forma de vida extraterrestre descoberta en el planeta que té el mateix nom i ens mostra des del començament com aquesta troballa no provoca, tanmateix, una revolució ni en el coneixement científic ni en l'àmbit filosòfic o religiós, com potser podríem esperar. Malgrat tots els esforços i les múltiples missions d'exploració del planeta, els científics no són capaços de comunicar-se amb l'entitat líquidogàsica que conforma la nova forma de vida trobada a Solaris. Els primers contactes reeixits provoquen alteracions psicològiques en els exploradors, però a mesura que les investigacions científiques avancen, cada cop es fa més difícil obtenir

dades rellevants. En aquest context, la pel·lícula ens introdueix el Dr. Kelvi, que arriba a la base científica que hi ha a la superfície de Solaris per revisar alguns comportaments anòmals reportats recentment pels membres de la tripulació d'una base que hi ha establerta de manera permanent, i valorar el seu possible desmantellament si no es troben avenços significatius.

Per tant, Tarkovski ens situa davant d'una paradoxa fenomenal: tot i la indiscutible rellevància que té per a la humanitat el descobriment de vida extraterrestre, aquesta troballa és poc fructuosa a causa de la impossibilitat d'establir-hi qualsevol tipus de comunicació. Es genera així una forta tensió que qüestiona les possibilitats reals de la ciència per resoldre inquietuds essencials i entendre la natura que ens envolta. Per tal d'avançar en les investigacions, la missió científica establerta a Solaris bombardeja amb radiació altament energètica la superfície del planeta per intentar estimular una resposta intel·ligible capaç de ser registrada i estudiada. En aquest sentit i malgrat la constatació tàcita que Solaris pot albergar efectivament vida intel·ligent, la seva mesura és considerada més important que el mer fet de la seva existència. Així doncs, s'utilitzen les tècniques experimentals més avançades que es tenen a disposició, fins i tot si són relativament agressives. D'altra banda, els efectes inesperats que aquesta radiació sobre el planeta provoca en els exploradors —la materialització dels records presents en la seva psique— posen en dubte fins i tot la mateixa definició de vida i de consciència. La pel·lícula qüestiona així els límits ètics i morals del mètode científic a l'hora de definir què entenem per vida intel·ligent, dins o fora del nostre planeta.

La paradoxa de Fermi i l'equació de Drake

Més enllà de les qüestions ètiques o morals, l'argument de *Solaris* representa un cas entre els milions de possibles amb els quals, potencialment, la humanitat es podria trobar en la seva exploració espacial. És, per tant, una solució a la paradoxa de Fermi, definida com el conflicte existent entre l'absència de proves (irrefutables) de vida extraterrestre i les estimacions relativament altes de la probabilitat que aquesta existeixi efectivament. Parteix d'una discussió que Enrico Fermi va tenir amb els seus col·legues al laboratori de Los Álamos, als Estats Units, el 1950, sobre la capacitat d'una civilització per poder viatjar a través de la galàxia en tan sols alguns milions d'anys (Jones, 1985). Com que l'edat dels sistemes solars és de prop de bilions d'anys, això assegura que si existís tal civi-

lització, ja hauria tingut temps de sobres per contactar-nos (en certa manera, ja estaria colonitzant la galàxia). A la Via Làctia hi ha molts sistemes solars i, per tant, potencialment molts planetes amb vida intel·ligent. El fet de no tenir avui dia proves evidents de la seva presència indica que possiblement la vida intel·ligent no és fàcil de crear. Alternativament, la paradoxa de Fermi posa límits més o menys dràstics a la duració de les suposades civilitzacions existents en el nostre entorn espacial. Aquests límits, per cert, s'apliquen també a la nostra pròpia civilització. En el cas de *Solaris*, no és una civilització extraterrestre qui ve a contactar-nos, sinó que és la mateixa humanitat en un futur imaginari la que es troba en un procés d'expansió i exploració de l'espai. La capacitat de la descoberta ens diferencia de moltes altres formes de vida. Ara bé, quins són els límits d'aquesta capacitat a l'hora d'explorar, reconèixer i desxifrar noves formes de vida que puguin existir en el nostre entorn espacial?

A mitjan segle xx, contemporàniament a la publicació de la novel·la de Lem i només uns anys abans que Tarkovski rodés la pel·lícula, se celebrava a Ohio, als Estats Units, el primer simposi del programa SETI (Tarter, 2001; vegeu fig. 1), fundat per la NASA i centrat precisament en la cerca de vida intel·ligent a l'espai. Amb la intenció d'esperonar aquest camp de recerca, el radioastrònom Frank Drake va formular el 1961 la famosa equació de Drake (Drake, 1965), que proporciona una estimació quantitativa de la probabilitat de trobar una civilització intel·ligent i comunicativa a la nostra galàxia. Drake fou cofundador del SETI i pioner en les seves investigacions, utilitzant un radiotelescopi de 26 metres de diàmetre al Green Bank Observatory per examinar els estels Tau Ceti i Epsilon Eridani a freqüències de 1.420 gigahertz, una banda de l'espectre de les ones de ràdio corresponent a la línia d'emissió de l'hidrogen. La creació del programa SETI va causar un gran interès en la comunitat científica, en particular a Rússia, que va dur a terme una sèrie d'experiments amb antenes radioastronòmiques omnidireccionals amb l'objectiu de captar senyals de ràdio provinents de l'espai. També en aquest context i en aquesta època l'astrònom rus Iosif Shklovsky va escriure *Universe, Life, Intelligence* (Shklovsky, 1962), una obra que després reprendria l'astrònom nord-americà Carl Sagan per escriure el seu *best-seller Intelligent Life in the Universe* el 1966 (Shklovsky i Sagan, 1966).

L'equació de Drake resumeix els principals conceptes que s'han de considerar en l'àmbit científic per tal d'estimar la probabilitat d'obtenir un senyal intel·ligible provinent d'una civilització extraterrestre que

habiti, això sí, la nostra galàxia. L'equació en si mateixa no és complexa, però depèn de múltiples paràmetres, cadascun dels quals porta associada una incertesa empírica elevada. La combinació d'incerteses dificulta la capacitat de l'equació per determinar amb exactitud la validesa dels seus resultats. L'equació de Drake ens dona el nombre de civilitzacions N presents a la Via Làctia amb les quals es podria establir comunicació:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_L \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Els diferents factors que integren aquest producte venen donats per R^* (la mitjana del ritme de formació estel·lar a la nostra galàxia, en el rang [1.0 - 3.0] estels/any), f_p (quants d'aquests estels contenen planetes orbitants, amb valors compresos entre [0.2 - 1.0]), n_e (la mitjana del nombre de planetes que poden albergar vida en aquests estels, $n_e \in [0.4 \text{ a } 1.0]$), f_L (la fracció d'aquests planetes que reuneixen les condicions necessàries per al desenvolupament de la vida, amb un valor alt, proper a 1.0), f_i (el quocient que indica en quins dels casos anteriors la vida és intel·ligent; aquest és un factor subjecte a moltes interpretacions, amb valors tan dispars com 10^{-5} i fins a 1.0), f_c (la fracció de civilitzacions prou avançades tecnològicament per emetre senyals, $f_c \in [0.2 \text{ a } 1.0]$) i L (l'interval de temps dins el qual aquestes civilitzacions poden emetre senyals a l'espai, un paràmetre també molt incert, amb valors $L \in [300 - 10^9]$ anys).

Per tant, les estimacions concretes del valor de N divergeixen en funció dels valors adoptats pels diferents paràmetres, alguns dels quals són objecte d'aferissades discussions científiques. Prenent les estimacions més pessimistes per a aquests paràmetres, actualment s'obté $N_{\text{pess}} \approx 10^{-12}$, mentre que les aproximacions més optimistes donen $N_{\text{opt}} \approx 1.5 \times 10^7$. Per a $N \leq 1$ no existeix essencialment cap civilització a la nostra galàxia que pugui estar en les condicions d'emetre senyals intel·ligibles, mentre que $N \geq 1$ dona a entendre que hi ha nombroses civilitzacions amb qui eventualment podríem entrar en contacte. Val la pena fer notar que la utilització de simulacions numèriques (mètode Monte Carlo) basades en models estel·lars i planetaris considera una variació típica d'un factor 100 en el valor final de N (Forgan, 2009). *Solaris* ens proposa una solució a l'equació de Drake en la qual existeixen almenys dues civilitzacions ($N \geq 2$) capaces de posar-se en contacte amb altres. Ara bé, potser la comunicació no és possible amb les eines de què disposem.

Discussió

Solaris ens ofereix un exemple únic d'un possible contacte amb un nou tipus de vida extraterrestre, que és al mateix temps frustrant per la impossibilitat de comunicar-s'hi. Afegeix així un factor extra a l'equació de Drake: tot i que existeixin altres civilitzacions intel·ligents, utilitzen un llenguatge quasi indesxifrabable —per exemple, a través de la recreació dels éssers més estimats, extrets de les ments dels exploradors que hi entren en contacte—. El mateix concepte de vida intel·ligent podria ser excessivament antropocèntric, el resultat de la nostra pròpia evolució biològica en un planeta amb unes condicions molt específiques com és la Terra. El fet que pugui haver-hi vida intel·ligent amb capacitat de comunicar-se, però també amb dificultats insalvables per fer-ho, disminuiria corresponentment el valor estimat de N .

Solaris afegeix, a més a més, una inspecció acurada dels mètodes utilitzats per tal d'aprofundir en l'exploració espacial i la cerca de vida extraterrestre. Es radia el planeta fins a obtenir-ne una possible resposta i s'obvien les conseqüències que aquesta tècnica comporta en el planeta mateix i en els exploradors que hi ha instal·lats allà..., en nom de la ciència. En paraules del Dr. Sartorius, astrobiòleg destinat al planeta, «la natura ha fet l'home perquè la conegui. En la seva cerca de la veritat, l'home està condemnat a trobar coneixement. Impedir-ho seria insensat». Així, *Solaris* planteja un aspecte afegit que té en compte els límits ètics del mètode científic. Aquest factor, però, no s'ha d'incloure a l'equació de Drake, ja que aquesta es limita només a establir la probabilitat que dues civilitzacions entrin en contacte. Ara bé, si es donés aquest contacte, l'ètica (com a mínim la humana) podria haver d'entrar en joc. Afirmar que la ciència no té dimensió ètica pot desembocar en situacions en què el mateix fet experimental posi dificultats als mateixos observadors. Malgrat tot, veient com hem aplicat el mètode científic a altres formes de vida en el nostre planeta, sembla difícil que aquest topall ètic envers altres entitats extraterrestres pugui arribar mai a pesar gaire.

Bibliografia

- AKESON, R. L. *et al.* (2013). «The NASA Exoplanet Archive: Data and Tools for Exoplanet Research», *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 125, pàg. 989.
- DRAKE, Frank (1965). «The radio search for intelligent extra-terrestrial life». A: Mamikunian, G.; Briggs, M. H. [eds.]. *Current Aspects of Exobiology*. Nova York: Pergamon, pàg. 323-345.
- (2011). «The search for extra-terrestrial intelligence». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, pàg. 633-643.
- FORGAN, D. H. (2009). «A numerical testbed for hypotheses of extraterrestrial life and intelligence». *International Journal of Astrobiology*, vol. 8, pàg. 121-145.
- JONES, Eric (1985). «Where is everybody? An account of Fermi's question». *Los Alamos Technical Report, March 1985*.
- LEM, Stanislaw (1961). *Solaris*. Varsòvia: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1961.
- POCH, Rafael (2022). «Putin mueve ficha imperial». *CXT*, vol. 281 (febrer).
- THOMPSON, David (1975). *A Biographical Dictionary of Film*. 6a ed. Londres: Secker & Warburg, pàg. 1027.
- SHKLOVSKY, Iosif Samuilovich (1962). *Universe, Life, Intelligence*. Moscou: USSR Academy of Sciences Publisher.
- SHKLOVSKY, Iosif; SAGAN, Carl (1966). *Intelligent Life in the Universe*. San Francisco (CA): Holden-Day.
- TARTER, Jill (2001). «The Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI)». *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 39, pàg. 511-548.