



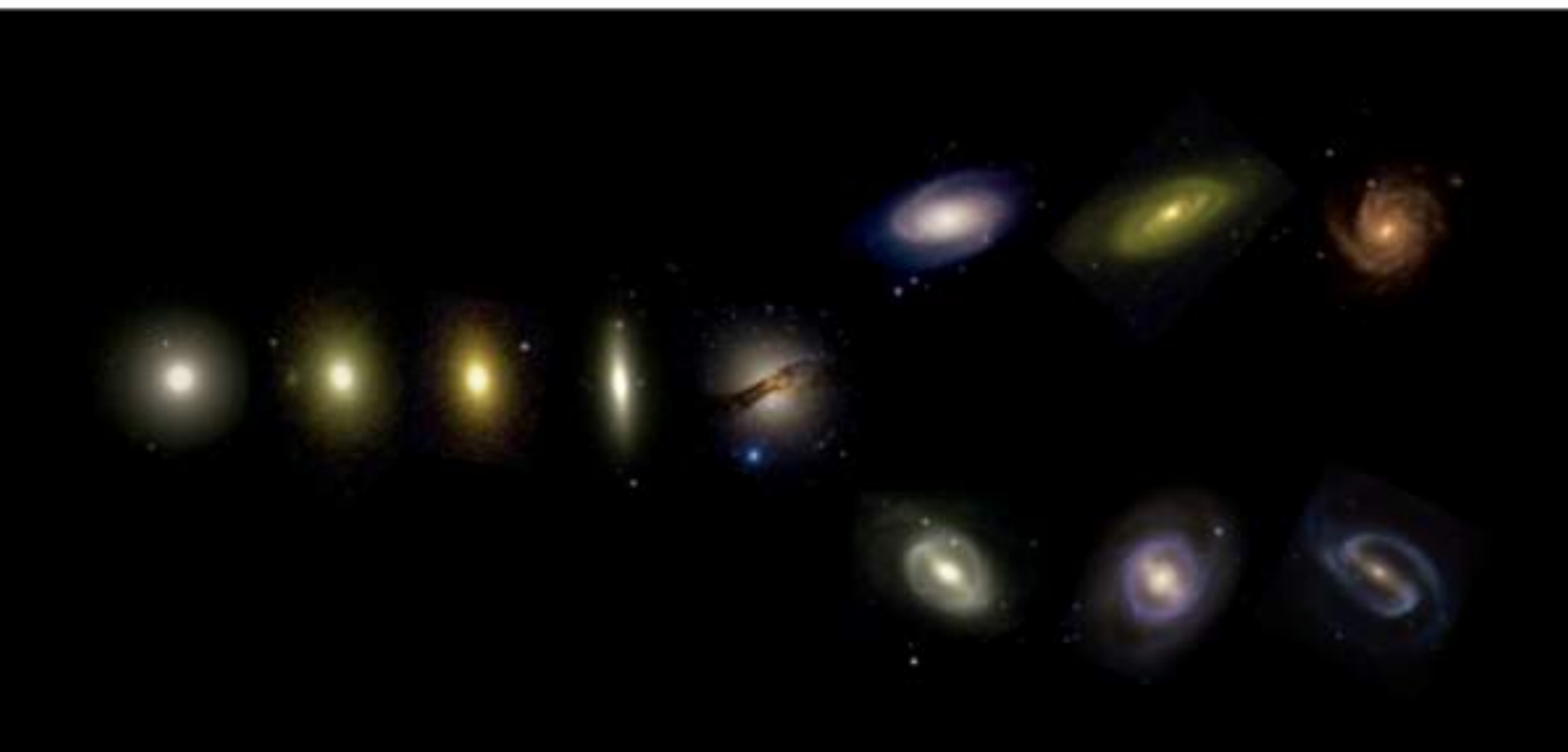
# "THE HUBBLE TUNING FORK"

Paula Pijuan Buñol

1r batx A

Curs 2022/2023

Professor: Anicet Cosialls



**ÍNDEX**

<b>1. Introducció</b>	<b>2</b>
<b>2. Objectius</b>	<b>3</b>
<b>3. Marc teòric</b>	<b>4</b>
3.1 Edwin Hubble	4
3.1.1 Biografia	4
3.1.2 Descobriments	4
3.2 "Edwin Hubble Classification Scheme"	5
3.3 LCO Observatory	6
<b>4. Part pràctica</b>	<b>7</b>
4.1 Material	7
4.2 Procediment	7
4.2.1 Per al diagrama	7
4.2.2 Per l'anàlisi de cada galàxia	7
<b>5. Resultats obtinguts</b>	<b>8</b>
5.1 Diagrama de Hubble	8
5.2 Anàlisi de cada galàxia	8
<b>6. Conclusions</b>	<b>11</b>
<b>7. Referències bibliogràfiques</b>	<b>12</b>
<b>8. Annex</b>	<b>13</b>

## 1. INTRODUCCIÓ

"The aim of this project is to create a galaxy classification scheme like the one Edwin Hubble elaborated in his time with images from the astronomical observatory of Las Cumbres. Besides, a little catalog with information about each of the galaxies that appears in the diagram is meant to be done, while acquiring some knowledge about this topic related to the universe."

L'univers es coneix globalment com absolutament tot allò que existeix, des dels objectes més petits fins a galàxies senceres, nebuloses o tots aquests elements gegants que creiem tan lluny de nosaltres.

A mesura que ha anat avançant el temps, la tecnologia s'ha anat desenvolupant i, amb la fabricació de telescopis cada cop més moderns i professionals, hem estat capaços d'obtenir les primeres imatges de galàxies i planetes alienes a nosaltres.



Imatge 1: supernova  
fotografiada per LCO

El 28 d'agost de 1758 Charles Messier va inaugurar el seu catàleg d'objectes astronòmics, objectes que avui en dia se segueixen anomenant mitjançant el nom que ell els va donar. El 1926, es va fer un pas més a la ciència, Edwin Hubble va elaborar un diagrama de les galàxies on aquestes eren classificades segons la seva forma.

La nostra missió ha estat reproduir aquest mateix diagrama que, actualment segueix en ús, mitjançant imatges de galàxies obtingudes a partir de l'observatori astronòmic de Las Cumbres - LCO Observatory, a més de fer una anàlisi de cada una amb la informació més característica.

## 2. OBJECTIUS

Aquest treball intentarà assolir els següents objectius:

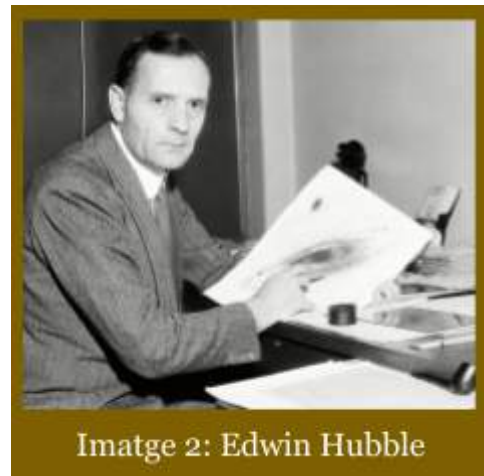
- Cercar informació sobre els tipus de galàxies que existeixen i com es classifiquen.
- Conèixer la xarxa de telescopis de l'observatori de Las Cumbres LCO i qui va ser l'astrònom Edwin Hubble.
- Construir un diagrama com el de Hubble (Hubble tuning fork) amb fotografies obtingudes amb aquesta mateixa xarxa de telescopis.
- Fer una fitxa amb les dades tècniques i característiques de cada galàxia que apareix al diagrama.
- Ser capaç de respondre diferents qüestions respecte a aquest tema (vegeu a l'annex).
- Aprendre a acolorir imatges a partir dels tres filtres de colors.

### 3. MARC TEÒRIC

#### 3.1 EDWIN HUBBLE (1)

Edwin Powell Hubble va ser un dels astrònoms americans més rellevants del segle XX a causa dels importants descobriments i aportacions que va fer a la ciència. De fet, és considerat el pare de la cosmologia observacional, encara que la seva influència en astronomia i astrofísica va tocar molts altres camps.

Avui en dia, hi ha un satèl·lit anomenat "Hubble" en el seu honor, el Telescopi Espacial Hubble, situat a l'òrbita circular al voltant de la Terra.



Imatge 2: Edwin Hubble

#### 3.1.1 BIOGRAFIA (2, 3)

Edwin Hubble va néixer Marshfield, Estats Units, el 20 de novembre de 1889. Durant la seva joventut, va destacar més per la seva destresa atlètica que per les seves capacitats intel·lectuals, tot i obtenir bones qualificacions en totes les assignatures.

Malgrat que es va graduar en dret per la Universitat d'Oxford, després de només un any com advocat, va abandonar la pràctica legal i va ingressar a la Universitat de Chicago per estudiar astronomia, disciplina en la qual es va doctorar el 1917.

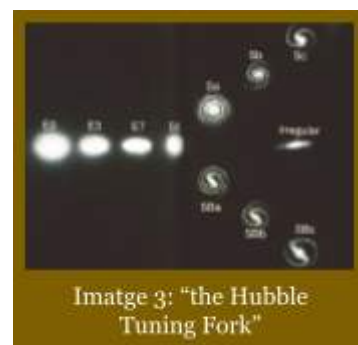
A la Universitat de Chicago, va estar treballant a l'observatori de Yerkes, i, després de la Primera Guerra Mundial, a l'observatori del Mont Wilson, a Califòrnia, on va arribar a ser director d'investigacions. Allí, tenia accés a un telescopi de 254 cm, el més potent del món en aquell moment.

Malauradament, Edwin Hubble va morir a causa de la trombosi cerebral el 28 de setembre de 1953 a San Marino, Califòrnia.

#### 3.1.2 DESCOBRIMENTS

Algunes de les moltes aportacions de Hubble a la ciència van ser:

- L'establiment de nebuloses situades fora de la Via Làctia, que segons ell, eren galàxies en sí mateixes. Aquesta idea va canviar immediatament la noció que es tenia a l'època sobre les autèntiques dimensions de l'univers, i va obrir camí a l'exploració extragalàctica. A continuació, el 1926



Imatge 3: "the Hubble Tuning Fork"

va afrontar la tasca de la seva classificació en funció de la forma, que avui anomenem "Edwin Hubble's Classification Scheme" o "The Hubble Tuning Fork", traduït al català com a *diagrama diapasó* (a conseqüència de la seva forma).

- També va descobrir que les nebuloses extragalàctiques s'allunyen de la Via Làctia i que ho fan a major velocitat com més lluny es troben d'ella. Les implicacions d'aquest descobriment aviat van resultar evidents: l'univers, durant molt temps considerat estàtic, en realitat estava en expansió.
- El 1929, va determinar l'existència d'una relació constant entre la distància i velocitat de separació de les galàxies, constant que des de llavors porta el seu nom. A més, això li va permetre posteriors avaluacions de l'edat de l'univers, que va situar en uns 15.000 milions d'anys.

### 3.2 "EDWIN HUBBLE'S CLASSIFICATIONS SCHEME" (4)

Una galàxia és un conjunt d'estrelles, núvols de gas, planetes, pols còsmica, matèria fosca i energia unides gravitatòriament en una estructura més o menys definida. La seqüència de Hubble és una classificació i representació dels tipus de galàxies segons la seva morfologia, és a dir, segons la forma de cada una.

Els tipus de galàxies es divideixen en:

- Galàxies el·líptiques (E0-7): tenen forma el·líptica ("E"), amb una distribució bastant uniforme d'estrelles al seu voltant. El nombre que acompanya la lletra ("0-7") indica el grau d'excentricitat, és a dir, com és de semblant respecte a una circumferència: les galàxies E0 són gairebé rodones, i les E7 són molt aplanades.
- Galàxies lenticulars (S0): semblen tenir una estructura de disc amb una concentració d'estrelles central projectant-se des d'aquest.
- Galàxies espirals (Sa-c): tenen una concentració d'estrelles central i un disc aïllat que presenta braços espirals ("S", en anglès). S'atribueix una lletra (a-c) en funció de com d'arremolinats estan els braços al voltant el nucli.



Imatge 4: galàxia NGC 1379, de tipus EO



Imatge 5: galàxia M90, de tipus Sa

- Galàxies espirals barrades (SBa-c): tenen una estructura en espiral, diferent de les espirals, ja que els braços es projecten des del final d'una "barra" ("B") central en lloc de sortir del centre. La lletra (a-c) indica com d'arremolinats estan els braços i el grau de desenvolupament de la concentració central.
- Galàxies irregulars (Irr): es divideixen en Irr-I, que mostren una estructura espiral deformada, i Irr-II per a les galàxies que no encaixen en cap altra categoria.



Imatge 6: galàxia M95, de tipus SBb

\*aquest últim grup de galàxies no apareixerà al diagrama elaborat.

### 3.3 LCO OBSERVATORY (5)

L'Observatori de Las Cumbres (LCO) és una xarxa d'observatoris astronòmics distribuïts en longitud al voltant de la Terra.

Amb oficines a Goleta, Califòrnia, aquesta és una xarxa dirigida per una fundació operativa privada sense ànim de lucre, fundada per l'informàtic Wayne Rosing.

L'amplada dels telescopis permet observacions contínues durant 24 hores o més. Actualment, la xarxa operativa consta de dos telescopis de 2 metres, nou telescopis d'1 metre i set telescopis de 40 cm, col·locats en sis observatoris astronòmics.



Imatge 7: observatoris de la xarxa LCO Observatory

En total n'hi ha set:

- A l'hemisferi sud:
  - Observatori Interamericà Cerro Tololo (CTIO) a Xile
  - Observatori Astronòmic Sud-africà (SAAO), prop de Sutherland, Sud-àfrica
  - Siding Spring Observatory (SSO), a l'est d'Austràlia
- A l'hemisferi nord:
  - Observatori McDonald a Fort Davis, Texas
  - Observatori Haleakala, a Maui, Hawaii
  - Observatori del Teide a Tenerife a les Illes Canàries
  - Observatori de Ngari, Tibet Occidental, Xina



Imatge 8: observatoris LCO arreu del món

## 4. PART PRÀCTICA

### 4.1 MATERIAL

- Portàtil
- Pàgines/programaris informàtics:
  - LCO Observatory (<https://lco.global/>)
  - Canva (<https://www.canva.com/>)
  - Paint (o qualsevol altre programari de pintura)
  - Documents de Google



### 4.2 PROCEDIMENT

#### 4.2.1 Per al diagrama:

1. Per començar, cal buscar quines són les galàxies més representatives de cada tipus i buscar-ne una bona imatge feta amb els tres filtres de color (blau, groc i vermell), perquè sigui possible veure-la en color, a la pàgina *LCO Observatory*. En entrar-hi s'ha de clicar a "for observers" > "observing portal" > "filter list", i cal indicar el nom de la galàxia a "target name contains".
2. A continuació, es pot elaborar un diagrama com el de Hubble amb totes les fotos obtingudes amb el programari d'edició *Canva*, indicant el tipus i el nom de cada galàxia.
3. Si es vol, s'hi pot afegir un dibuix de la forma representativa de cada tipus, en aquest cas, això s'ha fet amb l'aplicació *Paint*.

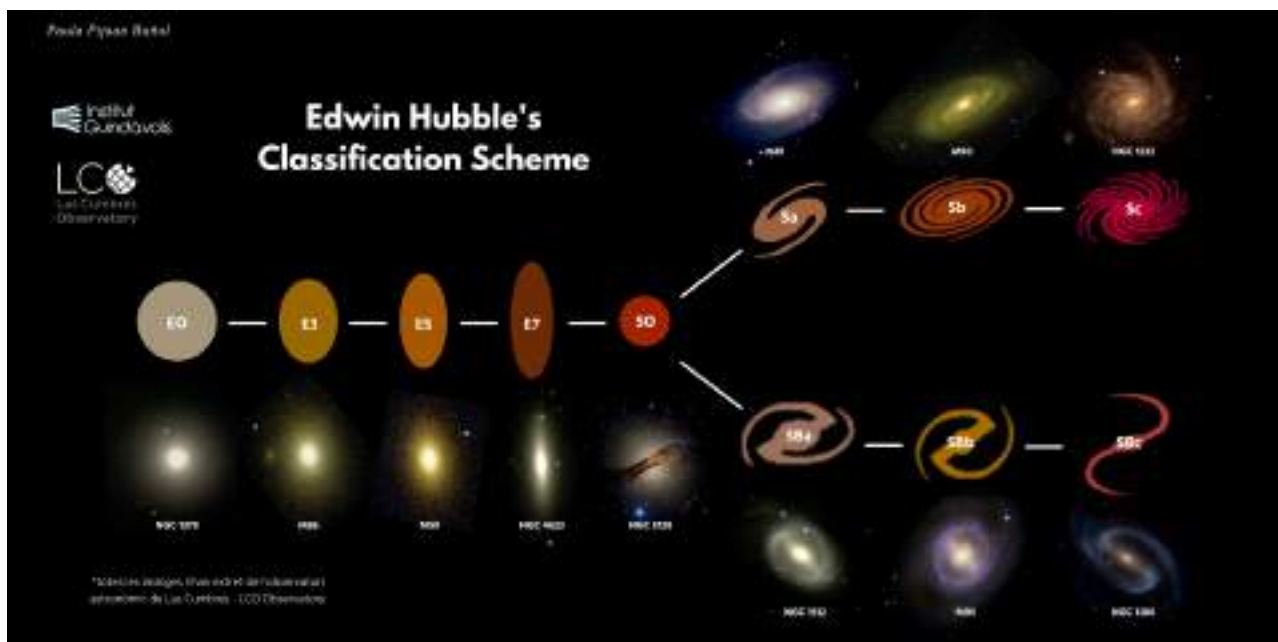
#### 4.2.2 Per l'anàlisi de cada galàxia:

1. Primer que tot, amb els documents de Google s'ha de crear una taula amb totes les dades que ens cal saber de cada galàxia.
2. Llavors, s'ha de buscar informació a internet, comparant diverses pàgines per assegurar-se que és una font fiable, i anar omplint la taula amb aquesta.



## 5. RESULTATS

### 5.1 Diagrama de Hubble




Imatge 13: diagrama de Hubble elaborat, resultat final

### 5.2 Anàlisi de cada galàxia


NGC 1379					
	Tipus:	E0	Declinació:	-35°21'54,4"	Es tracta d'una galàxia elíptica situada a 24' del centre de la constel·lació de Fornaux.
	Ascensió recta:	3h36m0,95s	Magnitud:	10,91	
	Mida (min d'arc):	2.6' × 2.5'	Distància:	62 milions d'anys llum	

M86 / NGC 4406					
	Tipus:	E3	Declinació:	+12° 56' 46"	Es tracta d'una galàxia el·líptica al centre de la constel·lació de Virgo.
	Ascensió recta:	12h 26m 11.7s	Magnitud:	9.8	
	Mida (min d'arc):	8'.9 × 5'.8	Distància:	51.860.000 anys llum	


**M 59 / NGC 4621**

	Tipus:	E5	Declinació:	+11° 39'	Es tracta d'una de les galàxies el·líptiques més grans de la constel·lació de Virgo.
	Ascensió recta:	12h 42.0m	Magnitud:	9.6	
	Mida (min d'arc):	5'0 x 3'5	Distància:	60 milions anys llum	


**NGC 4623**

	Tipus:	E7	Declinació:	7° 40' 37"	Es tracta d'una galàxia el·líptica de tipus E7 de la constel·lació de Virgo.
	Ascensió recta:	12h 42m 10.7s	Magnitud:	13,24	
	Mida (min d'arc):	52'2 x 0'7	Distància:	54,889,674 anys llum	


**NGC 5128 / Centaurus A**


	Tipus:	SO	Declinació:	-43° 1' 09"	Es tracta d'una galàxia de la constel·lació de Centaurus. És la 5a galàxia més brillant del cel.
	Ascensió recta:	13h 25m 27.6s	Magnitud:	7,8	
	Mida (min d'arc):	25'7 x 20'0	Distància:	13,7 ± 0,9 milions d'al	


**M81 / NGC 3031 / Galàxia de Bode**


	Tipus:	Sa	Declinació:	69° 4' 55"	Es tracta d'una galàxia espiral ubicada a la constel·lació de l'Ossa Major.
	Ascensió recta:	9h 55,6m 32,9s	Magnitud:	6,93	
	Mida (min d'arc):	26' x 14'	Distància:	12 milions anys llum	


**M90 / NGC 4569**

	Tipus:	Sb	Declinació:	13° 9' 46"	Es tracta d'una de les galàxies espirals més grans de la constel·lació de Virgo.
	Ascensió recta:	12h 36m 49,8s	Magnitud:	10,3	
	Mida (min d'arc):	9'5 x 4'4	Distància:	58.710.000 anys llum	

NGC 1232					
	Tipus:	Sc	Declinació:	-20° 34' 45"	Es tracta d'una galàxia espiral localitzada a prop de la constel·lació d'Eridanus.
	Ascensió recta:	3h 9m 45,3s	Magnitud:	9,8	
	Mida (min d'arc):	7'4 x 6'5	Distància:	60.990.000 anys llum	

NGC 1512					
	Tipus:	SBa	Declinació:	-43° 20' 56"	Es tracta d'una galàxia espiral que es troba a prop de la constel·lació d'Horologium.
	Ascensió recta:	4h 3m 54,3s	Magnitud:	11,1	
	Mida (min d'arc):	8'9 x 5'6	Distància:	30 milions anys llum	

M95 / NGC 3351					
	Tipus:	SBb	Declinació:	11° 42' 14"	Es tracta d'una galàxia espiral barrada ubicada a la constel·lació de Leo.
	Ascensió recta:	10h 43m 57,7s	Magnitud:	11,4	
	Mida (min d'arc):	7'4 x 5'1	Distància:	32.620.000 anys llum	

NGC 1300					
	Tipus:	SBc	Declinació:	-19° 24' 41"	Es tracta d'una galàxia espiral barrada situada a la constel·lació d'Eridanus.
	Ascensió recta:	3h 19m 41,1s	Magnitud:	11,4	
	Mida (min d'arc):	6'2 x 4'1	Distància:	61.320.000 anys llum	

Imatges 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24: fotografia de cada galàxia analitzada

\*totes les imatges s'han extret de l'observatori astronòmic de Las Cumbres - LCO Observatory.

## 6. CONCLUSIONS

- A partir de les imatges obtingudes a partir de l'observatori LCO s'ha pogut confeccionar el famós diagrama que va utilitzar Hubble el 1926 per classificar les galàxies
- Hem après a saber diferenciar els diversos tipus de galàxies
- Hem utilitzat les imatges captades per diferents telescopis de LCO en filtres roig, verd i blau per tal d'obtenir una fotografia en color.
- Hem utilitzat alguna de les imatges que han estat fetes a petició nostra, seleccionant el temps d'edició i els filtres.

## 7. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. Edwin Hubble. Wikipèdia

[https://es.wikipedia.org/wiki/Edwin\\_Hubble](https://es.wikipedia.org/wiki/Edwin_Hubble)

2. Biografia d'Edwin Hubble

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hubble.htm>

3. Biografia d'Edwin Hubble

<https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/9093/Edwin%20Hubble>

4. Seqüència de Hubble

[https://ca.wikipedia.org/wiki/Seq%C3%BC%C3%A8ncia\\_de\\_Hubble](https://ca.wikipedia.org/wiki/Seq%C3%BC%C3%A8ncia_de_Hubble)

5. LCO Observatory

<https://lco.global/>

## 8. ANNEX

Qüestions a respondre sobre el diagrama:

- Les galàxies s'ordenen en categories començant per E o S en el diagrama. Què creus que representen aquestes majúscules?

Aquestes lletres són la inicial de les paraules *El·líptica* o *Espiral* en anglès (*Elliptical, Spiral*).

- Les galàxies de l'extrem esquerre del diagrama oscil·len entre E0-E1-E3-E4-E5, encara que només es mostren E0 i E5. Què creus que indiquen aquests números?

Aquests números indiquen el grau d'excentricitat de cada galàxia, és a dir, com d'aplanada és.

- Es pot descriure la forma de la galàxia SO amb paraules? Què el fa diferent de les E?

Tot i que poden resultar bastant semblants, les galàxies SO tenen forma de disc, en canvi, les E tenen forma d'esfera, en tres dimensions.

- Quina diferència hi ha entre les bifurcacions superior i inferior del diagrama? I que tenen en comú?

Les dues bifurcacions mostren galàxies espirals, el que les diferencia és que els braços de les de dalt (Sa-c) surten d'un nucli rodó i els de les de baix (SBa-c) surten de les puntes d'un nucli en forma de barra.

- Què suposes que significa la "B" a la forquilla inferior?

Aquesta lletra és la inicial de la paraula *barrada*, que en conjunt amb la "S" designa les galàxies Espirals Barrades.

- Què passa amb les lletres minúscules a, b, c? Es pot descriure amb paraules quina progressió de forma han de representar aquestes lletres?

Les lletres *a, b, c* s'atribueixen en funció de la forma d'arremolinament dels braços de cada galàxia.

