

QUÈ HI POT HAVER EN EL CENTRE DE LA VIA LÀCTIA?

FORATS NEGRES: ENTS CÒSMICS

La Via Làctia, una difusa llum blanca d'aspecte lletós que es pot veure de nit en llocs on no hi ha contaminació lumínica, és la galàxia del nostre Sistema Solar, el nostre lloc en l'univers. Sembla ser que la Via Làctia té un forat negre supermassiu just en el seu centre amb una massa de l'ordre de milers de milions de masses solars, és Sagitari-A. Possiblement moltes galàxies tenen un forat negre supermassiu en el seu centre galàctic.

I com s'ha pogut trobar aquest forat negre en el centre de la nostra galàxia, la Via Làctia?, seguint les traces d'estels joves que orbitaven i es movien molt ràpid al voltant d'aquesta regió, cosa que va fer suposar que estaven prop d'un forat negre; aleshores, per poder confirmar la seva existència, els astrònoms varen utilitzar ones de raig d'infrarojos per tal d'evitar la pols estel·lar que bloqueja la visualització d'aquesta zona central. I efectivament, Sagitari-A és un forat negre supermassiu en el centre de la Via Làctia generant la gravetat suficient per mantenir la unitat de la galàxia.

L'horitzó de blaus que tenyeix el cel que veiem, no existeix en els forats negres, definits com "regió de l'espaitemps de la qual res no pot escapar, ni tan sols la llum, a causa de la elevada intensitat de la gravetat" ^{nota¹}

El mateix adjectiu "negre" que s'utilitza per definir-los és un repte pels científics i ultrapassa la imaginació de qualsevol que vol entendre què són; com es formen. Per fugir de tecnicismes, podem imaginar-nos un embut que engoleix tot allò que està prop del seu horitzó d'esdeveniments (una superfície que separa la regió de l'espaitemps), és a dir, una frontera unidireccional dels forats negres, la qual cosa significa que no pot enviar senyals cap a l'exterior, i qualsevol objecte que ultrapassi aquest horitzó ja no en pot sortir.

De fet, s'utilitza l'adjectiu negre perquè, quan un estel ha esgotat, cremat, tot el seu combustible nuclear, la seva massa queda concentrada en una regió molt petita de l'espaitemps anomenada singularitat (punt de l'espaitemps en què la curvatura espaciotemporal esdevé infinita)^{nota²} tan petita que no es veu, sense contrastos,

¹ Hawking, S. "Brevíssima història del temps". Columna, 2005 (traducció al català de David Jou)

² Hawking, S. "L'univers en una closca de nou". Columna, 2002 (traducció al català de David Jou)

aleshores, es transforma en un “forat negre” amb tanta força gravitatòria en la seva superfície que tot objecte que hi entra ja no en pot tornar a sortir. El temps acabaria per qualsevol que caigués en un forat negre i topés amb la singularitat. Això vol dir que, qualsevol cos celeste que es trobi dins del seu horitzó d'esdeveniments no pot escapar-se'n.

No obstant, Hawking va descobrir que els forats negres no són completament negres i va proposar la possibilitat d'escapar d'una singularitat a través de “l'efecte túnel quàntic” Suposem un parell de partícules virtuals, les que no poden ser observades directament, una partícula d'aquestes cau a l'interior del forat negre, mentre que l'altre s'escapa a l'infinit. Aleshores, podria semblar que la partícula fugitiva hauria sortit del forat negre. Però, no. Senzillament, la partícula fugitiva hauria pogut desfer-se de la força gravitatòria de l'horitzó d'esdeveniments (“radiació de Hawking”), per tant, escapar-se de l'horitzó d'un forat negre; els esdeveniments que puguin passar dins d'un forat negre mai podran ser observats, ni tan sols la informació que hi pugui haver podrà ser analitzada.

L'horitzó d'esdeveniments és la superfície que marca el límit des del qual ja res pot escapar de l'interior, només queda un camí, el que marca la gravetat de la massa del forat negre fins arribar a la singularitat, al forat negre. Què passaria si algú hi arribés? aniríem a un altre espaitemps?. No se sap. Sabem que quan un estel exhaurix el combustible, comença a refredar-se i la gravetat fa que es contregui. Aquesta contracció comprimeix els àtoms i fa que l'estel es torni a escalfar, fins a un moment en què l'elevada temperatura fa que l'heli es transformi en elements més pesats.

Aleshores, és probable que les regions centrals de l'estel es col·lapsin en un estat molt dens, en una singularitat, en un forat negre.

Podríem observar el col·lapse d'un estel massiu per formar un forat negre? Hem de tenir en compte les limitacions del temps. Segons la teoria de la relativitat, res no pot viatjar amb velocitat superior a la de la llum, fins i tot, la velocitat d'escapament que necessita una nau espacial per superar la força de la gravetat. El temps en la superfície d'un estel és diferent perquè el seu camp gravitatori és molt intens, i no existeix un temps absolut, entenent que mai podrem veure, per la pròpia limitació temporal, el moment i minut exacte del col·lapse.

A més a més, la gravetat també hi té un paper dins d'aquets escenari: la gravetat fa que el temps vagi més lentament, i com més intensa és, més gran és aquest efecte.

Per tant, si algú es troba sobre la superfície d'un l'estel que es col·lapsa i envia senyals, aquests arribaran, a la Terra, amb retard de segons o minuts.

Hawking i altres teòrics, consideren la possibilitat d'uns "forats blancs" on les coses poden sortir però no caure. És una especulació purament teòrica, com ho són el "forats de cuc", essencialment hipotètics però descrits com un camí dins l'espai i el temps, amb dues boques connectades: entrar per una boca i sortir per l'altra boca a un altre dimensió ^{nota³}

Per contra, s'han pogut identificar senyals de la existència dels forats negres, tot i que no es poden veure, ni tocar ni aproximar-s'hi. Una manera de detectar un forat negre és buscar matèria que giri al voltant del que sembla un objecte invisible de gran massa.

El terme "forat negre" no s'ha d'entendre com un "forat" en el sentit literal sinó que s'ha d'entendre com una regió de l'espai que gira i gira i, al girar arrossega l'espai que rodeja la seva regió. Si un núvol de matèria interestel·lar passa a través un forat negre o un estel normal s'hi troba prop, la força gravitatòria d'aquest atrau la matèria cap al seu interior. Com que la matèria cau a dins del forat negre, desenvolupa energia cinètica que al escalfar-se per les forces de marees gravitatòries, ionitza els àtoms atrapats. Aleshores aquests àtoms, atrapats dins del forat negre, arriben a una temperatura de milions de graus Kelvin i emeten raigs X. Aquests raigs X són llençats cap a l'espai exterior abans que la matèria traspassi la frontera de l'horitzó d'esdeveniments i sigui engolida, en forma de disc, per la singularitat.

En el centre d'un forat negre, hi ha sempre una singularitat, un punt infinitament petit de densitat i gravetat infinites, entenen per això un volum nul i un radi zero. ^{nota⁴}

De fet, vivim enmig d'una simfonia còsmica, la radiació de fons de microones, que ressona des que l'univers primigeni va existir. Tanmateix però, hem viscut i vivim absents d'aquesta harmonia que no sentim, tampoc ens preguntàvem si hi podia haver quelcom en el bell mig de la galàxia i, tampoc sentíem preocupació pel fet que la Terra es troba a uns 27.000 anys-llum del centre de la Via Làctia.

³ Peter Coles. "Hawking y la mente de Dios". Gedisa Editorial, 2004
Carme Mas i Soler. "La riquesa de l'univers segons Carl Sagan". AAVSC: <http://www.astronomia.cat/>

⁴ Hawking, S. "L'univers en una closca de nou". Editorial Crítica, 2002 (traducció al català de David Jou)

Però, de sobte, la ciència, la informació dels estudis dels científics ens arriba estranya i punyent. Ens obre els ulls i els omple d'interès per saber els secrets dels nostres orígens estel·lars i comencem a mirar el cel. És com si volguéssim retrobar tot el sentit de la nostra història a través dels estels, de la seva pols estel·lar, de la seva llum enfosquida pel buit de la ignorància no volguda.

Així, des de dos punts essencials: el voler saber més sobre l'univers i el voler saber el lligam que tenim amb l'univers, tothom, qui més qui menys, es pregunta o s'ha preguntat alguna vegada, sobre la poderosa força gravitatòria dels forats negres i què són realment.

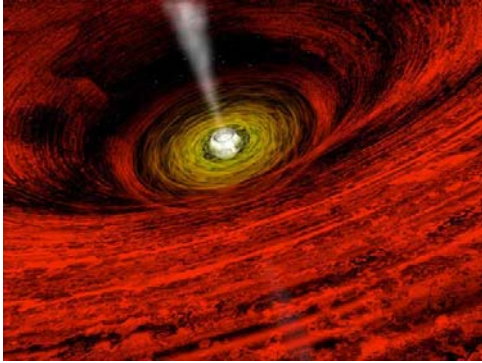
Certament, la ciència ens ha donat informació i ens fa reflexionar sobre les lleis de la naturalesa però algunes d'aquestes semblen inscrites en una lògica que no s'emmarca en cap teoria física actual. Tanmateix, la bellesa de l'univers i el seu misteri ens meravella, aleshores, l'esclat de saber encara és més fort, més atrevit, més seductor.

És el cas dels forats negres estranys i tossudament enganxats en el centre del nucli de les galàxies, sense poder-los observar directament. Si ens hi acostéssim, no tindríem cap possibilitat de fugir, cauríem cap a la singularitat, un punt d'infinita densitat que va més enllà de les lleis de la física; una singularitat que no està a l'abast de cap fórmula, un model de misteri que ens dona la naturalesa, convertint-se en un límit no resolt.

Sigui quin sigui el procés dels forats negres, tot el que absorbeix queda submergit al misteri carregat de secrets perquè, si entréssim a dins d'un, on aniríem a parar? a una altra dimensió? a un altre univers que res té a veure amb el nostre?. Existeix el temps dins d'un forat negre, o un temps amb diferents ritmes?. Temps i espai. Dos conceptes iguals però diferents. L'existència d'una singularitat al començament de l'univers ens posa davant el dubte d'un espai, i especialment d'un temps, en l'instant mateix de la creació. Què hi havia abans del big-bang? Els núvols d'elements quàntics? I abans d'ells?, què hi havia?. I d'aquesta manera podríem fer-nos preguntes indefinidament per arribar on?. Té la nostra existència algun lligam escollit dins l'expansió a gran escala de l'univers?.

Així en abstracte no hi ha possible resposta. Tanmateix sí que la té si tenim en compte la composició química dels estels de la que procedim i si tenim en compte, també, la fletxa del temps que actua en una sola i única direcció. Estem sotmesos a una singularitat, no la d'un forat negre, sinó a la nostra pròpia singularitat: no podem anar més enllà de la freqüència dels nostres actes, les nostres accions determinen el nostre

futur i provoquen els successos de l'endemà. Només podem avançar temporalment cap al futur, no podem retrocedir enrere i si caiguéssim en un forat negre la inèrcia gravitatòria ens desintegraria.



Per què res pot fugir del seu interior? Perquè la seva superfície esfèrica envolta els forats negres, per tant, res que es trobi dins del seu radi pot escapar-se'n. Llevat el que proposa la teoria de la "radiació de Hawking".

L'ESTRUCTURA DE L'INVISIBLE

Einstein mai va creure en forats negres però Schwarzschild va obtenir una solució de les equacions de la relativitat general que representava un forat negre. El terme va ser introduït per John Archibald, físic americà.

Físics i teòrics han proposat diferents models d'estructures dels forats negres en funció del seu procés de formació. Així, simplificant, classifiquen els forats negres en supermassius i estel·lars



Els **forats negres supermassius**, com pot ser Sagitari A, es poden anar formant captant, a poc a poc, massa estel·lar. O bé, poden haver-se format en els primers moments del big-bang, és a dir, en el mateix moment de la creació de l'univers primigeni.



Els **forats negres estel·lars**, es formen per un col·lapse gravitatori de l'estel. Perquè un estel es col·lapsi es necessita un període molt llarg de temps i molta matèria que faci créixer el forat negre.

El fet és que, un forat negre, tingui l'estructura que tingui, arrossega qualsevol cosa que traspassi la frontera de l'horitzó d'esdeveniments i està condemnada a ser absorbida cap a les profunditats pels efectes de la immensa força gravitatòria. La matèria que cau en un forat negre esdevé un disc d'acreció.

Qualsevol forma de radiació electromagnètica en forma de partícules no pot evitar el destí de ser atrapada per la força gravitacional que actua en l'àrea del forat negre. Els gasos i les partícules prop del forat negre s'acceleren en el disc d'acreció i assoleixen temperatures elevadíssimes que produeixen violentes emissions de raigs X abans de creuar la frontera de l'horitzó d'esdeveniments.

Per definició tots els forats negres posseeixen massa generadora d'una poderosa força gravitatòria i concentrada en un únic punt de densitat infinita anomenat singularitat, del que no en tenim experiència aquí a la Terra; tota l'estructura conceptual del forat negre es basa en el fet de que res pot escapar-se. Aleshores, es planteja una paradoxa: Com és que poden emetre certa radiació els forats negres? Hawking ho va resoldre el 1974 descobrint que tota la radiació situada dins de l'horitzó d'esdeveniments (la superfície del forat negre) no pot escapar, certament; tanmateix però, tota la radiació que quedi fora del límit de l'horitzó d'esdeveniments, sí que ho pot fer.



Aquesta radiació tèrmica que emeten els forats negres s'ha l'anomena "**radiació de Hawking**". Que els forats negres, tinguin l'estructura que tinguin, poden emetre emissions tèrmiques ha estat confirmat per altres investigadors. Simplificant la conclusió d'en Hawking sobre la radiació tèrmica dels forats negres, es pot argumentar com segueix: "si bé és

cert que tota la radiació situada dins de l'horitzó d'esdeveniments no en pot sortir, la que queda justament a fora sí que ho pot fer, pel fet que el potent camp gravitatori circumdant amb la superfície del forat pot crear espontàniament una partícula i la seva antipartícula. Segons en Hawking una de les partícules paelles cau dins del forat i es perd per sempre, mentre que l'altre s'escapa convertint-se en radiació pura. Per això, la partícula alliberada se l'anomena "radiació de Hawking".

L'enigma dels forats negres ens fa pensar en els nostres límits plens d'incerteses; en la nostra incapacitat per fer un pont i saltar-nos els reptes per tal de desxifrar la identitat còsmica de la que procedim. Desfer la història còsmica del passat, refer l'estricta moment primigeni, saber cóm eren les tèbies nits d'un abans i si l'aire era pur

i plàcid és el que voldríem aconseguir. Avui per avui, però, ens movem amb esquemes, fórmules i teories compartides en l'espera d'una teoria del tot.

QUINA RELACIÓ HI HA ENTRE LES GALÀXIES I ELS FORATS NEGRES SUPERMASSIUS?

En l'article de Marina Such "Una historia de galaxias" nota⁵ l'autora es planteja: què va sorgir primer, la galàxia o el forat negre?. És difícil de saber-ho. Ara bé, comenta que els científics cada vegada tenen més dades que expliquen de quina manera es relacionen les galàxies espirals, les el·líptiques i els forats negres supermassius que ocupen els seus centres. Tanmateix però, – comenta l'autora - els científics es pregunten com pot haver-se format un forat negre en el centre de la galàxia, sense ser destruïda per l'enorme energia gravitatòria alliberada en el procés, i, en el cas contrari, com pot formar-se una galàxia al voltant d'un forat negre supermassiu.

Donat que les galàxies són els rajols de l'univers, saber desxifrar què va aparèixer primer, si les galàxies o els forats negres, es va convertir en un dilema. Les observacions que s'han anat fent per trobar la resposta han donat la percepció – segon Marina Such- en la qual sembla que els dos objectes estan relacionats entre sí. I fins i tot s'han suggerit possibles solucions a l'enigma. Segons estudis realitzats per l'Observatori Nacional de Radioastronomia, es creu –seguint el fil de l'article - que els forats negres supermassius varen néixer primer i que d'alguna manera han contribuït en la formació i en el creixement de les seves galàxies.

Tot i que aquesta afirmació té detractors força escèptics, l'autora considera que els forats negres supermassius tenen un paper important dins de les seves pròpies galàxies, en el sentit que bombegen l'energia que necessita la seva pròpia galàxia per mantenir-se estable i regular el seu creixement. Aquesta activitat contínua d'emissió de plasma permet als científics explicar per què al voltant de determinades galàxies s'ha descobert gas calent, quan s'esperava que aquest s'anés refredant i possibilitant el naixement de nous estels.

El creixement dels forats negres i galàxies va unit pel seu propi cicle vital, tot i que, arriba un moment que aquest s'acaba. En les dues galàxies observades pel telescopi espacial de raigs X, Chandra, l'energia emesa pel forat negre escalfa el gas circumdant fins que aquest té l'energia suficient per escapar-se de l'atracció del forat

⁵ MARINA SUCH, "Una historia de galaxias" Rev. Espacio nº 51, març 2009, pàg. 20

negre. Aleshores, comenta Marina Such, que el material del disc d'acreció que cau cap a l'interior de l'horitzó d'esdeveniments, s'apaga lentament. Però el material que no ha estat atret pel forat negre, es refreda suficientment per tornar a la galàxia i fer-la créixer o bé iniciar-se el naixement d'un nou estel ^{nota⁶}. Aquest procés confirma l'estreta relació que s'estableix entre les grans galàxies i els forats negres supermassius, una relació que, com acaba dient l'autora, s'està començant a entendre.

Sabem que la vida no té retorn, però busquem en cada paraula, en cada gest, sentiments de convivència perquè no en tenim prou amb els enigmes de l'univers. No mirem els colors del cel. Sempre capficats amb el ritme estricte de fer i desfer, de viure en una plena exaltació del que farem demà, sense parar-nos un instant per mirar una Lluna tendra, un infinit ple d'aire lliure i matisat de colors o els núvols dibuixats en la volta del cel que ens parlen dels vents del nostra planeta. Aleshores podem recordar uns versos d'en Miquel Martí Pol:

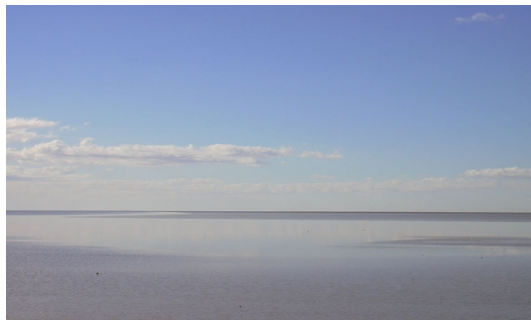
I si et cansa aquest buit pots tancar els ulls
o bé no mirar res veient-ho tot;

...

Després, assaja
de retrobar el tornaveu del silenci,
però no el que t'imposen, sinó el teu,
el que s'emplena d'ell mateix, tossut,
i és un repte de vida.

...

tot es repeteix
amb decorats diferents.



⁶ Diccionari bàsic d'Astronomia de l'Associació: <http://www.astronomia.cat/>