

# Els forats negres

---

## Presentació i metodologia

Aquest treball de recerca tracta sobre els forats negres, i té com a principals objectius: comprendre què és un forat negre, quines característiques tenen, com es formen, quins tipus de forats negres hi ha, quin paper tenen a l'Univers, i quines maneres tenim de detectar-los. Seguidament, fer una catalogació dels forats negres en dos catàlegs diferents. En primer lloc els de la Via Làctia, i en segon els del Grup Local. I per últim fem dos mapes sobre els forats negres més propers a la Terra basats en els dos catàlegs anteriors.

La metodologia que he fet servir per fer aquest treball de recerca es pot dividir en dos grans blocs, la metodologia emprada per portar a terme la part teòrica o la introducció, i la metodologia per dur a terme la catalogació i el mapeig dels forats negres. La metodologia feta servir per a la introducció i l'explicació de la història dels forats negres ha estat purament de lectura i comprensió sobre conceptes. M'he basat majoritàriament en dos llibres: *The History of Time* (de Stephen Hawking) i *Los agujeros negros* (publicat per National Geographic). També he tret altra informació dels llibres *The Elegant Universe*, de Brian Greene, i *The Grand Design*, de Stephen Hawking, i com a recurs secundari he fet servir pàgines d'internet relacionades amb l'astronomia: la de la NASA, pàgines web d'observatoris...

---



---

El que he fet primerament ha estat llegir i comprendre els conceptes sobre els quals volia escriure, com per exemple la formació dels forats negres. Seguidament, contrastar la informació dels diferents llibres per veure si algun d'ells aportava algun concepte nou o n'ampliava algun altre, i finalment escriure amb les meves paraules el que havia entès sobre el concepte.

D'altra banda, la catalogació i el mapatge s'ha dut a terme a través de l'anàlisi de dades d'internet. Per fer el catàleg he buscat informació sobre els diferents forats negres a portals astronòmics, la NASA i també a través d'articles d'universitats prestigioses. Per a l'elaboració dels mapes he fet servir com a plantilla unes representacions artístiques el màxim de precises i semblants a la realitat, i seguidament he buscat les coordenades dels forats negres que havia catalogat, principalment a la pàgina web de SIMBAD (Centre Astronòmic d'Estrasburg).

Un cop he tingut els mapes elaborats he fet una anàlisi sobre ells per veure quines conclusions en podria extreure.

Aquest treball de recerca està dividit en tres grans blocs. En primer lloc, la introducció al tema, la qual és una part molt extensa, en la qual explicarem teòricament els conceptes principals per entendre els forats negres, i també la història dels nostres descobriments sobre ells.

Seguidament trobarem el cos del treball, on hi haurà la catalogació dels forats negres i el mapatge, seguits d'una anàlisi sobre els respectius catàlegs i mapes.

I finalment les conclusions, on a través d'una anàlisi de tot el treball traurem conclusions sobre tot el que hem après dels forats negres, i també sobre les dades que hem extret dels catàlegs i els mapes.

## **Cos del treball**

Com a cos del treball hem fet un estudi dels forats negres, primerament dels de la Via Làctia i seguidament dels forats negres del Grup Local. A partir d'aquest estudi hem fet un catàleg on recopilem les dades de tots aquests forats negres i, finalment, un mapa on podem veure els forats negres del catàleg situats a l'espai.

Com podem veure, a la Via Làctia la majoria dels forats negres que hem detectat són estel·lars, que són el tipus més comú i petit de forat negre. Tots els forats negres que hem detectat, o bé formen part d'un sistema binari o bé es troben al centre de grans cúmuls d'estrelles, ja que els forats negres que suposem que són solitaris són impossibles de detectar, per tant el nombre de forats negres existents ha de ser molt més gran que el nombre de forats negres detectats (s'estima que a la Via Làctia hi ha uns 100 milions de forats negres).

Com podem observar, en el Grup Local la distribució de tipus de forats negres és equitativa. Podem veure que la massa mitjana ha augmentat considerablement en comparació amb els forats negres de la Via Làctia. Això és degut al fet que la majo-

---

---

ria dels forats negres que veiem en aquest mapa no són estel·lars, i els forats negres estel·lars que hi trobem són els més grans de la seva categoria (essent IC 10 X-1 el forat negre estel·lar més gran detectat i M33 X-7 el segon més gran detectat). També podem observar que els forats negres del Grup Local es troben majoritàriament agrupats en dos grups principals, els que es troben al voltant de la Via Làctia, i els que es troben al voltant de la galàxia d'Andròmeda, afegint un subgrup a dins d'aquest que seria el dels que es troben al voltant de la galàxia del Triangle.

## **Conclusions**

Després d'haver fet aquest estudi sobre els forats negres, podem definir-los com a objectes o «cossos» espacials, que degut a la seva immensa densitat provoquen una atracció gravitatòria tan forta que res no es pot escapar d'ells ni tan sols anant a la velocitat de la llum, i per això els anomenem forats negres, perquè ni tan sols la llum se'n pot escapar.

Hem vist que la majoria provenen d'estrelles molt massives, i que quan aquestes arriben al final de la seva vida i exploten en una supernova, formen un forat negre. També hem observat que els podem dividir en tres grups diferents segons la seva massa: els forats negres estel·lars, que provenen de la mort d'una estrella molt massiva i solen tenir una massa d'entre 3 i 30 masses solars. Els forats negres supermassius, que els solem trobar al centre de les galàxies i tenen una massa d'entre milions i milers de milions de masses solars. I els forats negres primordials, els més petits de tots, amb una massa similar a la d'una muntanya, dels quals encara no tenim cap evidència real que existeixin.

Hem observat l'evolució de la nostra visió sobre els forats negres al llarg de la història, començant el 1783, quan van ser teoritzats per primer cop per John Michel, el qual no creia en absolut que aquest objecte que havia proposat pogués existir realment. Remarquem l'any 1971, quan per primer cop es va detectar un forat negre, Cygnus X-1. I finalment arribem al 2019, l'any en el qual hem obtingut la primera imatge real d'un forat negre, que ens ha confirmat altra vegada que aquests objectes realment existeixen. Hem estudiat els diferents mètodes de detecció de forats negres, dels quals el principal i més antic és la detecció per rajos X, que es basa a detectar a través de telescopis els rajos X que expulsen els forats negres que es troben en sistemes binaris, també anomenats microquàsars, o en altres casos els rajos X que expulsen alguns forats negres supermassius actius, anomenats quàsars.

I finalment hem vist el recent mètode de detecció per ones gravitatòries, que es basa a detectar les ones gravitatòries que són provocades per la fusió de dos forats negres diferents en un de sol.

Com a conclusió del mapatge i la catalogació dels forats negres de la Via Làctia i el Grup Local, hem vist que el nombre total de forats negres detectats a la Via Làctia

---

---

és d'onze forats negres, vuit dels quals són forats negres estel·lars, dada de la qual podem extreure la conclusió que són el tipus de forats negres més comuns a l'Univers. Al Grup Local s'hi han detectat un total de 9 forats negres externs a la Via Làctia: tres de supermassius, tres de massa intermèdia i tres d'estel·lars.

Hem observat que al centre de la majoria de galàxies hi trobem un forat negre de grans dimensions, i també que sembla haver-hi una estreta relació entre la mida del forat negre del centre de la galàxia i la mida de la galàxia on es troba. Com més gran és el forat negre central, més gran és la galàxia. Això es mostra en les galàxies del Grup Local, en el qual la galàxia d'Andròmeda, la més gran del grup, és la que té el forat negre supermassiu més massiu.

El forat negre detectat més proper a la Terra s'anomena A0620-00, i es troba a una distància de 3.000 anys llum, i d'altra banda els forats negres més llunyans són els d'M33 i M33 X-7, tots dos situats a la galàxia del Triangle, a 2.730.000 anys llum de distància. El forat negre més petit o menys massiu s'anomena GRO J0422+32 i té una massa d'entre 2,2 i 4,9 masses solars. En canvi, el forat negre més massiu és M31, el qual es troba al centre de la galàxia d'Andròmeda, i té una massa de 30.000.000 de masses solars. Fent aquesta comparació, podem veure la gran diferència de masses entre un forat negre estel·lar i un forat negre supermassiu.

Cal destacar que el nombre de forats negres que hem detectat és significativament més petit que el nombre de forats negres que s'estima que existeixen, ja que els nostres mètodes de detecció són limitats. Només hem estat capaços de detectar els forats negres que es troben al centre de grans agrupacions d'estrelles, com cúmuls globulars o centres galàctics, i també forats negres que formen part d'un sistema binari amb una altra estrella, ja que absorbeixen part del gas de l'estrella fent que emetin rajos X, la nostra principal manera de detectar-los. Aquests mètodes de detecció no ens permeten detectar els forats negres solitaris, que creiem que són la gran majoria. Només a la Via Làctia s'estima que hi ha uns cent milions de forats negres, una quantitat molt més gran que els onze que hem pogut analitzar i catalogar.

Per acabar, volia esmentar que la meua part d'aquest treball finalitza aquí, però el treball queda obert a futures expansions en la catalogació i el mapatge. Per les immenses dimensions de l'Univers i per la circumstància de tenir un temps limitat, el treball ha quedat cenyit als forats negres de la Via Làctia i el Grup Local, però s'han detectat centenars de forats negres fora del Grup Local que no s'han pogut catalogar ni analitzar. A part, només hem catalogat els forats negres detectats fins a la realització d'aquest treball de recerca. Amb el pas dels anys cada vegada es detecten més forats negres, la qual cosa permetria ampliar el nombre de forats negres dels catàlegs de la Via Làctia i el Grup Local.

---

---

## Bibliografia i webgrafia

— Stephen W. Hawking (1988). *A Brief History of Time: From the Big bang to black holes*. Barcelona: Grijalbo Mondadori. — Antxon Alberdi Odriozola (2017). *Los agujeros negros*. Madrid: National Geographic. — Stephen W. Hawking & Leonard Mlodinow (2010). *The Grand Design: New answers to the ultimate questions of life*. Berlín: Bantam Books. — Brian Greene (2001). *The Elegant Universe: Superstrings, hidden dimensions and the quest for the ultimate theory*. Madrid: Critica / Planeta. — <<https://www.portalastronomico.com/un-agujero-negro-es/>> [Consulta: 17 juny 2019] — <<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/B/Black+Hole>> [Consulta: 17 juny 2019] — <<https://manyworldstheory.com/tag/einstein/>> [Consulta: 20 juny 2019] — <<https://www.universetoday.com/84147/singularity/>> [Consulta: 20 juny 2019] — <<https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/black-holes>> [Consulta: 27 juny 2019] — <<https://www.space.com/18668-biggest-black-hole-discovery.html>> [Consulta: 9 juliol 2019] — <<http://www.astro.sunysb.edu/rosalba/astro2030/KerrBH.pdf>> [Consulta: 15 juliol 2019] — <<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/s/supermassive+black+hole>> [Consulta: 15 juliol 2019] — <[https://en.m.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_gravitational\\_wave\\_observations](https://en.m.wikipedia.org/wiki/List_of_gravitational_wave_observations)> [Consulta: 19 setembre 2019] — <<http://www.atlasoftheuniverse.com/universe.html>> [Consulta: 23 setembre 2019] — <<https://hubblesite.org>> [Consulta: 27 setembre 2019] — <<http://www.johnstonsarchive.net/relativity/bhctable.html>> [Consulta: 1 octubre 2019] — <[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_black\\_holes](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_black_holes)> [Consulta: 1 octubre 2019] — <<http://blackholes.stardate.org>> [Consulta: 5 octubre 2019] — <<https://www.universetoday.com/24199/the-milky-way-spiral/>> [Consulta: 5 octubre 2019] — <[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_nearest\\_black\\_holes](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nearest_black_holes)> [Consulta: 12 octubre 2019] — <[https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast25feb\\_1m](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast25feb_1m)> [Consulta: 13 octubre 2019] — <<http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/>> [Consulta: 15 octubre 2019] — <<https://www.universetoday.com/65180/andromedas-unstable-black-hole/>> [Consulta: 15 octubre 2019] — <<https://arxiv.org/abs/1612.00045>> [Consulta: 19 octubre 2019] — <<https://arxiv.org/abs/1107.4583>> [Consulta: 19 octubre 2019] — <<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>> — <<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=GRO+J0422%2B32>> — <<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=Sgr+A%2A>>

---