



**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN BELLAS ARTES**

**CURSO ACADÉMICO 2018/19**

**CONVOCATORIA JUNIO**

**LA REPRESENTACIÓN DEL COSMOS A TRAVÉS DEL ARTE DIGITAL**

**ANA CAMPOS MANSO**

**BELLAS ARTES**

**APELLIDOS/NOMBRE TUTOR:**

**GÓMEZ DÍAZ/ FRANCISCO JOSÉ**

Fecha: 10 junio de 2019

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación ha sido el inicio de un largo estudio que no hubiera sido posible sin la ayuda de un gran número de personas que han colaborado para que este propósito pudiese llevarse a cabo. Me gustaría hacer una mención especial al tutor Francisco José Gómez Díaz de este Trabajo de Fin de Grado por haber demostrado con creces dedicación, apoyo y sobre todo, profesionalidad. Este proyecto de investigación ha estado respaldado por la ayuda de Dmytro Doroshenko y gracias a su colaboración durante todo el proceso, tanto en la exploración, como en la elaboración de la parte creativa y técnica de la pieza final, ha hecho que este proyecto se convirtiese en más personal aún.

Gracias a la ayuda ofrecida por el Planetario de Madrid que ofrecido sus instalaciones para la posible realización de este proyecto y del visionado de este. También quiero dedicarle agradecimientos a Francisco Lechón, por mostrar interés en esta investigación y dedicarle tiempo a la aportación de información relacionada con el tema, además de todo el soporte audiovisual administrado. Al igual que Miguel Vioque por dedicarle tiempo a las explicaciones aportadas para este trabajo y para la posible realización de la pieza final.

## RESUMEN

Esta investigación se centra en la representación de conceptos cosmológicos y la importancia existente de la relación entre la ciencia y el arte además de complementarse la una a la otra. Tras largas investigaciones sobre el Cosmos existe la necesidad de dar forma a estos números y gráficas y gracias a artistas gráficos, estas impresiones artísticas sobre el espacio y su contenido se puede llegar a entender conceptos abstractos y facilitar de esta forma su divulgación. En este trabajo se presenta la historia de la observación del Cosmos y la historia de la representación del Cosmos, para lograr entender qué ha pasado en la historia y cómo concebían el Universo en las diferentes culturas y épocas. Cabe destacar que se ha aportado una impresión artística personal con una representación del Cosmos desde un punto de vista artístico, pero bajo el respaldo de profesionales astrofísicos que han dado su opinión científica respecto a este proyecto y consiste en una pieza audiovisual que muestra la nebulosa de Orión mediante una representación en 3D en movimiento acompañada de música creada por Evgeny Tyler. La pieza audiovisual creada a raíz de esta investigación esta pensada para su proyección en planetarios por lo que el formato de la pieza es *fulldome*.

**CONTENIDO**

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	2
I. HISTORIA DE LA OBSERVACIÓN DEL COSMOS.....	3
1. DESDE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES HASTA EL SIGLO XX.....	4
2. PRIMEROS LANZAMIENTOS ESPACIALES.....	5
3. EN LA ACTUALIDAD.....	7
II. HISTORIA DE LA REPRESENTACIÓN DEL COSMOS.....	10
1. PRIMERAS REPRESENTACIONES.....	10
2. REVOLUCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES TRAS LA INVENCIÓN DEL TELESCOPIO.....	11
2.1. PRIMEROS DIBUJOS ASTRONÓMICOS.....	12
2.2. DAGUERROTIPOS DE LA LUNA.....	13
2.3. PRIMERAS REPRESENTACIONES CINEMATOGRAFICAS.....	14
3. REPRESENTACIONES ACTUALES.....	16
3.1 CINE Y SERIES.....	16
3.2 ASTROFOTOGRAFÍA.....	20
3.3 INSTALACIONES Y ESCULTURA DEL COSMOS.....	24
3.4 COSMOS EN LA PUBLICIDAD.....	27
3.5 IMPRESIONES ARTÍSTICAS.....	27
III. OBRA.....	31
1. REFERENTE.....	31
2. IDEAS Y <i>CONCEPT ART</i> .....	33
3. DESARROLLO.....	36
4. PIEZA FINAL.....	37
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
LIBROS Y REVISTAS.....	39
ARTÍCULOS.....	39
REVISTAS Y PRENSA ONLINE.....	40
ENLACES WEB.....	41
DOCUMENTALES Y PROGRAMAS.....	42

CATÁLOGOS DE EXPOSICIONES .....	42
VÍDEOS .....	42
TESIS DOCTORALES .....	43
CONFERENCIAS Y VISITAS GUIADAS.....	43
BOLETINES .....	43

## FIGURAS

*Figura 1.* Impresión artística sacada de The Search for Life in Space documental de December Media. Extraído de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) (Min 2:20) ..... 6

*Figura 2.* Impresión artística de los contenidos de la sonda Voyager, sacada de The Search for Life in Space documental de December Media. Extraído de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) (Min 2:00)..... 7

*Figura 3.* Fotografía de Marte capturada por el robot rover Opportunity. Recuperado de: <https://mars.nasa.gov/resources/22342/opportunity-legacy-pan-true-color/> ..... 8

*Figura 4.* Impresión artística de colonias en Marte de SpaceX. Making Life Multiplanetary 2017. Recuperado de: <https://www.spacex.com/> ..... 8

*Figura 5.* Imágenes tomadas en descenso de Huygens en la luna Titán. Recuperado de: [http://www.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Descenso\\_a\\_Titan](http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Descenso_a_Titan) ..... 9

*Figura 6.* Representación diosa Nut en la tumba de Ramses VI. Recuperado de: <https://acrobatadelcamino.com/luxor-valle-de-los-reyes/> ..... 10

*Figura 7.* Rubens, P.P. (1636-1639). El Nacimiento de la Vía Láctea. [Pintura]. Museo Nacional del Prado (Madrid). Recuperado de: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/el-nacimiento-de-la-via-lactea/c7369ad2-f0ae-4d5d-bb23-21f51bd3283c> ..... 11

*Figura 8.* Dibujos de los relieves de la Luna hechos por Galileo. Recuperado de: <http://museovirtual.csic.es/salas/universo/universo11.htm> ..... 12

*Figura 9.* Huida a Egipto. Adam Elsheimer. (1609) Recuperado de: [www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/586093](http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/586093)..... 12

*Figura 10.* Izq: Dibujo William Parsons. 1845. Centro: Galaxia Remolino. NASA. Der: La Noche Estrellada de Vincent Van Gogh. 1889. Recuperadas de: <https://astronomia-fisica-misiones-espaciales.blogspot.com/2011/01/m51-la-galaxia-del-remolino.html>, <http://www.asociacionastronomicadeespana.es/galaxia-remolino-m51.html> y <https://observatorio.info/2009/10/noche-estrellada-por-vincent-van-gogh/> ..... 13

*Figura 11.* John William Draper. Primera fotografía de la Luna. Daguerrotipo. 1840. Recuperado de: <https://twitter.com/fisicagrel/status/1109373579890696192> ..... 14

- Figura 12.* Daguerrotipo de la Luna. John Adams Whipple 1851. Recuperado de: OpenMind. 2015. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/apuntes-cientificos/grandes-imagenes-ciencia/> ..... 14
- Figura 13.* Fotografía de Lewis Morris Rutherford [Dominio Público]. 1865. Recuperado de: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vogel\\_Moon.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vogel_Moon.png) ..... 14
- Figura 14.* Fotograma de la película Kosmicheski reis de Vasili Zhuravlev. Fuente: <https://pasadizo889662311.wordpress.com/2018/11/20/kosmicheskiy-reys-fantasticheskaya-novella-1936/> ..... 15
- Figura 15.* Escena de la película Gravity. Recuperado de: <https://www.nyfa.edu/student-resources/best-cinematography-looking-gravity-2/> ..... 16
- Figura 16.* Escena de la película Interestelar. Recuperado de: <https://www.space.com/28552-interstellar-movie-black-holes-study.html>. Imagen de: © Paramount Pictures. .... 17
- Figura 17.* Escena de la serie de Adult Swim Rick y Morty. Temporada 2. Episodio 2: Huida a Mortynoché. (Min 20:00) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) ..... 18
- Figura 18.* Escena de la serie de Netflix Love, Death + Robots. Capítulo: Más allá de Aquila. (Min 5:20) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) ..... 18
- Figura 19.* Fotografía de la EEI desde el espacio. Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html) ..... 20
- Figura 20.* Escena de la serie de Netflix Love, Death + Robots. Capítulo: La mano amiga. (Min 0:55) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) ..... 20
- Figura 21.* Izq.: Primera fotografía de un agujero negro en M87. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso1907/> . Der: Impresión artística del agujero negro situado en M87. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso1907/> ..... 21
- Figura 22.* NASA/ESO/NAOJ/Giovanni Paglioli. Procesado: R. Colombari y R. Gendler. M106: galaxia espiral. Recuperado de: [https://apod.nasa.gov/apod/image/1502/m106\\_colombari\\_960.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/1502/m106_colombari_960.jpg) ..... 22
- Figura 23.* Capturas de pantalla del cielo en diferentes rangos del espectroelectromagnético. Recuperado de: <http://worldwidetelescope.org/webclient/> .. 23
- Figura 24.* Fotografía de la Nebulosa del Cangrejo sobre imagen de una bacteria encontrada en la mesa de un restaurante. Marcus Desieno. Recuperado de: <https://www.lensculture.com/articles/marcus-desieno-cosmos> ..... 24
- Figura 25.* Imagen sacada de vídeo de The Studio at JPL. Científicos y artistas trabajando juntos en JPL California Institute of Technology. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/thestudio/> ..... 25
- Figura 26.* Imagen sacada de vídeo de The Studio at JPL. Científico explicando imágenes a Dan Goods. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/thestudio/> ..... 25

<i>Figura 27.</i> Dan Goods. The Pulse de JPL. NASA/JPL-Caltech. Recuperado de: <a href="http://www.artcenter.edu/connect/dot-magazine/articles/graphic-design-alum-nasa-jpl-visual-strategist-dan-goods-huntington-orbit-pavilion.html">http://www.artcenter.edu/connect/dot-magazine/articles/graphic-design-alum-nasa-jpl-visual-strategist-dan-goods-huntington-orbit-pavilion.html</a> .....	25
<i>Figura 28.</i> Grano de arena con agujero perforado. Instalación The Big Playground de Dan Goods. Museo de Arte de Fort Collins. Recuperado de: <a href="http://www.directedplay.com/the-big-playground">http://www.directedplay.com/the-big-playground</a> .....	26
<i>Figura 29.</i> Instalación The Big Playground de Dan Goods. Museo de Arte de Fort Collins. Recuperado de: <a href="http://www.directedplay.com/the-big-playground">http://www.directedplay.com/the-big-playground</a> .....	26
<i>Figura 30.</i> Muñoz, B. (2004). <i>Nebulosa</i> . Acero inoxidable. Recuperado de: <a href="http://www.blancamunoz.com/2.Nebulosa.html">http://www.blancamunoz.com/2.Nebulosa.html</a> .....	26
<i>Figura 31.</i> Pomellato/Sabbia. Dittroit. Spot publicitario. <a href="https://vimeo.com/88778985">https://vimeo.com/88778985</a>	27
<i>Figura 32.</i> Impresión artística del exoplaneta HD 189733. Recuperado de: <a href="https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/multimedia/exoplanet-hd-189733b.html">https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/multimedia/exoplanet-hd-189733b.html</a> .....	28
<i>Figura 33.</i> Tabla de curva de luz y datos recogidos de OGLE-2005-BLG-390. Recuperado de: <a href="https://www.eso.org/public/news/eso0603/">https://www.eso.org/public/news/eso0603/</a> .....	29
<i>Figura 34.</i> Impresión artística del exoplaneta OGLE-2005-BLG-390. Recuperado de: <a href="https://www.eso.org/public/news/eso0603/">https://www.eso.org/public/news/eso0603/</a> .....	30
<i>Figura 35.</i> Datos recogidos por la NASA para la creación de un concepto y el posible estudio de los planetas que orbitan a Trappist-1. Recuperado de: <a href="https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impressions-made.html#v-339">https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impressions-made.html#v-339</a> .....	30
<i>Figura 36.</i> Estudio y creación de las impresiones artísticas de Trappist-1, realizado por Tim Pyle. Recuperado de: <a href="https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impressions-made.html#v-3395642941418616587">https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impressions-made.html#v-3395642941418616587</a> .....	31
<i>Figura 37.</i> Ilustración artística del Sistema planetario de Trappist-1. Recuperado de: <a href="https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21422">https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21422</a> .....	31
<i>Figura 38.</i> <i>Encounter</i> . Teun Van Der Zalm. Videoarte Digital en 3D. Subido el 9 de agosto de 2018. <a href="https://vimeo.com/284226152">https://vimeo.com/284226152</a> .....	32
<i>Figura 39.</i> <i>Encounter</i> . Teun Van Der Zalm. Videoarte Digital en 3D. Subido el 14 de octubre de 2018. Formato Fulldome. <a href="https://vimeo.com/295042061">https://vimeo.com/295042061</a> .....	33
<i>Figura 40.</i> Ilustración digital del globo terráqueo desde el espacio.....	34
<i>Figura 41.</i> Representación de un agujero negro en el espacio .....	34
<i>Figura 42.</i> Representación de un planeta.....	34
<i>Figura 43.</i> Impresión artística del exoplaneta HD 80606 b. ....	35
<i>Figura 444.</i> Fotograma 941 de la pieza audiovisual de esta investigación. Título: <i>Orión</i> [vídeo].....	37



## INTRODUCCIÓN

Esta investigación surge de la incertidumbre sobre las representaciones del Cosmos y cómo se han llevado a cabo. El proceso mediante unos datos científicos se ha podido elaborar imágenes e ilustraciones para crear conceptos y un imaginario colectivo sobre cómo es el espacio, ya que nadie lo ha podido ver con sus propios ojos. De ahí la importancia de la colaboración entre la ciencia y el arte para la posible divulgación de dichos proyectos.

Cosmos: Del lat. *cosmos* 'universo', y este del gr. κόσμος *kósmos* 'universo' y 'ornamento' (RAE, 2019). Definir el Cosmos como tal resulta una tarea complicada sobre todo desde el entendimiento humano de ahí la importancia de expresar dicho término mediante imágenes gráficas para la posible comprensión de estos conceptos tan complejos.

Este proyecto de investigación se divide en tres grandes bloques. El primer bloque desarrolla un análisis sobre la historia de la observación del Cosmos, desde las primeras civilizaciones antiguas hasta la actualidad. Se ha analizado el cómo el ser humano ha desarrollado habilidades para encontrar respuestas a aquellas preguntas sobre el Universo y cómo poco a poco se han ido solventando problemas que se han ido presentando, además de la integración de dichas herramientas en la sociedad para mejorar las vidas de las personas. El segundo bloque de la investigación muestra la historia de la representación del Cosmos desde los inicios de las primeras manifestaciones en cámaras funerarias hasta la utilización de nuevos softwares que generan entornos en 3D del Cosmos. El último punto de este bloque es de los más importantes de la investigación ya que se centra en las impresiones artísticas y se ha utilizado como punto de unión con el último y tercer bloque, que ilustra el desarrollo de la obra. El tercer bloque está relacionado con la investigación llevada a cabo y explica el desarrollo de la obra y cómo se ha llegado al resultado final. Con la pieza audiovisual creada como impresión artística, explicada en el tercer bloque, se ha querido aportar una visión personal desde el punto de vista de un concepto hasta la propia representación de este.

Esta investigación se centra desde la segunda mitad del siglo XX, ya que es cuando la tecnología científica se desarrolló de forma desmesurada, causando un avance tecnológico y en las herramientas gráficas digitales de representación y la creación de modelos e impresiones artísticas es cada vez más realistas. La investigación científica que se ha llevado a cabo a lo largo de la historia y las que actualmente se encuentran en proceso de desarrollo, han tenido y tendrán una representación gráfica para facilitar la divulgación de dichos conocimientos. El trabajo de los artistas como colaboradores con la ciencia y el descubrimiento es de crucial importancia en la investigación del Cosmos y el Universo, como explica Francisco Lechón, Departamento de Comunicación de Airbus Defense and Space, en la entrevista que concedió para el desarrollo de esta investigación.

En la actualidad, gracias a estas representaciones artísticas sobre conocimientos astronómicos, se ha creado un imaginario colectivo respecto a la forma del Cosmos, por ejemplo: cómo es el Sistema Solar, o incluso como podría llegar a ser un agujero negro. Pero realmente dichos conocimientos no se han visto ni son tangibles como tal, por lo tanto, la creatividad de los artistas y los datos científicos recogidos mediante una serie de instrumentos especializados juegan un papel crucial para el avance de la comunidad científica, así confirmó Lechón cuando se le preguntó acerca del tema.

Como objetivos principales de la presente investigación se pueden destacar los siguientes:

- Buscar acerca de la historia del Cosmos y la astronomía y el cómo se ha ido desarrollando a lo largo de la historia.
- Investigar sobre las primeras manifestaciones artísticas relacionadas con la representación del Cosmos y la fascinación del ser humano por las estrellas y el Universo.
- Observar cómo se ha desarrollado estas ideas, los nuevos avances y descubrimientos que se ocasionaron en la época.
- Analizar la relación existente entre arte y ciencia y cómo se ha ido nutriendo la una de la otra.
- Estudiar las representaciones artísticas en relación con proyectos científicos y proyectos artísticos con una base más creativa que científica, pero partiendo desde la ciencia como punto de partida.
- Desarrollar representaciones artísticas propias y de esta forma contribuir desde un aspecto artístico a dicha representación del Cosmos.

## METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo una investigación sobre la parte artística del Cosmos y cómo se podría representar pero para poder profundizar en este tema, primero se ha tenido que estudiar los proyectos de exploración espacial y cómo se han podido llevar a cabo y la historia de las representaciones del Cosmos a lo largo de la historia. Para ello, se contó con la ayuda del Planetario de Madrid y gracias a la aportación de material para el desarrollo de esta investigación. Se realizaron entrevistas personales, como es el ejemplo de Francisco Lechón, que preparó una conferencia en la sede de Airbus Defense and Space en Coslada, para la explicación de proyectos espaciales realizados y representaciones de estos llevados a cabo. Lechón mostró ilustraciones, fotografías y metodologías de trabajo para los descubrimientos de exoplanetas en el Cosmos.

Avanzado el proyecto, se contactó con el departamento de comunicación de la ESA (European Space Agency) y tras la respuesta de Beatriz Arias, responsable de dicho departamento, facilitó el contacto de la oficina de imágenes e impresiones artísticas con sede en París (Francia). Además, también se contactó con Copernicus, European Union's Earth Observation Programme, entidad colaboradora con la ESA.

Se ha complementado la búsqueda de información con visitas a museos como, por ejemplo, el museo de la NASA en Robledo de Chavela (Madrid) que motivó a seguir adelante gracias a los vídeos mostrados sobre las investigaciones que llevan a cabo. La visita guiada de Pere Planesas en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando mostró una visión de los avances tecnológicos producidos en la historia de la observación del Cosmos.

Telmo Fernández, astrofísico y director del Planetario de Madrid, mostró y explicó aspectos cosmológicos y las charlas impartidas en dicho lugar sobre el Cosmos dieron otro punto de vista a esta investigación. Yuri Usachov, astronauta ruso, concedió una de estas charlas y explicó cómo es la vida en el espacio y qué la diferencia de la de la Tierra, además de la cercanía para la posible realización de preguntas a dicho astronauta, ayudó para avanzar en esta investigación. Para la posible realización de la impresión artística audiovisual, se ha contado con opiniones de expertos en formación estelar y se contactó con Miguel Vioque, astrofísico e investigador de la Universidad de Leeds

(Inglaterra) y gracias a la información aportada, se ha podido llevar a cabo la posible representación y además, Vioque también aportó conocimientos astrofísicos dando una visión científica a este proyecto.

Para la realización de la pieza audiovisual, se ha contado con la ayuda de personas con elevado nivel de conocimientos en representación en 3D. Dmytro Doroshenko ha ayudado en la parte gráfica y en la realización no solo del modelado de la pieza, también en el montaje audiovisual. Y teniendo en cuenta el aspecto del sonido de la obra, se ha contado con la opinión de Nuria Klett Manso, pianista y estudiante de música, ya que aportó sus avanzados conocimientos en composición musical para que la pieza musical escogida tuviese sentido en todo el conjunto.

Esta investigación ha tenido un hilo conductor de búsqueda de información, consultas a artistas relacionados con el cosmos, entidades aeroespaciales y gracias a la colaboración de personas, libros, artículos científicos, etcétera, con el fin de seguir investigando acerca del tema.

## I. HISTORIA DE LA OBSERVACIÓN DEL COSMOS

Desde el comienzo de la humanidad, se ha querido dar respuesta a tres grandes preguntas acerca del mundo: la primera, cuál es el origen del Universo, la segunda por qué existen organismos vivos en vez de materia inerte y, por último, la tercera y más compleja, por qué algunos de esos seres vivos reflexionan acerca de dichas cuestiones y su importancia en el mundo (GIMÉNEZ, 2012, p.7).

El ser humano se ha preguntado sobre el Universo y se ha encontrado diferentes referencias acerca de su representación en algunas culturas antiguas y cómo respondían a esas dudas existenciales cosmológicas. Montserrat Villar Martín, astrofísica e investigadora del centro de Astrobiología, apunta respecto a estas cuestiones que, “estaban profundamente influenciadas por diferentes factores, como las creencias religiosas, motivaciones políticas, el límite de lo observable y por supuesto, el conocimiento a medida que iba avanzando y también delineando nuestro concepto” (Villar, M. 2018).

El hombre, cuando miró por primera vez la bóveda celeste, empezó a reconocer grupos fijos de estrellas que se movían por el cielo. Estos cúmulos de estrellas adquirieron nombres de objetos y animales conocidos. (FECYT, 2007, p.5). Como explican FERNÁNDEZ y MONTESINOS en *El Desafío del Universo* (2007, p.22) desde las civilizaciones egipcias y babilónicas, pasando por los pensadores griegos, hasta por Galileo, William Herschel, Isaac Newton, entre otros... todos se han planteado las mismas dudas. ¿Cómo es el Cosmos? ¿Qué forma tiene? ¿Cuál sería la manera de representarlo?

Carlo Rovelli, físico teórico, expone en su libro *El Orden del Tiempo* la capacidad del ser humano de comprender ciertas cosas antes de verlas, por ejemplo, Anaximandro entendió que el cielo continúa debajo de los pies sin que todavía ningún barco hubiese dado la vuelta a la Tierra. “Esa capacidad de comprender antes de ver constituye el corazón del pensamiento científico” (ROVELLI, 2018, p.16). Resulta importante dar forma a esos conceptos abstractos en el campo de la ciencia y cobra un papel importante en la investigación científica.

## 1. DESDE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES HASTA EL SIGLO XX

Desde la antigüedad, se ha producido un fuerte interés por el estudio del cielo y ya en Egipto y Mesopotamia, los astrónomos, además de ser sacerdotes, ocupaban altos cargos en la sociedad ya que observaban el cielo y eran capaces de predecir algunos sucesos astronómicos, lo que implicaba, la responsabilidad de vigilar y devenir el orden de la bóveda celeste.

Se han encontrado pocos papiros que reflejen estos datos, ya que casi todos los restos arqueológicos hallados acerca del estudio astronómico en Egipto corresponden, casi en su mayoría, a inscripciones funerarias. Sin embargo, el estudio astronómico en Mesopotamia se basaba en la adivinación, es decir, en la astrología y se han encontrado una cantidad considerable de tablillas cuneiformes con observaciones y que incluyen dichos estudios astronómicos-astrológicos que sirvieron para que pudiesen calcular eclipses lunares y solares (LULL, 2006, pp.13 y 14).

En el siglo II d.C. Claudio Ptolomeo (85-165 d.C.) creó el *Almagesto*, una recopilación de observaciones y estudios astronómicos que resume la astronomía matemática antigua. El *Almagesto* estaba formado por 13 libros dónde Ptolomeo recogió los modelos geocéntricos existentes, además no solo se explicaba la astronomía griega, si no toda la astronomía de la Antigüedad (FERNÁNDEZ Y MONTESINOS, 2007, p.110).

El *Almagesto* de Ptolomeo no solo fue considerado como verdadero por todos los astrónomos sino que, además, la Iglesia Católica lo reconoció como un referente astronómico fundamental. Este factor tuvo una consecuencia clave ya que, a su vez, este reconocimiento oficial de la Santa Sede supuso un freno decisivo en el desarrollo en este campo de la ciencia durante trece siglos. Esta consecuencia directa se transformó en un retroceso de los avances astronómicos conseguidos hasta la época, teniendo en cuenta que, una vez superado este período, los científicos tuvieron que retomar las primeras teorías desde el principio (FERNÁNDEZ Y MONTESINOS, 2007, p.110).

Pero llegado el año 1514, hubo un cambio radical en la percepción del Sistema Solar y el modelo geocéntrico establecido por aquellos científicos que habían defendido el *Almagesto*. Nicolás Copérnico ideó un sistema antagónico a cualquier teoría antes vista ya que reveló que el sol se situaba en el centro del Sistema Solar y que todos los demás planetas giraban en órbitas circulares a su alrededor. Esta propuesta no tuvo éxito, fue difundida de forma anónima, y no se reinterpretó hasta casi un siglo después. Tras las publicaciones de Copérnico, este nuevo modelo cosmológico no fue aceptado y por supuesto, aquellos que propagaron sus ideas fueron perseguidos y castigados por la Inquisición. Como fue el caso de Giordano Bruno que en el año 1600 fue quemado en la hoguera por herejía ya que propagar el sistema copernicano fue uno de los motivos por el cual fue condenado hasta ser calcinado (CARRASCO, 2019, p.27).

Casi un siglo después de los descubrimientos de Copérnico, Johannes Kepler y Galileo Galilei retomaron públicamente la teoría revolucionaria y antagónica al geocentrismo. Fue entonces cuando en el año 1609, Galileo empezó sus observaciones del cielo nocturno a través de un telescopio recién inventado por él mismo (HAWKING, 2005, p.3). Sin embargo, Montserrat Villar Martín afirma que Galileo fue el primero en observar la bóveda celeste a través de un telescopio, pero no fue inventado por él (Villar, 2018).

Respecto a los descubrimientos y los avances que ofreció Galileo a la ciencia, ARCE (2009, p.24) explica la importancia de este artilugio ya que, gracias a él, Galileo

pudo observar las lunas de Júpiter y de esta forma darse cuenta de que no todo orbitaba alrededor de la Tierra. José Manuel Carrasco en su libro *Cosmos. Una inmersión rápida también* refleja el valor de las teorías de Galileo y cómo se puso en duda a la Iglesia Católica además de desmontar la idea de que Dios puso al hombre en el centro del Universo:

El modelo geocéntrico y el dogma religioso afirmaban que los cielos y los astros eran perfectos e inmutables. Pero cuando Galileo miró la Luna y el Sol con su telescopio vio que esto no era así. La Luna tenía montañas: era otro mundo semejante al nuestro (CARRASCO, 2019, p.28).

En la visita guiada efectuada el día 12 de febrero de 2019 en el Museo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Pere Planesas, doctor en Física, habló acerca de William Herschel (1738-1822) y mostró la maqueta perteneciente al OAN (Observatorio Astronómico Nacional) del telescopio construido por Herschel y describió, cómo gracias a dicho artilugio, en 1782 descubrió el planeta Urano. En 1796, tras el éxito causado por el telescopio de Herschel, la Corona de España solicitó un telescopio de características muy similares, para situarlo en Madrid, aunque de menor tamaño y más manejable. En 1804 se miró por él por primera vez y actualmente existe una réplica en el Observatorio del Buen Retiro (PLANESAS, 2019).

## 2. PRIMEROS LANZAMIENTOS ESPACIALES

A comienzos del siglo XX se desató el deseo con conquistar el cielo y tras la creación de los primeros aviones, la carrera espacial se inició entre la Unión Soviética y Estados Unidos. (RAMIREZ SINEIRO, 1985, p.602)

GONZÁLEZ (2019, p.9) en su breve ensayo reflexiona sobre El Sputnik 1 que lanzado el 4 de octubre de 1957 y fue el primer satélite artificial que permaneció en órbita durante 92 días y tardó en dar una vuelta completa a la Tierra 98 minutos. A continuación, fue carbonizado por la atmósfera terrestre. Un mes después del lanzamiento del Sputnik 1, se lanzó otro satélite artificial que contenía en su interior una perra llamada Laika. Este satélite fue llamado Sputnik 2 y este hecho convirtió a la Unión Soviética en los pioneros del lanzamiento del primer mamífero al espacio.

El director general de Roscosmos, Igor Komarov, recordó en el 60 aniversario del lanzamiento del primer Sputnik, la importancia de este hito histórico que “fue la prueba del progreso tecnológico y del éxito de los programas que estaban encabezados por Serguéi Koroliov”. Este evento tuvo lugar en el museo privado de RSC Energía de la compañía estatal rusa que construyó este satélite (ESA, 2017).

Tras los lanzamientos de los satélites Sputniks las relaciones que existían entre Estados Unidos y la Unión Soviética se tensaban cada vez más, ya que acababa de comenzar la carrera espacial. Fue entonces cuando en 1958 el gobierno de los Estados Unidos creó la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y de esta forma, comenzó el Programa Espacial Americano (GONZÁLEZ, 2019, p.10).

Estados Unidos comenzó a entrenar astronautas para el primer lanzamiento al espacio del Proyecto Mercury, pero Carlos González, Ex Jefe de Operaciones en Robledo de Chavela en Madrid (localización de la NASA en España), comenta en su ensayo *Programa Apollo de NASA* (2017, p.10) que la Unión Soviética se volvió a adelantar y lanzaron a Yuri Gagarin en la nave Vostok 1, que recorrió la órbita terrestre.

La NASA, tras cinco misiones, pruebas y lanzamientos, cobrándose la vida de tripulantes por fallos en los sistemas, el 16 de Julio de 1969 lanzó el Saturno V, perteneciente a la misión Apollo XI. A bordo iban Neil A. Armstrong, Michael Collins y Edwin E. Aldrin Jr. y se convirtieron en los primeros colonizadores de la Luna (GONZÁLEZ, p. 49).

Tras el fin de la Segunda Guerra Mundial, Europa se sumó a la carrera espacial y el 30 de mayo de 1975 Bélgica, Dinamarca, la República Federal Alemana, Italia, Países Bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido y España firmaron el acuerdo de constitución de la Agencia Espacial Europea (ESA) (ESA. 2013).

La ambición por descubrir nuevos mundos en el universo se vio incrementada e impulsada gracias al proyecto *Voyager*, lanzado por la NASA en 1977. La misión consistía en lanzar dos sondas al espacio y recoger todo tipo de datos de otros planetas del Sistema Solar y llegar a salir de éste para explorar el espacio exterior, consiguiéndolo la sonda *Voyager 2*. Del proyecto se pudieron extraer datos e imágenes de todo el Sistema Solar (NELSON, 2019). VIOQUE comenta acerca del proyecto *Voyager* que:

“Realmente se dejó marchar porque no había forma de hacer que regresase a la Tierra cuando la sonda pasó cerca de Neptuno. El verdadero debate surge sobre si se encuentra ya en el medio interestelar o sigue dentro Sistema Solar ya que parece que ambas tienen poca influencia del Sol, por tanto, el debate es más bien acerca de los límites del Sistema Solar”.



Figura 1. Impresión artística sacada de The Search for Life in Space documental de December Media. Extraído de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) (Min 2:20)

Pero el objetivo de las Voyagers no era únicamente tomar imágenes y datos ya que se instaló dentro de cada una de las sondas un mapa de púlsares, que según cuenta LÓPEZ la definición de un púlsar sería: “Los púlsares son estrellas de neutrones altamente magnetizadas y que giran a una gran velocidad y se originan en las explosiones de supernova” (LÓPEZ, 2006, p.13). El Voyager también contaba con una serie de contenidos relacionados con el planeta Tierra. Este mapa fue diseñado por Frank Drake, profesor de Astronomía y Astrofísica (1984-1996) y miembro de la Academia Nacional de Ciencias, además exdirector del Centro de Estudio de Vida en el Universo de Carl Sagan, que ante las explicaciones del proyecto añadió: “Necesitábamos poner algo en la Voyager que dijera de dónde venía y cuánto tiempo llevaba viajando” (DRAKE, 2017).

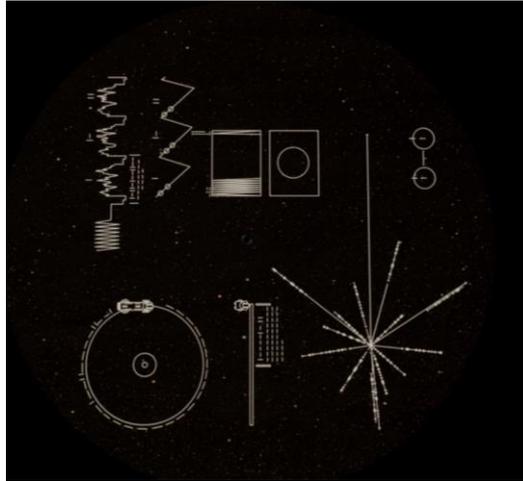


Figura 2. Impresión artística de los contenidos de la sonda Voyager, sacada de The Search for Life in Space documental de December Media. Extraído de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com) (Min 2:00)

Se incorporó música de diferentes estilos y procedencias, imágenes que representan la Tierra y además de frases en distintas lenguas existentes en el planeta. El mapa de púlsares creaba un trayecto hasta la Tierra desde cualquier lugar del sistema solar, para que si en un supuesto intento de interpretación pudiesen saber dónde estamos. El lanzamiento fue dirigido por Carl Sagan y el equipo de la NASA (NELSON, 2019). Como curiosidad, se puede ver la situación en tiempo real de estas sondas de forma online<sup>1</sup>.

### 3. EN LA ACTUALIDAD

Desde el comienzo del siglo XXI, se podría observar un aumento respecto a los avances que ha experimentado la aeronáutica no solo en lo referido a la investigación en ciencia y tecnología, sino también en los recursos invertidos por parte de las entidades gubernamentales como la NASA, ESA, JAXA, etcétera. Además de la creación de empresas privadas destinadas a estos fines cosmológicos.

El planeta Marte ha sido objeto de investigación para científicos y astrónomos ya que este planeta posee características similares a las del planeta Tierra y es el planeta que es más fácil llegar. Desde 1964 que fue propulsada la sonda Mariner 4 y tomó la primera fotografía del planeta, las misiones a Marte han sido frecuentes a lo largo de los siguientes años. Se han conseguido numerosas fotografías del planeta rojo y en 2004 la NASA lanzó un vehículo de exploración espacial que se desconectó en 2018. Este robot ha captado cientos de fotografías y ha recogido datos del planeta además de captar un eclipse solar. A este vehículo motorizado se le denominó *Opportunity* y gracias a él se han podido realizar impresiones artísticas del planeta rojo y obtener una aproximación lo más real posible del paisaje en Marte (NASA Science, 2019) (ESA, 2019).

---

<sup>1</sup> En la página web <https://voyager.jpl.nasa.gov/> la situación en el Cosmos de la Voyager 1 y 2 respecto a la Tierra y al Sol. En este enlace web aparecen las representaciones artísticas en 3D de la sonda y todo el contenido del disco de oro que llevaba a bordo este satélite artificial.

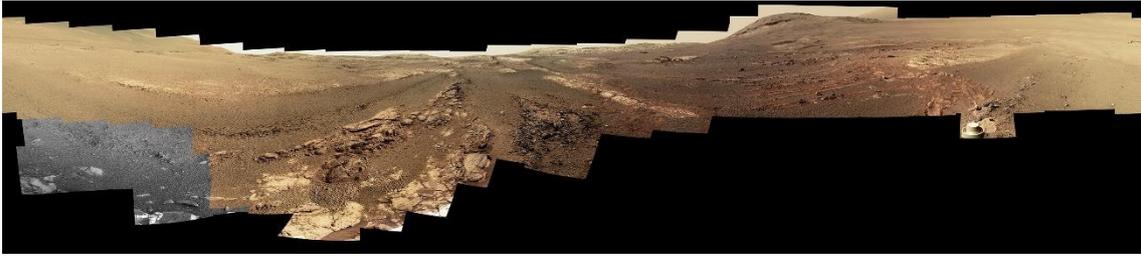


Figura 3. Fotografía de Marte capturada por el robot rover Opportunity. Recuperado de: <https://mars.nasa.gov/resources/22342/opportunity-legacy-pan-true-color/>

Como dato curioso respecto al robot “Oppy”, existe un vídeo en el que se puede ver una fotografía en 360 grados con todo detalle del paisaje marciano. Esta fotografía es a color y cuenta con gran nivel de detalles, además el espectador puede disfrutar de una vista del paisaje de Marte desde una vista panorámica<sup>2</sup> (NASA, 2019).

Marte causa atracción no solo a organizaciones gubernamentales como la NASA, sino que el interés se extiende a la empresa privada SpaceX, cuyo fundador Elon Musk, tiene el reto de invertir en los viajes de larga distancia a Marte, de cara a un futuro no muy lejano. Además, SpaceX tiene acuerdos con la NASA y actualmente es la única empresa privada que envía suministros y astronautas a la Estación Espacial Internacional. Una de las grandes innovaciones que esta empresa ha aportado al avance aeronáutico y a la exploración espacial es la reutilización de los motores aceleradores de lanzamiento y las propias naves en sí, aspecto clave para futuros aterrizajes y despegues en otros sistemas planetarios (SpaceX, 2017) (National Geographic, 2018).

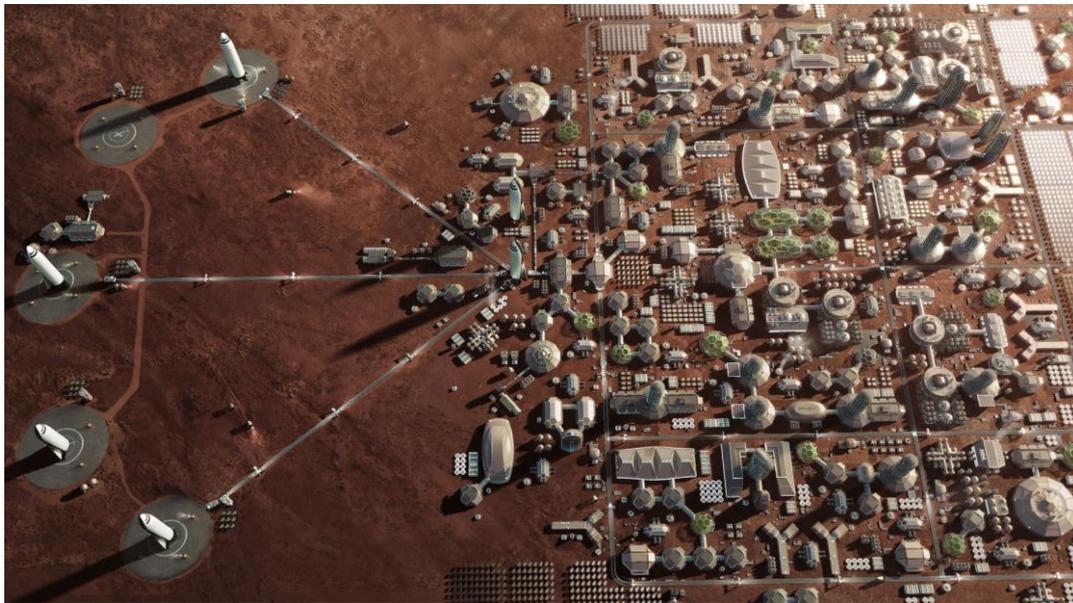


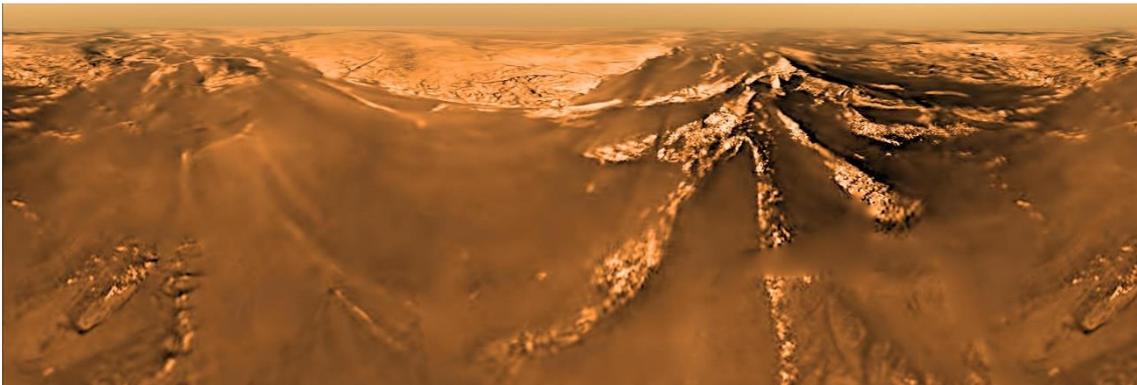
Figura 4. Impresión artística de colonias en Marte de SpaceX. Making Life Multiplanetary 2017. Recuperado de: <https://www.spacex.com/>

Se han realizado estudios acerca de sistemas planetarios similares a la Tierra y se puso en marcha el proyecto Cassini-Huygens. La NASA quiso llegar un poco más lejos y el 14 de enero de 2005 la sonda Huygens de la Agencia Espacial Europea, transportada

---

<sup>2</sup> El enlace al vídeo mencionado se encuentra en el apartado VÍDEOS de la BIBLIOGRAFÍA.

por la nave espacial Cassini, aterrizó en la luna de Saturno, Titán. Tomó fotografías durante su aterrizaje y tras pisar la superficie de Titán estuvo transmitiendo datos hasta pasada una hora de su descenso. Francisco Lechón, departamento de comunicación de Airbus Defense and Space, explicó que gracias a Huygens se pudo medir la temperatura del aire, presión, composición y velocidad del viento además de grabar los sonidos de esta luna. Gracias a la captura de un gran número de fotografías se pudo crear un vídeo de las vistas del planeta desde la sonda Huygens en su descenso. Gracias a este vídeo se descubrió que Titán tiene cordilleras de montañas y mares de metano (NASA, 2005). VIOQUE describió los ciclos de metano en Titán y manifestó que son similares a los ciclos del agua en la Tierra, llueve metano que se evapora de los mares y por lo tanto se está estudiando si esta luna pudiese albergar vida basada en metano en vez de agua.



*Figura 5.* Imágenes tomadas en descenso de Huygens en la luna Titán. Recuperado de: [http://www.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Descenso\\_a\\_Titan](http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Descenso_a_Titan)

Los proyectos desarrollados con el objetivo de conquistar Marte y Titán no han sido los únicos destinados a descubrir enigmas sobre el Cosmos. Se quiso observar el Universo a unos niveles más precisos, teniendo en cuenta que la atmósfera que cubre la Tierra no facilita la tarea de realizar observaciones a largas distancias. Actualmente se conoce un 1% de toda la vía láctea que equivale a mil millones de estrellas y esto es gracias a la misión *Gaia* de la ESA (Agencia Espacial Europea) y el principal objetivo científico de esta misión es proporcionar recursos para la comprensión de la formación y evolución de la Galaxia. *Gaia* se lanzó el 19 de diciembre de 2013 y en el comunicado transmitido por la ESA (2014) en tan solo unos meses se situaba a 1.5 millones de kilómetros de la Tierra. Este artilugio contaba con dos telescopios que observaban y escaneaban las diferentes regiones del cielo y gracias a él se han conseguido representaciones de la vía láctea de alta precisión, además de la recopilación de datos que aporta a los científicos para su posterior estudio (ESA, 2018). Esta misión ha supuesto una oportunidad para la divulgación de la astronomía y ser capaces de proporcionar para astrónomos no profesionales y modelos 3D de visualización de las estrellas (TORRA, J. y GAIA-ESPAÑA, 2013).

Los estudios se complican considerablemente en las investigaciones fuera del Sistema Solar y se plantea un papel creativo importante en los procesos de investigación científico a la hora de encontrar nuevos sistemas planetarios y galaxias. La localización de planetas fuera del Sistema Solar tiene un gran inconveniente: las grandes distancias que hay entre estos planetas y la Tierra. Como se ha observado en la misión *Gaia* y su predecesor *Hipparcos* (ESA, 2019), la atmósfera terrestre imposibilita la observación específica. Existe un proceso para detectar planetas fuera del Sistema Solar a través de la búsqueda de la estrella a la que orbita dicho planeta. De esta forma se mide el brillo de

dicha estrella y cuando el planeta pasa por delante de la estrella, su brillante disminuye y, gracias a esto, se puede conocer el tamaño del planeta, cuánto tiempo tarda en orbitar la estrella y numerosos datos más. Este proyecto se encarga de medir estos exoplanetas y para la investigación de estos sistemas planetarios en su conjunto. Cheops, es el primer satélite artificial encargado de caracterizar exoplanetas. Francisco Lechón explicó el funcionamiento de dicha herramienta y consiste en medir como baja la brillante de una estrella cuando un exoplaneta pasa por delante de la misma y de esta forma, como ya se ha explicado en el párrafo anterior, desarrollar un concepto y su posterior impresión artística. La caracterización de estos sistemas planetarios es un avance en el entendimiento acerca de la formación, el origen y la evolución de estos exoplanetas (ESA, 2019). Como curiosidad respecto a la investigación acerca de exoplanetas en el Universo, en la página web [www.exoplanet.eu](http://www.exoplanet.eu) existen catalogados en la base de datos 4220 exoplanetas con todas sus características, como por ejemplo su masa, radio, etc. Pero representados solo constan de 1778 exoplanetas (Exoplanet.eu. 1995-2019). Este proceso fue explicado por Francisco Lechón, Departamento de Comunicación de Airbus Defense and Space, empresa colaboradora con esta misión y participó también en la misión Gaia.

## II. HISTORIA DE LA REPRESENTACIÓN DEL COSMOS

### 1. PRIMERAS REPRESENTACIONES

Las civilizaciones egipcias mostraron su inquietud por el cielo y el Universo, como ejemplo de ello es Nut, diosa del cielo, como explica Inmaculada Vivas Sainz, profesora Dpto. Historia del Arte de UNED y cuenta en el documental *El Universo a Gran Escala. La vía Láctea y el Cosmos* cómo plasmaron estas representaciones en las cámaras funerarias. Defiende que esta diosa fue representada como una mujer desnuda, arqueada, con un oscuro tono de piel y en ciertas ocasiones deriva a un tono azulado. Además, su cuerpo estaba cubierto de estrellas. Inmaculada Vivas explica aquella concepción mitológica que tenían los egipcios respecto a la creación de la vía láctea:

Nut en ocasiones era representada como una gran vaca y se creía que de sus ubres se había creado la vía láctea. Existen representaciones en la tumba de Ramses VI, en el Valle de los Reyes, dónde vemos imágenes de esta diosa sagrada con esa representación de ese cuerpo estrellado que simboliza la bóveda celeste y la vía láctea (Villar, 2018).

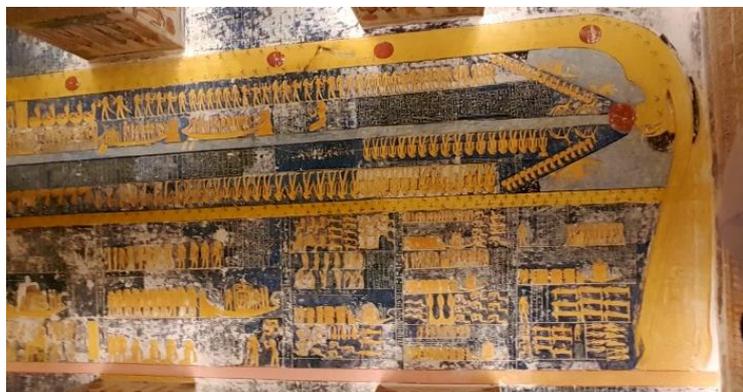


Figura 6. Representación diosa Nut en la tumba de Ramses VI. Recuperado de: <https://acrobatadelcamino.com/luxor-valle-de-los-reyes/>

En la mitología grecorromana también se preguntaban acerca del origen de la vía láctea, y el pintor flamenco Pedro Pablo Rubens pintó su obra *Nacimiento de la Vía Láctea* (1636-1639) situada en el Museo Nacional del Prado, dónde plasma el mito del nacimiento de dicho fenómeno astral. Villar (2018) destaca dentro de la pintura que en el centro del cuadro aparece la diosa Juno y a su lado su esposo Júpiter, rey de todos los dioses. El niño que acompaña a Juno es el hijo bastardo de Júpiter, hijo de una mortal: Hércules. Júpiter sabe que si Juno amamanta a dicho niño se convertirá en un Dios pleno, por lo que Juno, tras un intento de extraer su leche mientras ella duerme, se despierta sobresaltada y desparrama la leche en la bóveda celeste y de esta forma crea la vía láctea.



Figura 7. Rubens, P.P. (1636-1639). El Nacimiento de la Vía Láctea. [Pintura]. Museo Nacional del Prado (Madrid). Recuperado de: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/el-nacimiento-de-la-via-lactea/c7369ad2-f0ae-4d5d-bb23-21f51bd3283c>

## 2. REVOLUCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES TRAS LA INVENCIÓN DEL TELESCOPIO

En la historia de la representación del Cosmos tras la creación del *Almagesto* (véase punto II. 1. DESDE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES HASTA EL SIGLO XX) no hubo grandes avances astronómicos y la investigación acerca del Cosmos se paralizó notablemente. Hay que destacar que, hasta la invención del telescopio y la aparición de las osadas teorías copernicanas, aquellas teorías científicas relacionadas con el Universo fueron absorbidas por un “agujero negro” causando un importante retroceso en los conocimientos descubiertos y en los progresos científicos relacionados con el Cosmos. Durante esta ausencia de progreso científico en la edad media, PERALTA Y REYES LOPEZ (2014, p.522) sostienen que hubo algunas aportaciones de astrónomos árabes, como es el caso de Abu Abdullah Al-Battani, modificando los conocimientos establecidos en esta época. La creación del telescopio facilitó las cosas para comprender

ciertos conceptos cosmológicos, pero estas investigaciones tenían que ser ilustradas de alguna forma. Estas representaciones del Universo se incrementaron y al materializar estas teorías poco a poco la sociedad se fue afiliando a este campo científico (FERNÁNDEZ Y MONTESINOS, 2007, p.110).

## 2.1. PRIMEROS DIBUJOS ASTRONÓMICOS

Galileo se basaba en la observación astronómica para las investigaciones que llevaba a cabo y después representaba aquello que veía. Los dibujos que realizaba mostraban procesos de las fases lunares o las manchas producidas por el Sol. Utilizaba un método de proyección sobre una pantalla o superficie lisa para poder observar el Sol. El objetivo de estos dibujos era meramente científico pero la subjetividad a la hora de plasmar dichos dibujos es algo innato del propio artista (LÓPEZ; REFOLIO y MORENO, 2017).

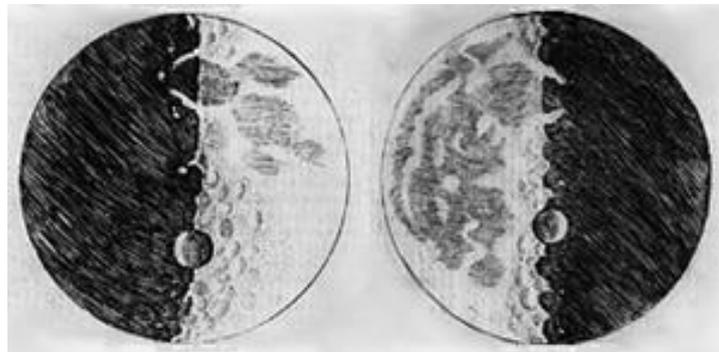


Figura 8. Dibujos de los relieves de la Luna hechos por Galileo. Recuperado de: <http://museovirtual.csic.es/salas/universo/universo11.htm>

El mismo año que publica Galileo sus estudios acerca de las observaciones astronómicas, el pintor alemán Adam Elsheimer pinta el cuadro *La Huida a Egipto* en el que refleja perfectamente la Vía Láctea y varias constelaciones con un nivel de realismo elevado. No se sabe si Elsheimer tuvo acceso a los estudios de Galileo para poder plasmar su obra con exactitud (Villar, 2018).



Figura 9. Huida a Egipto. Adam Elsheimer. (1609) Recuperado de: [www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/586093](http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/586093)

Otro ejemplo relacionando la ciencia con el arte, son los dibujos que realizó en 1845 William Parsons y publicó en el libro *Astronomie Populaire* en el año 1879. Estos dibujos tenían aspecto similar a la parte central del cuadro *La Noche Estrellada* pintado en 1889 por Vincent Van Gogh. Pablo Álvarez Couso defiende en su Tesis Doctoral *La fotografía científica y su reinterpretación en una aproximación al mundo del arte* (2014, p.80 y 81) que Van Gogh podría haberse inspirado en estas publicaciones científicas y de esta forma representar un paisaje nocturno (ÁLVAREZ, 2014, pp.80 y 81).



Figura 10. Izq: Dibujo William Parsons. 1845. Centro: Galaxia Remolino. NASA. Der: La Noche Estrellada de Vincent Van Gogh. 1889. Recuperadas de: <https://astronomia-fisica-misiones-espaciales.blogspot.com/2011/01/m51-la-galaxia-del-remolino.html>, <http://www.asociacionastronomicadeespana.es/galaxia-remolino-m51.html> y <https://observatorio.info/2009/10/noche-estrellada-por-vincent-van-gogh/>

## 2.2. DAGUERROTIPOS DE LA LUNA

Gracias a Galileo se pudieron obtener las primeras representaciones de la Luna mediante dibujos, pero gracias a los avances tecnológicos las representaciones de este satélite rocoso mejoraron y se crearon las primeras fotografías que permitieron una representación de este elemento de una manera realista. Este medio de representación se denominaba daguerrotipo. Según la Real Academia Española (2019) la daguerrotipia es “una técnica fotográfica primitiva mediante la cual las imágenes captadas con la cámara oscura se fijan sobre una chapa metálica convenientemente preparada”. Se añadió a estos artilugios elementos para mejorar la captación de estas imágenes, como telescopios, lentes, etc. para poder conseguir así fotografías del Cosmos como nunca antes se habían visto. Fue entonces cuando John William Draper (1811-1889) realizó el primer daguerrotipo de la Luna en 1840, gracias a la utilización de un tiempo de exposición de treinta minutos (PÉREZ GALLARDO, 2016, p.94). Similar a este primer daguerrotipo de Draper, en 1851 se realizaron daguerrotipos de la Luna por el fotógrafo John Adams Whipple (1822-1891) y ayudado por el científico George Phillips Bond. (1825-1865) Uno de estos daguerrotipos de Whipple estuvo expuesto en la Exposición Internacional de Londres en el Crystal Palace el mismo año de realización (ÁLVAREZ, 2014, p.57) (OpenMind, 2015).

La fotografía realizada por Lewis M. Rutherford en el observatorio de París en 1865 fue la primera imagen en dar grandes avances sobre el estudio de la geología de la Luna. Gracias a la rapidez en los avances tecnológicos en el campo de la fotografía se pudo materializar estas imágenes y sirvió de ayuda el uso de los largos tiempos de exposición y la lentitud del movimiento de la Luna (PÉREZ GALLARDO, 2016, p.94).



Figura 11. John William Draper. Primera fotografía de la Luna. Daguerrotipo. 1840. Recuperado de: <https://twitter.com/fisicagrel/status/1109373579890696192>

Figura 12. Daguerrotipo de la Luna. John Adams Whipple 1851. Recuperado de: OpenMind. 2015. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/apuntes-cientificos/grandes-imagenes-ciencia/>

Figura 13. Fotografía de Lewis Morris Rutherford [Dominio Público]. 1865. Recuperado de: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vogel\\_Moon.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vogel_Moon.png)

### 2.3. PRIMERAS REPRESENTACIONES CINEMATOGRAFICAS

El frenesí causado por los daguerrotipos se desplegó por toda Europa y además causado por el desarrollo tecnológico que sufría este medio de representación y desarrollándose a la par las ciencias químicas. Toda esta evolución derivó al nacimiento del cine y de las imágenes en movimiento (MANOVICH, 2005, p.1).

A principios del siglo XX los artistas rusos ya se preguntaban cómo representar el Cosmos y cómo podrían llegar a ser los vuelos espaciales. En la exposición *Cosmos de la Vanguardia Rusa* realizada en 2010 en la Fundación Botín en Santander (España) se pudieron apreciar estas aportaciones artísticas de la carrera espacial rusa. El cómo se imaginaban estos artistas el Cosmos y la colonización del hombre en otros planetas. En esta exposición se expuso cuadros, ilustraciones, posters, folletos, etc. BOWLT; MISLER y TSANTSANOGLOV comentan que “en dichos folletos también se mostraban fotografías científicas del firmamento y sus fenómenos, que facilitaban una mejor comprensión del espacio sideral” (2010, p.19)

Existen influencias recíprocas entre las ciencias y el arte, el acceso a los descubrimientos científicos por parte de los artistas resulta de vital importancia. En lo que respecta al cosmos, la gran abundancia de material didáctico ruso a partir de finales del siglo XIX constituye simplemente una prueba del éxito de esta temática (BOWLT; MISLER y TSANTSANOGLOV, 2010, p.19).

El anhelo de conocer lo inexplorado se trasladó al cine y un ejemplo de ello es la película *Kosmicheski reis* (Vuelo al Cosmos) estrenada en 1935, producida por Mosfilm y Vasili Zhuravlev. La historia se desarrolla en el Instituto Tsiolkovsky de Comunicaciones Interplanetarias de Moscú, dónde el profesor Sedykh, personaje basado en la vida de Konstantin Tsiolkovsky, desarrolla un cohete para poder viajar a la Luna y la correspondiente plataforma de lanzamiento para dicho cohete (BOWLT; MISLER y TSANTSANOGLOV, 2010, p.70).



Figura 14. Fotograma de la película *Kosmicheski reis* de Vasili Zhuravlev. Fuente: <https://pasadizo889662311.wordpress.com/2018/11/20/kosmicheskiy-reys-fantasticheskaya-novella-1936/>

MISLER (2010) explica que los principios de la cosmonáutica datan al final del siglo XIX cuando “no había posibilidad de ir al espacio, así que hasta el momento solo fantaseaban. Los artistas hacían lo mismo. No habían ido al Cosmos, pero lo tenían dentro de sí mismos”. En esta exposición se encontraban piezas de Kandinsky y Malévich, con representaciones de los primeros vuelos espaciales y modelos de los primeros cohetes de Konstantin Tsiolkovsky. Los comisarios de la exposición fueron John Bowlt, Universidad del Sur de California (Los Ángeles), Nicoletta Misler, Universidad L’Orientale de Nápoles (Italia) y Martíá Tsantsanoglou, directora del Museo Estatal de Arte Contemporáneo de Tesalónica (Grecia) (EUROPAPRESS, 2010).

Por consiguiente, desde el inicio de la carrera espacial el Cosmos ha sido un tema muy recurrente en el mundo del cine para plasmar historias y, sobre todo, nuevos mundos creados por el ser humano. ALBERDI y LÓPEZ DE LA CALLE (2007, p.226) manifiestan que existen cuatro temas principales a la hora de situar la temática astrofísica en el cine: el primero es el ser humano y el Cosmos representando ese miedo a lo desconocido y la curiosidad por conocer aquello que no se ha descubierto todavía. Estos dos conceptos son los motores principales para hallar nuevos descubrimientos acerca del Cosmos. El mundo extraterrestre también es bastante usado en el cine de ciencia ficción y responde a esa necesidad del hombre de no sentirse solo en el Universo. A esta temática se le añade el factor tecnológico que ya no solo pertenece al imaginario colectivo si no que, también lo hace a los principales titulares sobre proyectos espaciales. Por último, el deseo por conocer nuevos mundos e imaginar que habrá más allá también mueve a los creativos a representar lugares inhóspitos dónde el ser humano llega, coloniza e incluso busca la forma de quedarse e instalar civilizaciones ya que el futuro de la Tierra es poco esperanzador.

A partir de los años 60, tras el inicio de la carrera espacial y la llegada del hombre a la Luna como hito histórico se dispararon los filmes y las series televisivas de ciencia ficción como *Star Trek*, *La Guerra de las Galaxias* y *Galáctica*, entre otras, que comparten una característica común: Todas sobre pasan las leyes de la física y se basaban directamente en la imaginación del equipo creativo (ALBERDI y LÓPEZ DE LA CALLE, 2007, p.226).

Stanley Kubrick (1928-1999) fue el primer director en mostrar el interior de un agujero negro en el cine y fue ayudado por el matemático, físico y escritor Arthur C. Clarke (1917-2008). *2001: A Space Odyssey* fue estrenada en el año 1968 y Kubrick presentó un viaje a través del espacio-tiempo en un lugar lleno de colores y luces. Además, se permitió dejar volar su imaginación como cualquier otro artista y la estética artística creada hizo que los espectadores se imaginasen viajando a través de un agujero negro por el Universo (ÁLVAREZ, 2014, p.246).

### 3. REPRESENTACIONES ACTUALES

La era digital llega como una herramienta para revolucionarlo todo. En el cine supone un cambio tan radical que no fue del todo bien aceptado. Tras instaurada la era digital en el cine las representaciones creadas sobre el espacio mejoraban y eran cada vez más realistas. En particular, la película *La guerra de los clones* (2002) de George Lucas causó estragos a los aficionados al cine clásico, ya que fue un proyecto enteramente digital y por no usando material fílmico en toda la película. Esto generó efectos nuevos e innovadores en el resultado y además de un avance en el progreso cinematográfico y audiovisual (LA FERLA, 2009, p.12).

#### 3.1 CINE Y SERIES

Se han analizado las películas que tienen una clara intencionalidad de representar el Espacio. Con los nuevos avances tecnológicos y sobre todo en programas y software de 3D, el cine ha dado un giro y la realización de estas películas cuentan con apoyo científico a la hora de realización de dichas producciones. Se utilizan testimonios reales de astrofísicos, astrónomos, ingenieros e incluso astronautas para realizar las recreaciones en las películas. Scott Kelly, astronauta estadounidense de la NASA, escribió sobre la película *Gravity* en su libro *Resistencia. Un año en el Espacio*, en el cual cuenta sus experiencias en la Estación Espacial Internacional y cómo es la vida allí: “La película era fantástica; nos impresionó lo real que parecía la EEI (Estación Espacial Internacional), y los cinco éramos un público particularmente exigente a ese respecto. Fue un poco como ver una película de tu propia casa ardiendo mientras estás dentro de ella” (KELLY, 2018, p.146).



Figura 15. Escena de la película Gravity. Recuperado de: <https://www.nyfa.edu/student-resources/best-cinematography-looking-gravity-2/>

La representación aeroespacial ha mejorado notablemente desde las primeras representaciones digitales que se realizaron. Gracias a las misiones llevadas a cabo para

llegar hasta el planeta Marte (véase punto II. 3. EN LA ACTUALIDAD) se ha podido interpretar los datos recogidos, imágenes y sonidos sobre el planeta rojo. Por consiguiente, National Geographic estrenó la serie documental *Mars* en 2016 y mezclando testimonios reales y explicaciones de científicos que trabajan en proyectos espaciales reales y una historia de ficción sobre los futuros colonizadores del planeta rojo, esta serie-documental tiene una apariencia considerablemente realista. Explica cuáles son los inconvenientes y que problemas podrían surgir en este agresivo planeta e incluso tiene en cuenta el factor psicológico respecto a la preparación mental del ser humano para este tipo de situaciones (National Geographic, 2018). Muy similar a esta temática es la película de *The Martian* (2015), dirigida por Ridley Scott, donde el protagonista, interpretado por Matt Damon también tiene que aprender a vivir en las condiciones extremas que le presenta este planeta.

Dentro de este género, existen películas que profundizan y que tratan temas más abstractos como las leyes del espacio-tiempo. Un buen ejemplo de esto es *Interstellar* (*Interstelar*), en la que un grupo de científicos se embarca en un viaje por el Cosmos más allá de la galaxia (WARNER BROS, 2014). Stephen Hawking menciona esta película para explicar las teorías de las dimensiones en el espacio y comenta que: “según algunas teorías, el universo que experimentamos es solo una superficie de cuatro dimensiones en un espacio de diez y once dimensiones. La película *Interstelar* da una idea de esto que me gusta” (HAWKING, 2018. p.154).



Figura 16. Escena de la película Interstellar. Recuperado de: <https://www.space.com/28552-interstellar-movie-black-holes-study.html>. Imagen de: © Paramount Pictures.<sup>3</sup>

Siguiendo con la idea de las diferentes dimensiones paralelas, ya que es un tema utilizado en las series y el cine en numerosas ocasiones, existen series de ficción que tratan de abordar y representar las teorías del Universo ya mencionadas. Este es el caso de la serie de animación estadounidense *Rick and Morty* de Adult Swim. Esta serie fue estrenada en 2014 y dirigida por Dan Harmon y Justin Roiland. Desde un punto de vista satírico representan la idea de un multiverso infinito con referencia a la teoría de las múltiples dimensiones y el concepto general de la serie es el hecho de no aferrarse a nada (EVANS, 2015, p.10).

---

<sup>3</sup> VIOQUE habló sobre esta representación de agujero negro en la película *Interstellar* y afirmó que dicha escena cuenta con un nivel de realismo con el que se han conseguido resultados acertados y muy similares a estudios científicos acerca del tema y esto fue debido a que el diseño estuvo guiado por Kip Thorne, premio Nobel en física.



Figura 17. Escena de la serie de Adult Swim Rick y Morty. Temporada 2. Episodio 2: Huida a Mortynoché. (Min 20:00) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com)

La forma de representar el espacio resulta compleja debido a su inmensidad, y en el campo cinematográfico no iba a ser menos. El universo contiene objetos de un tamaño exorbitado pero la realidad es que está prácticamente vacío. En el cine existen escenas dónde las naves espaciales esquivan asteroides para no colisionar contra ellos, pero lo cierto es que existen millones de kilómetros entre los cuerpos de un cinturón de asteroides. Lo que permitiría pasar con total tranquilidad entre ellos (CARRASCO, J. 2019. Pág. 13).

La antología animada de Netflix *Love, Death & Robots* (sin hilo conductor entre los capítulos) creada por Tim Miller y David Finche juega con la fantasía, el terror y la ciencia ficción y en los que destacan los capítulos *Más allá de Aquila* y *La mano amiga* que recrean entornos del espacio y Cosmos.

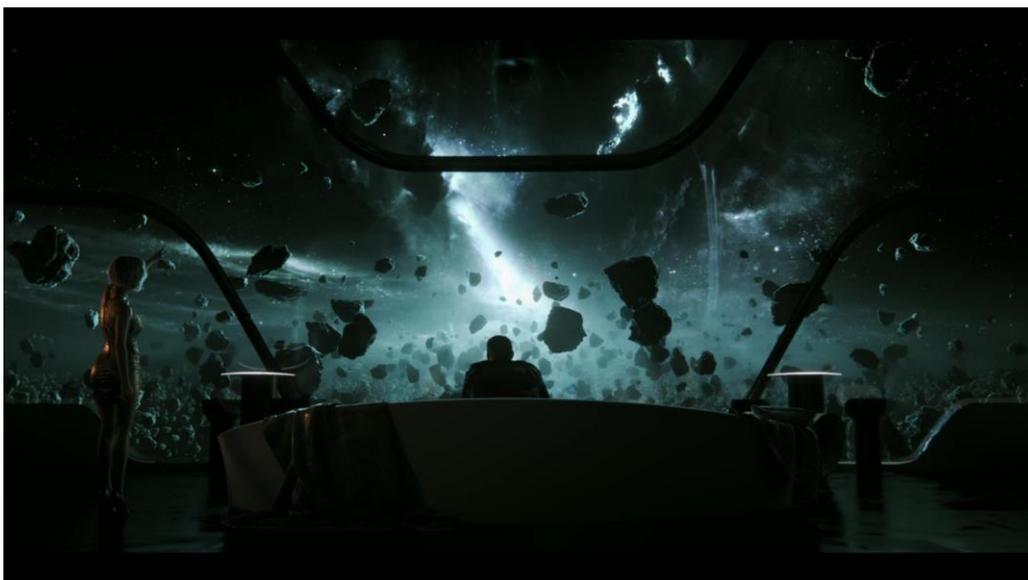


Figura 18. Escena de la serie de Netflix Love, Death + Robots. Capítulo: Más allá de Aquila. (Min 5:20) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com)

El capítulo de *Más allá de Aquila* recrea de una forma imaginativa la historia de una tripulación abocada al abismo del Universo y el tratamiento de explicaciones externas al entendimiento humano. Con el uso de software de animación 3D han conseguido un acabado foto-realista, de detalles excepcionales que hace preguntarse al espectador si está viendo un modelo en 3D o una persona.

Con cierta similitud a la *Figura 19*, se puede observar la *Figura 20* que es una imagen extraída de la misma serie, pero del capítulo *La mano amiga*. Se ve una clara referencia a la EEI (Estación Espacial Internacional) por la veracidad con la que se describe el relato y su puesta en escena. En este capítulo se aprecian analogías de la película *Gravity* o *The Martian*, ya mencionadas anteriormente y las complicadas circunstancias que se pueden manifestar en estado de ingravidez (FA DE LUCAS, 2019).

La historia tiene que ver con una realidad más cercana al planeta Tierra y sobre aquellos posibles problemas que podrían causarse en su órbita. La protagonista aparece en una sonda que se aproxima a una Estación Espacial, con aspecto similar al de la EEI. Dicha sonda tiene cierta similitud a la Soyuz rusa o actualmente a la sonda Dragon de SpaceX, encargada de administrar suministros a la EEI. La misión de la protagonista es suministrar combustible a dicha Estación que orbita a la Tierra, pero suceden acontecimientos catastróficos no muy lejos de la realidad quedándose a la deriva en el espacio (ya que se han dado casos de este tipo y situaciones similares en la vida real). Scott Kelly narra en su libro *Resistencia. Un año en el espacio*: “Durante su paseo, Oleg Skripochka (cosmonauta ruso y compañero de Scott) se desenganchó de la estación y empezó a flotar a la deriva. Lo único que lo salvó fue chocarse con una antena, y el rebote lo envió de vuelta lo bastante cerca de la estación como para agarrarse a un tirador y salvar así la vida” (2018, p.318). Este capítulo también trata un tema controvertido que es la basura espacial y el riesgo que corren los astronautas a la hora de realizar paseos espaciales.

Los micrometeoroides y los pedazos de basura espacial llevan quince años chocando con la Estación Espacial Internacional, creando pequeños hoyos y rasguños, así como agujeros que atraviesan por completo los tiradores, creando bordes mellados. Es un poco alarmante, sobre todo cuando estoy aquí fuera y apenas unas pocas capas de traje espacial me protegen del siguiente impacto (KELLY, 2018, p.323).



Figura 19. Fotografía de la EEI desde el espacio. Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html)



Figura 20. Escena de la serie de Netflix Love, Death + Robots. Capítulo: La mano amiga. (Min 0:55) Extraída de: [www.netflix.com](http://www.netflix.com)

### 3.2 ASTROFOTOGRAFÍA

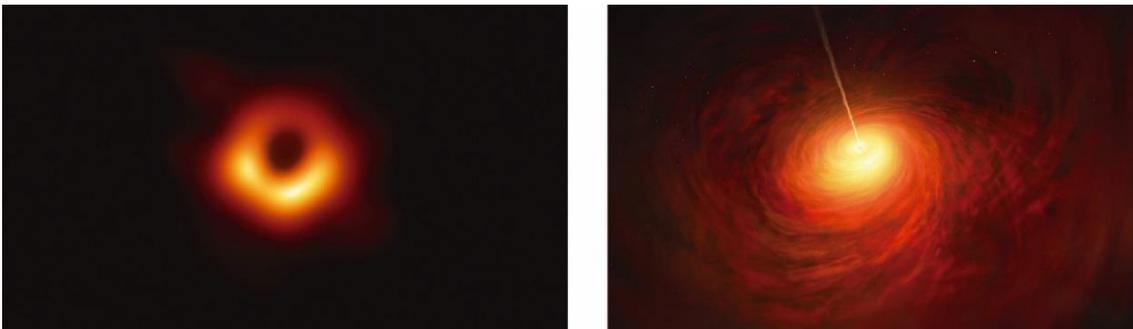
Existen imágenes del Cosmos sacadas con telescopios especiales, como es el ejemplo de Hubble, el telescopio espacial de la NASA. Dichas imágenes son representaciones realizadas con un gran realismo y con las que los astrónomos y astrofísicos pueden trabajar y desarrollar nuevos horizontes sobre el Universo. Pero estas fotografías, no dejan de ser una mera representación de la realidad. Leonor Ana Hernández, experta en divulgación, observación visual y dibujo astronómico, explica en su libro *Dibujo astronómico* (2017, p.7) que:

La astrofotografía puede parecer más real y objetiva porque capta más y no aporta la parte subjetiva del ojo. Pero eso no es del todo cierto, pues tampoco es una interpretación totalmente fiel por las diferencias espectrales de los sensores usados.

Basándose en el principio de funcionamiento de una cámara común se puede decir que el telescopio capta un amplio rango de frecuencias pero, en este caso, comprendidas desde la luz infrarroja hasta la luz ultravioleta pasando por el espectro visible (el que capta el ojo humano). Una vez captada dicha señal, el haz de luz que penetra en la lente de este, es filtrada (separada en las distintas frecuencias) y procesada por separado para, finalmente formar una sola imagen que da lugar a la representación gráfica, tal y como la comprendería la mente humana. Debido a esto, existen filtros que aplicados a la cámara o al telescopio. (ÁLVAREZ, 2014, p.205)

Pueden eliminar todo el espectro visible excepto algunas longitudes de onda concretas como las emitidas por las nebulosas planetarias y de emisión. Son muy restrictivos, su superficie es opaca y de aspecto multicolor. Esto ocasiona un colorido falso a las estrellas. (HERNÁNDEZ, 2017, p.14)

El 10 de abril de 2019 se publicó la primera fotografía de un agujero negro, situado en el centro de la galaxia Messier 87. Se ha conseguido gracias al EHT (Event Horizon Telescope) y mediante la interferometría, una red de ocho telescopios distribuidos por todo el mundo y se ha podido trabajar como un único dispositivo. (SANTAOLALLA, 2019) (ESO, 2019) (THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 2019). Los agujeros negros son difíciles de representar ya que existe una ausencia de luz y solo se detectan a través de las partículas de energía que expulsan (HAWKING, 2018, p.143). Dentro del espectro electromagnético cada onda de luz tiene un tipo de propagación de onda distinta y, por eso, un objeto que no se puede apreciar con luz visible porque puede estar rodeado, por ejemplo, por una nube de gas y, podría ser visible con otra región del espectro electromagnético, como las ondas de radio. Este tipo de ondas no pueden ser percibidas por el ojo humano, por lo tanto, se le aplica color de forma artificial para facilitar su representación. Esta luz no es real para el ojo humano, por lo tanto, la percepción de color desde el punto de vista de una persona allí presente no sería la que se puede observar en las fotografías de los telescopios.



*Figura 21.* Izq.: Primera fotografía de un agujero negro en M87. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso1907/> . Der: Impresión artística del agujero negro situado en M87. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso1907/>

La forma de detectar la posición de las estrellas en una galaxia es utilizar sensores capaces de trabajar en este amplio rango de frecuencias del espectro electromagnético, y de esta manera se extrae una imagen, como por ejemplo la de la *Figura 22*, donde aparece una representación de la Galaxia NGC 4258 comúnmente conocida como M106, que alberga un agujero negro en su interior por el que se absorbe la energía o mejor dicho material (ÁLVAREZ, 2014, p.205). En el caso de M106 su agujero negro expulsa unos chorros de energía tan abundantes que chocan con el disco de la galaxia y por eso el centro se ha representado luminoso y no negro. Esta imagen contiene varios tipos de radiación,

la luz visible en color amarillo, la radiación infrarroja en rojo y los rayos X en azul (DINWIDDIE; HUGHES; JONES; RIDPATH; STOTT Y SPARROW, 2017, p.39).



*Figura 22.* NASA/ESO/NAOJ/Giovanni Paglioli. Procesado: R. Colombari y R. Gendler. M106: galaxia espiral. Recuperado de: [https://apod.nasa.gov/apod/image/1502/m106\\_colombari\\_960.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/1502/m106_colombari_960.jpg)

Esta evolución tecnológica ha hecho posible el desarrollo de equipos electrónicos y ópticos que, habilitados para obtener imágenes del mundo y del Universo, muestran aspectos de la naturaleza invisibles al ojo humano, creando una iconografía sorprendente y espectacular que tiene como función principal la investigación científica (ÁLVAREZ, 2014, p.205).

En el sitio web <http://worldwidetelescope.org/webclient/> se pueden observar las profundidades del Universo con los datos recogidos por las diferentes organizaciones y viajar por él, en diferentes rangos del espectro electromagnético. En la *Figura 23* se muestran algunos de estos detalles a través de tres capturas de pantalla de la misma parte del cielo en diferentes rangos del espectro electromagnético.

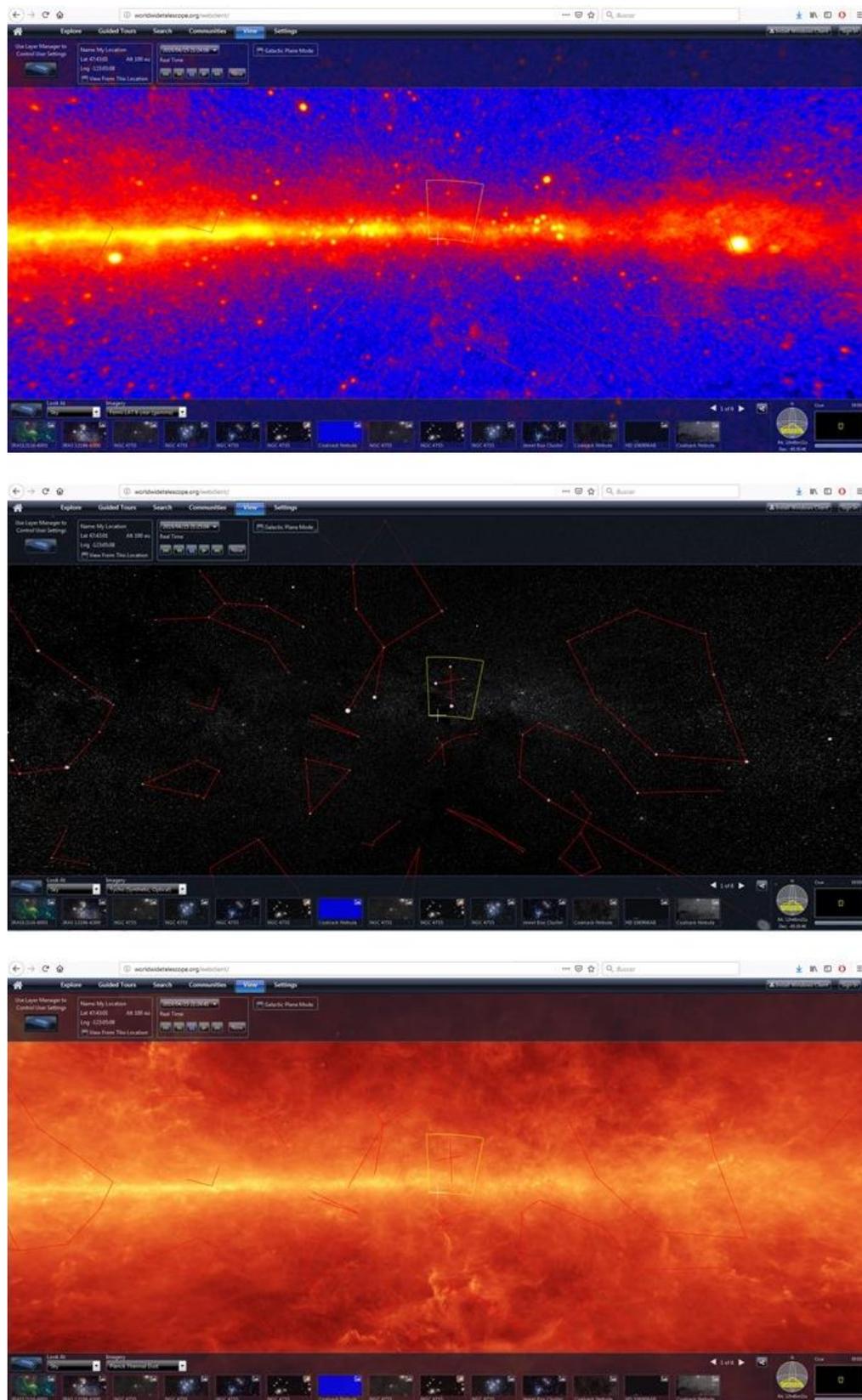


Figura 23. Capturas de pantalla del cielo en diferentes rangos del espectroelectromagnético.  
 Recuperado de: <http://worldwidetelescope.org/webclient/>

La fotografía científica dentro del campo de la astronomía a veces tiene variantes y existen artistas como el fotógrafo Marcus Desieno que muestra analogías del macro universo y del micro universo. Plantea similitudes entre el Cosmos y el espacio exterior con sistemas microscópicos a nivel celular. Marcus lo presenta como un todo y sus piezas artísticas mezclan la creatividad del autor con fotografías científicas. (LENSCULTURE, 2019) (DESIENO, 2014)



Figura 24. Fotografía de la Nebulosa del Cangrejo sobre imagen de una bacteria encontrada en la mesa de un restaurante. Marcus Desieno. Recuperado de: <https://www.lensculture.com/articles/marcus-desieno-cosmos>

### 3.3 INSTALACIONES Y ESCULTURA DEL COSMOS

Dan Goods, “Visual Strategist” de la Jet *Propulsion Laboratory* (Laboratorio de Propulsión a Reacción), junto a su equipo creativo desarrollan formas de comunicar complicados conceptos mediante formas de representación para que esta información pueda ser transmitida de forma universal. Estos proyectos posteriormente se ubican en lugares públicos, en museos de arte, etcétera. (GOODS, s.f.)

Este artista, según comenta en el vídeo mostrado en JPL The Studio, expresa como su fascinación por la ciencia le lleva a crear estas piezas de arte e intenta mostrar la esencia, aquellos factores realmente importantes de lo que se está transmitiendo y hace una larga investigación acerca del significado. Se considera un “solucionador de problemas” (KCET, 2014). “Una de las cosas más importantes es el cómo comunicar al público términos científicos difíciles de entender y saber llegar a ese público.” Lo dice Charles Elachi, Ph.D. director, Jet Propulsion Laboratory, y explica la importancia de los artistas colaboradores con la JPL de la NASA.

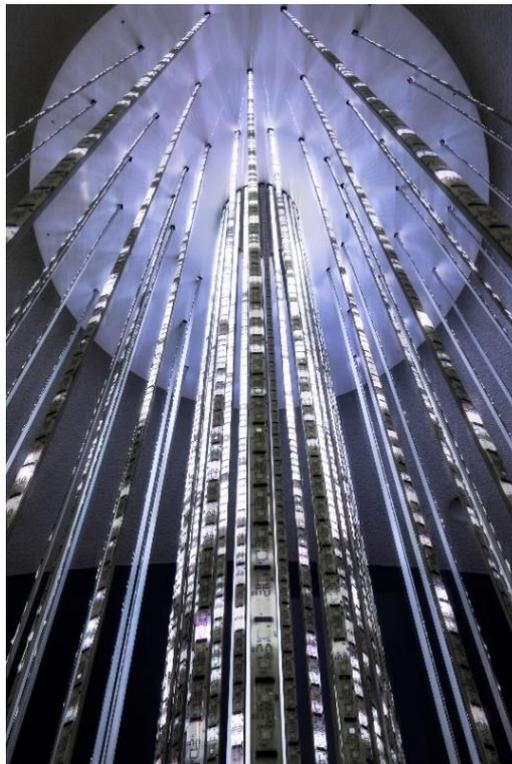


*Figura 25.* Imagen sacada de vídeo de The Studio at JPL. Científicos y artistas trabajando juntos en JPL California Institute of Technology. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/thestudio/>

*Figura 26.* Imagen sacada de vídeo de The Studio at JPL. Científico explicando imágenes a Dan Goods. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/thestudio/>

Una de las piezas artísticas creadas por Dan Goods es *The Pulse* con una intencionalidad divulgativa acerca del trabajo de la JPL. Esta pieza tecnológica consiste en columnas de luces led que unen el techo y el suelo de la sala (KCET, 2014).

Cuando las luces ascienden significa que estamos mandando información a las aeronaves en ese preciso instante y cuando las luces descienden es que estamos recibiendo información, como por ejemplo una nueva foto de Marte o información sobre Saturno y sus anillos. Además, la potencia de luz representa la cantidad de información enviada o recibida (GOODS, 2014).



*Figura 27.* Dan Goods. The Pulse de JPL. NASA/JPL-Caltech. Recuperado de: <http://www.artcenter.edu/connect/dot-magazine/articles/graphic-design-alum-nasa-jpl-visual-strategist-dan-goods-huntington-orbit-pavilion.html>

*Big Playground* es la instalación de Dan Goods expuesta en el Museo de Arte de Fort Collins (Colorado, Estados Unidos), con la que intenta mostrar la inmensidad del Universo de una manera visual. Se presentan salas llenas de arena y cada grano de arena representa una galaxia compuesta por cientos de billones de estrellas, de forma que, mediante un agujero perforado en uno de estos granos, situado separado del resto, se representa la situación del Sistema Solar respecto a la Vía Láctea (GOODS, s.f.).



*Figura 28.* Grano de arena con agujero perforado. Instalación The Big Playground de Dan Goods. Museo de Arte de Fort Collins. Recuperado de: <http://www.directedplay.com/the-big-playground>

*Figura 29.* Instalación The Big Playground de Dan Goods. Museo de Arte de Fort Collins. Recuperado de: <http://www.directedplay.com/the-big-playground>

En España, existen artistas con influencias astronómicas y que aportan unión entre arte y ciencia. Es el caso de la escultora Blanca Muñoz. Le interesa la idea de la proyección astral y por eso, no solo se mueve por el campo artístico también por campo astrofísico (MUÑOZ, 2013). La escultora argumenta su motor principal a la hora de realizar las piezas artísticas y su objetivo ha sido “fomentar la investigación científica y el continuo desafío hacia nuevos avances del conocimiento” (MUÑOZ, s.f.).



*Figura 30.* Muñoz, B. (2004). *Nebulosa*. Acero inoxidable. Recuperado de: <http://www.blancamunoz.com/2.Nebulosa.html>

### 3.4 COSMOS EN LA PUBLICIDAD

Esta temática de representación del Cosmos está siendo utilizada por las empresas con un fin promocional. Gracias a la colaboración de artistas digitales se crean anuncios publicitarios con una elaboración artística exquisita. Un ejemplo de esto es la empresa Boeing, que ha usado esta temática pero que, además, destina una parte de sus proyectos al espacio. En el centésimo aniversario de Boeing, se creó un video promocional desde un punto de vista más artístico y mezcla partes ilustradas y más realistas, además de mostrar los proyectos que se realizan en dicha empresa<sup>4</sup> (SHAOQIANG, 2017, p.13).

Otro ejemplo de publicidad comercial de empresas que utilizan la representación artística del Cosmos como referente es la empresa Pomellato. Crean un spot publicitario en un entorno espacial en 3D para anunciar uno de sus productos. Lo crea la empresa italiana Ditroit ya que son especialistas en representaciones en 3D<sup>5</sup> (SHAOQIANG, 2017, p.19) (DITROIT, s.f.).

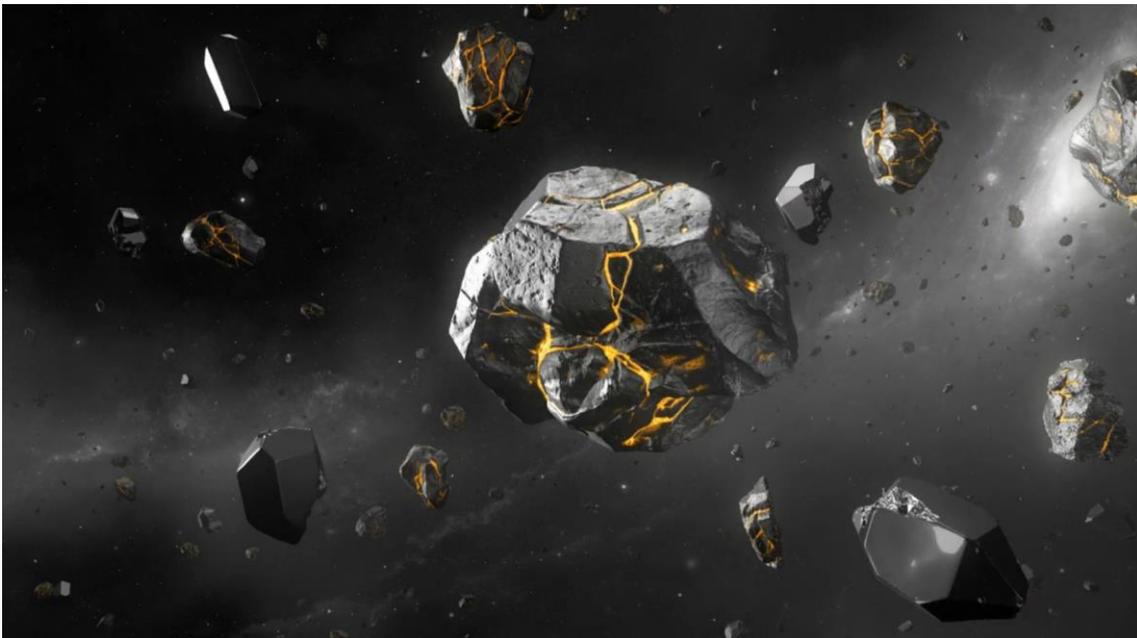


Figura 31. Pomellato/Sabbia. Ditroit. Spot publicitario. <https://vimeo.com/88778985>

### 3.5 IMPRESIONES ARTÍSTICAS

La comprensión del Cosmos y del espacio, depende de una estructura de conocimientos relativos a diversas ramas, cómo las Ciencias Naturales y Sociales, la Educación Física y las Matemáticas además del Dibujo o las Artes Gráficas. (CARRILLO, 1994, p.373)

La creación de imágenes y sonidos interesantes nacen del mismo método de observación, y aunque parezca extraño, de ahí también se desarrolla la ciencia y el arte. El origen común de estas dos ramas del conocimiento se suele catalogar alejada la una de la otra debido a los prejuicios establecidos y de los sistemas educativos. Las ciencias plasman una explicación del mundo de una forma objetiva y ajena a cualquier tipo de significado y sentimiento. Las artes, al contrario, buscan una emoción y reflexión acerca

<sup>4</sup> Se puede ver el vídeo en la página <http://the-loop.tv/portfolio/boeing-100-directors-cut>.

<sup>5</sup> Se puede ver el vídeo en la página <https://vimeo.com/88778985>.

de una idea o concepto, buscando un lado más profundo a todas las realidades y desatando la subjetividad humana. (BARROW, 2007, pp.17 y 18)

Cuando se realiza una larga investigación acerca de un tema o una idea, existe la necesidad de dar forma a esa idea. Cuando se hablan de conceptos tan abstractos como el universo esa necesidad se incrementa, sobre todo desde el punto de vista divulgativo. Stephen Hawking nos concientiza de esto y hace hincapié en la imaginación respecto al Cosmos como tal y apunta que “se necesita una extraordinaria imaginación para apreciar su edad, tamaño, violencia e incluso belleza” (HAWKING, 2005, p.3). Esa recopilación de datos acerca del Cosmos no tiene sentido si no se interpretan y se explican. FERNÁNDEZ y MONTESINOS exponen que “lo que hace que esos números tengan sentido en el gran rompecabezas cósmico es que describen realmente y a qué objeto, concepto o propiedad se asocia cada uno” (FERNÁNDEZ Y MONTESINOS, 2007, p.22).

El desarrollo de las creaciones artísticas que interpretan el Cosmos se lleva a cabo gracias a la colaboración de los diferentes departamentos encargados de dicha tarea. Este proceso de interpretación gráfica en las investigaciones sobre el cosmos y LECHÓN explicó y mostró cómo funciona el proceso y la importancia de este. Existen herramientas que sirven para medir una serie de elementos. Por ejemplo, el tamaño de un exoplaneta, y en misiones más específicas cuál es su atmósfera, si es un planeta rocoso o que tipos de materiales alberga. Gracias a la recopilación de estos datos, se puede crear un concepto que posteriormente se interpreta gracias a un equipo creativo para la realización y creación de las impresiones artísticas.

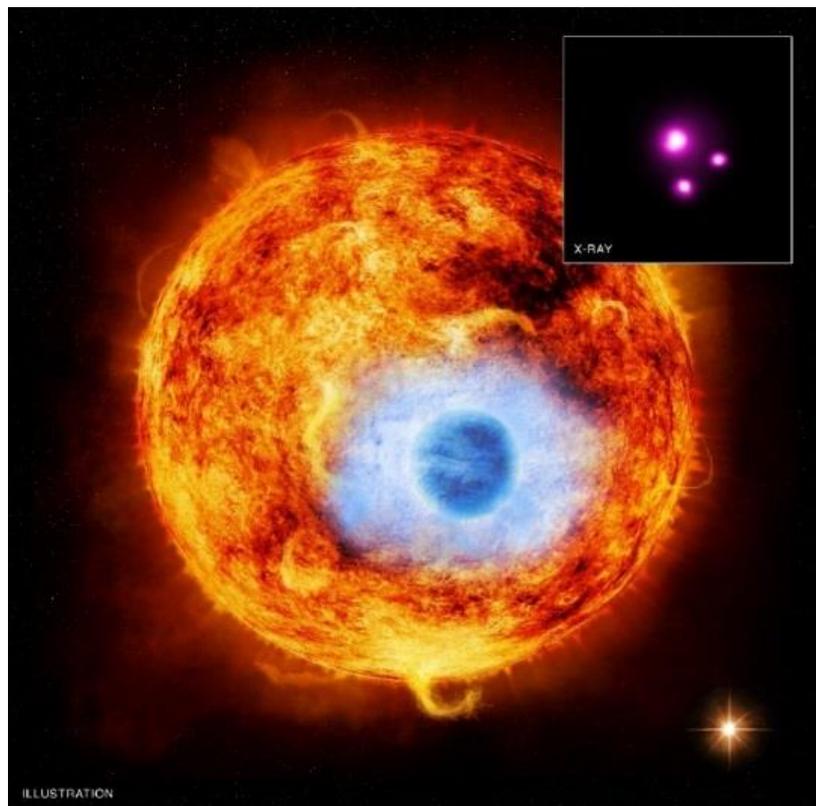
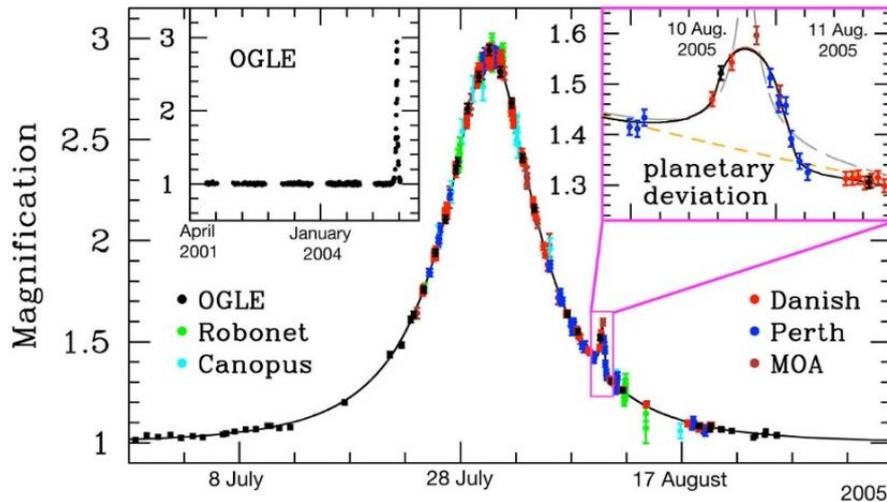


Figura 32. Impresión artística del exoplaneta HD 189733. Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/chandra/multimedia/exoplanet-hd-189733b.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/multimedia/exoplanet-hd-189733b.html)

ESO<sup>6</sup> estudia mediante una red de telescopios distribuidos por toda la Tierra, exoplanetas y las características que tienen. Por ejemplo, en 2006 se hizo una recreación del exoplaneta OGLE-2005-BLG-390Lb usando una serie de datos recogidos a través de las variantes de las ondas de su estrella más cercana. Este exoplaneta tarda en orbitar a su estrella 10 años y es extremadamente frío. Tiene una superficie rocosa pero debido a su temperatura (220 grados bajo cero) es demasiado frío para albergar agua líquida. A continuación, en la *Figura 33* se pueden apreciar datos recogidos acerca de la estrella que orbita este exoplaneta, las variantes de luz y la interpretación que han realizado los científicos de dicho grafico ha dado lugar a la creación de la impresión artística de OGLE-2005-BLG-390Lb como muestra la *Figura 34*. (ESO, 2006)



*Figura 33.* Tabla de curva de luz y datos recogidos de OGLE-2005-BLG-390. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso0603/>

<sup>6</sup> European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere

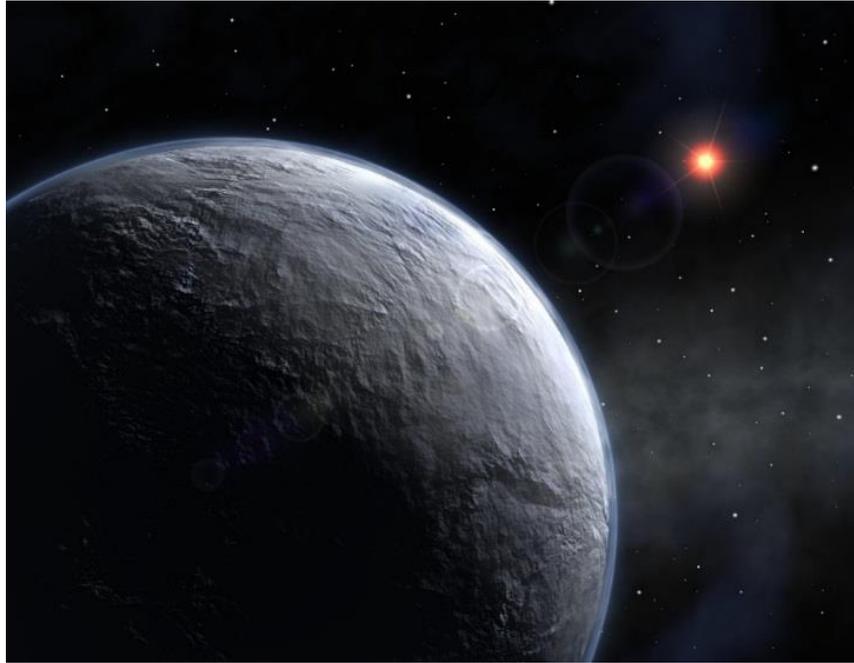


Figura 34. Impresión artística del exoplaneta OGLE-2005-BLG-390. Recuperado de: <https://www.eso.org/public/news/eso0603/>

Tim Pyle es uno de los artistas colaboradores de la NASA que recrean impresiones artísticas del Cosmos y es especialista en efectos especiales y recreaciones en 3D. Una de las impresiones artísticas que ha realizado ha sido dar forma al sistema planetario de la estrella enana roja Trappist-1, creando un entorno con los datos recogidos en el año 2016 por la NASA, gracias al Telescopio Espacial Hubble. Pyle y su equipo creativo, en 2017 pudieron reinterpretar este sistema planetario, que consta de siete planetas de los cuales, tres orbitan en la zona de habitabilidad la cual puede albergar agua líquida (MCDONALD, 2017) (MANZANO, 2019, pp.120 y 121).

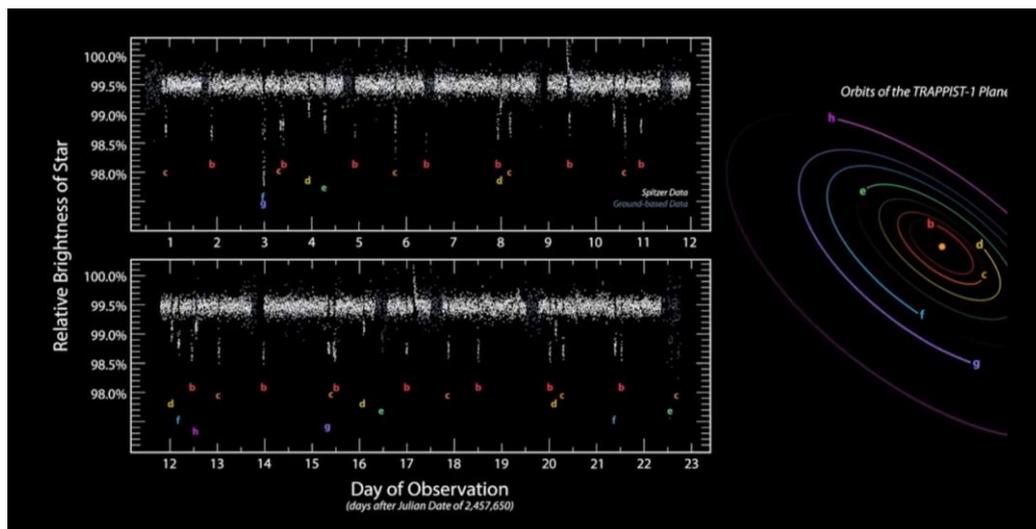
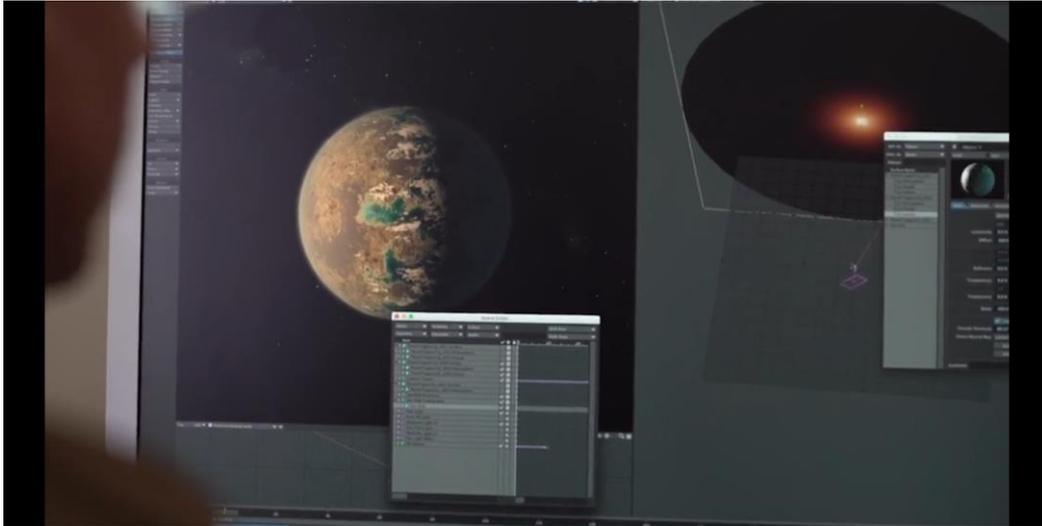
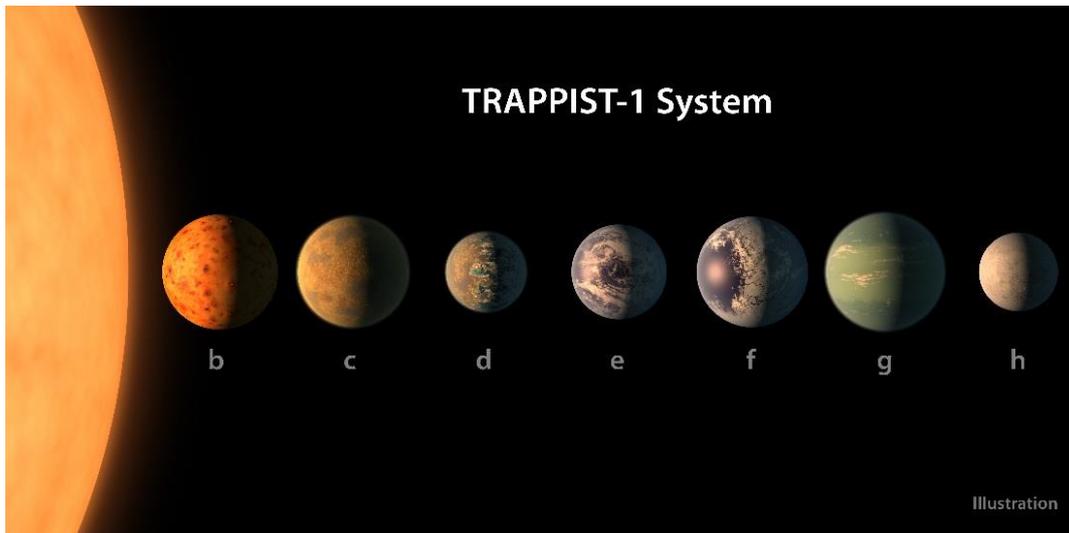


Figura 35. Datos recogidos por la NASA para la creación de un concepto y el posible estudio de los planetas que orbitan a Trappist-1. Recuperado de: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impresions-made.html#v-339>



*Figura 36.* Estudio y creación de las impresiones artísticas de Trappist-1, realizado por Tim Pyle. Recuperado de: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impresions-made.html#v-3395642941418616587>



*Figura 37.* Ilustración artística del Sistema planetario de Trappist-1. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21422>

### III. OBRA

#### 1. REFERENTE

El artista digital que se ha convertido en el referente principal de esta investigación ha sido Teun Den Van Der Zalm (Países Bajos) y ha sido clave a la hora de emprender este proyecto y la posible realización. Tiene similitud con esta investigación no solo por la temática sino también en los aspectos técnicos y visuales. Sus piezas audiovisuales son creaciones de nebulosas en 3D usando la formación de partículas físicas con softwares específicos para videojuegos, películas VFX y series destinadas a planetarios en formato *fulldome*.

Comenzó en 2013 realizando estas piezas cósmicas profundizando en el terreno de las partículas. Su trabajo tuvo como inicio el estudio de las físicas de la naturaleza y

de esta forma poder interpretarlas mediante un ordenador. Su objetivo era mostrar la belleza de estas partículas representadas de esta manera además de ensalzar las distintas formas creadas a partir de un núcleo, juntando unas pocas partículas y creando nebulosas.

A partir de 2015 empezó un nuevo proyecto de investigación: “*What lies beyond the edge of the Observable Universe?*” (¿*Qué se esconde detrás del límite del Universo Observable?*). Este proyecto lo desarrolló a través de un lenguaje universal: las matemáticas. Tras hacer pruebas con complicados algoritmos, se encontró uno que le llamó especialmente la atención. Se trataba de Perlin Noise y fue inventado en 1983, casualmente el año en el que nació el artista. Fue inventado por Ken Perlin para crear texturas en la película *Tron*, a principios de 1980, y se trata de un generador de números aleatorios que no guardan relación alguna entre ellos. Esto resulta interesante a la hora de realizar texturas orgánicas, nubes y paisajes (KHAN ACADEMY, 2019). Las obras que realiza este artista se tratan de un sistema de partículas con una resolución alta además de la apreciación de detalles en sus caprichosas formas (VAN DER ZALM, s.f.).

Unas de las obras de referencia de este artista es *Encounter* dónde se ven nebulosas y que, acompañadas de música de Kyle Preston, Teun Van Der Zalm ha creado esta pieza de arte digital (Véase vídeo completo en el apartado VÍDEOS) (VAN DER ZALM, 2018).



Figura 38. *Encounter*. Teun Van Der Zalm. Videoarte Digital en 3D. Subido el 9 de agosto de 2018. <https://vimeo.com/284226152>



*Figura 39. Encounter.* Teun Van Der Zalm. Videoarte Digital en 3D. Subido el 14 de octubre de 2018. Formato Fulldome. <https://vimeo.com/295042061>

## 2. IDEAS Y CONCEPT ART

Parte del desarrollo de esta investigación tiene una aportación artística sobre la representación del Cosmos a través del arte digital. Tras un estudio exhaustivo de campos artísticos relacionados con esta temática, artistas que elaboren sus propias aportaciones artísticas y entidades colaboradoras a la representación del Cosmos, se han ido recogiendo ideas relacionadas con todos estos conceptos.

La curiosidad y la aspiración por conocer este campo ha sido el motor principal para iniciar esta investigación. Tras años acudiendo a conferencias en el Planetario de Madrid, lecturas de libros de iniciación a la astronomía y el descubrimiento de las herramientas que ofrecen los softwares en 3D decidí centrarme en mezclar las dos cosas que más me motivaban; el arte y el Cosmos.

Resultaba interesante la idea de crear de una manera gráfica aquello que no se puede ver y de esta forma poder explicar esta aportación artística. Tras enterarme de que la Sonda Voyager había salido del Sistema Solar me hizo plantearme el que se vería exactamente desde el punto de vista de dicha sonda. Se verían cosas que nunca nadie había visto, teniendo en cuenta que toda la información que tenemos a nuestro alcance son meras representaciones de la realidad.

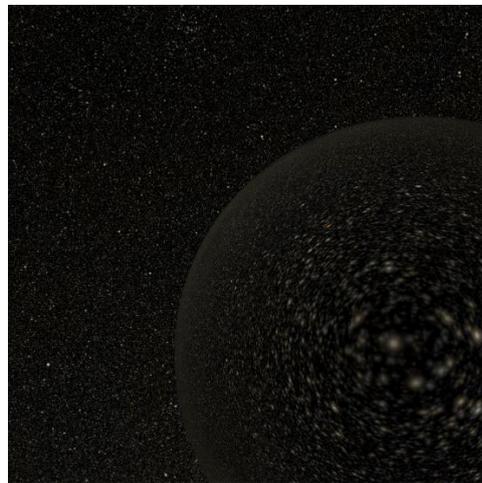
Cuando se profundizó un poco más en el tema, Francisco Lechón facilitó una reunión para esta investigación, como bien se ha explicado en el punto 3.5 IMPRESIONES ARTÍSTICAS y referenció los proyectos que se están llevando a cabo acerca del estudio de los exoplanetas y todo aquello que se encuentra fuera del Sistema Solar. El hecho de representar y darle forma a esto despertaba un interés de una manera que se iba incrementando a medida que la investigación avanzaba.

Para dar comienzo a la aportación personal de esta investigación, se elaboraron ilustraciones, dibujos y pruebas con el programa de modelado digital Cinema 4D. En la *Figura 40* se muestra una ilustración digital y fue creada en los comienzos del proyecto para coger ideas sobre la representación que se quería hacer del Cosmos. A continuación,

se empezó a jugar con pruebas en el Cinema 4D para representar objetos interestelares, como es el caso de la *Figura 41* que representa un agujero negro y la *Figura 42* que pertenece a una serie de pruebas realizadas en dicho programa de modelado 3D antes de crear la pieza final.



*Figura 40.* Ilustración digital del globo terráqueo desde el espacio



*Figura 41.* Representación de un agujero negro en el espacio



*Figura 42.* Representación de un planeta

Este proyecto se ha podido llevar a cabo gracias a la colaboración del Planetario de Madrid y Telmo Fernández, astrofísico y director de este, que ha aportado sus conocimientos e instalaciones. Además, se ha contado con el apoyo de material astronómico, como son mapas del cielo con una resolución adecuada para la posible proyección en *fulldome*.

El artículo *Una mirada al cosmos* ha sido de gran ayuda a la hora de elaborar impresiones artísticas sobre el Universo. Este artículo publicado por FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), IAA (Instituto Astronómico de Andalucía) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología explica brevemente conceptos astronómicos de una forma legible y sin ser necesario tener unos amplios conocimientos acerca del Cosmos. Mediante estos datos elaborados por entidades científicas de gran rigor se ha querido recrear ilustraciones artísticas con una base científica. Se explican conceptos como la muerte de una estrella o la formación de galaxias.



*Figura 43.* Impresión artística del exoplaneta HD 80606 b.

La idea de representar planetas situados fuera del Sistema Solar fue de las primeras opciones que se pensaron a la hora de realizar impresiones artísticas sobre el Cosmos. Se empezó haciendo pruebas sobre exoplanetas y esas pruebas iban en relación con que aspecto tendrían estos planetas ajenos al Sistema Solar.

Dentro de la lista de exoplanetas, se encuentra uno con una peculiaridad distinta. Este planeta gaseoso, denominado HD 80606 b, situado en la constelación de la Osa Mayor. Tras realizar pruebas de representación de planetas como se puede apreciar en la Figura 42, en la *Figura 43*, se ha representado este exoplaneta y se ha intentado plasmar las altas temperaturas que llega a alcanzar.

Tras revisar imágenes de nebulosas en la galería de imágenes que ofrece ESO <sup>7</sup> se encontraron fotografías con una belleza exquisita. Estas nubes de gas y polvo presentan colores y complejas formas que resultaban interesantes a nivel artístico. Miguel Vioque es investigador de la Universidad de Leeds (Inglaterra) y está acabando el doctorado especializado en formación estelar. Aportó información sobre Orión para esta investigación y el posible desarrollo de la obra. Vioque expone la existencia de nebulosas

<sup>7</sup> <https://www.eso.org/public/images/?search=nebula>

en el Cosmos y aunque no se puedan ver a simple vista desde la Tierra, existen una gran cantidad de estas nubes de gas y polvo por el espacio y Orión, es la más cercana. Vioque define Orión como una región del cielo de formación estelar, podría decirse que es una “guardería de estrellas” ya que contiene estrellas jóvenes o protoestrellas. Se encuentra a 1300 años luz y aunque no lo parezca eso es muy cerca. Esto hace que a la hora de fotografiarla sea mucho más sencillo y cómodo.

Las fotografías ofrecidas por ESO, lo que más se aprecia en ellas es gas y es más complicado determinar cómo de lejos o cerca está dicho componente. Pero estas grandiosas nubes de gas también albergan polvo estelar en su interior (tan solo el 1%) así que podría decirse que están prácticamente compuestas de gas (hidrógeno y helio), además tiene un diámetro de miles de años luz.

En estas nubes se forman estrellas por la gravedad ya que el gas hace que se acercan entre ellas y así se forman nubes cada vez más densas. Esta densidad llega a un nivel tal que se producen reacciones de fusión causando el nacimiento de cientos de estrellas y éstas calientan el gas de su alrededor y por este motivo, se puede apreciar estas nebulosas desde tan lejos. Cuando no hay gas ni estrellas cercanas que iluminen dicho gas solo se aprecian manchas oscuras. Este gas existente alrededor de estrellas formadas o en formación alcanza unas temperaturas tan elevadas que causa la creación de estos colores tan vivos y saturados. Vioque comparó este fenómeno con el de la llama de un mechero, ya que a determinada temperatura hay zonas de la llama más azuladas y otras regiones más rojizas.

Orión es notablemente brillante en el visible y si se ven fotografías en infrarrojo o energía más baja es más transparente y de esta forma se pueden ver las estrellas del fondo de la nebulosa. Esta nebulosa alberga multitud de estrellas en formación y éstas emiten niveles altos de radiación en infrarrojo, por lo que se ven menos nubes y las estrellas se vuelven más brillantes. Esto es debido a que si las radiaciones son más bajas (longitudes de onda más larga) las nubes son más transparentes a la luz y se puede ver más lejos. Para la explicación sencilla de estos conceptos, VIOQUE puso el ejemplo de por qué el cielo es azul, ya que la luz roja atraviesa la atmósfera sin problema y la azul rebota y se vuelve visible para el ojo humano.

La nebulosa de Orión tiene esta forma tan peculiar dónde se pueden ver agujeros, flecos que salen debido a que es un ecosistema muy dinámico. Contiene estrellas muy calientes que deforman y empujan el gas y de vez en cuando se forma una supernova destruyendo parte de la nebulosa y creando agujeros. Esta nebulosa está en constante evolución, aunque parezca estática, en unos pocos millones de años, cambian las formas o se crean nuevas estrellas. Esto es lo que se denomina sistemas dinámicos y activos.

### **3. DESARROLLO**

Esta investigación sobre la representación del Cosmos tiene una parte dónde se ha querido aportar una impresión artística propia. En este caso, se ha realizado un proceso de representación de la Nebulosa de Orión y para llegar a este resultado final se ha llevado a cabo una larga investigación sobre el Cosmos y su representación, además de los múltiples softwares de representación en 3D. Para ello, se ha buscado un artista referente como bien se ha explicado en el punto 1. REFERENTE.

Casi todo el proyecto se ha ido construyendo en el programa de modelado en 3D llamado Cinema 4D. Dicho programa, permite modelar figuras y generar entornos con acabados realistas. En este caso, se ha realizado una búsqueda sobre nebulosas y entre todas las que hay, la Nebulosa de Orión se presentaba realmente fascinante para ser

reinterpretada desde un punto de vista personal. Es una nube de gas y polvo que envuelve a cientos de estrellas que están en formación. Esta nebulosa se puede apreciar a simple vista utilizando un mapa de estrellas y constelaciones y fijando el objetivo en la Constelación de Orión.

El desarrollo del proceso parte de una imagen que ha sido procesada y tratada para posteriormente pasar de una nebulosa en dos dimensiones ya que parte de una fotografía a generar un espacio en tres dimensiones. Tras generar el modelo en tres dimensiones, este archivo se ha procesado en *alpha*, es decir, con un fondo transparente, para poder después editarlo y añadir fondos con programas de edición de vídeo. Se han renderizado todos los fotogramas uno a uno, ya tienen gran calidad y tienen un tamaño de imagen de 4K, 4096x4096 PPP (píxeles por pulgada). Este se presenta en un formato cuadrado, pero se ha recortado un círculo en el centro de la composición ya que está destinado a ser proyectado sobre una cúpula redonda y después se procesaría con los programas de edición de vídeo para formar un círculo en su interior y la visualización sea correcta.

El montaje de los fragmentos renderizados y el sonido añadido se ha realizado en Adobe After Effects dónde además se ha añadido partículas a estos fragmentos para simular estrellas del espacio. Algunas de estas estrellas tienen un cierto tono rojizo haciendo referencia a estas estrellas jóvenes de Orión que además alcanzan unas temperaturas extremadamente elevadas.

#### 4. PIEZA FINAL

Se trata de una pieza audiovisual de una impresión artística sobre la nebulosa de *Orión* que se ha basado en datos científicos para su realización, pero sin dejar a un lado la creatividad y la belleza que puede generar el Cosmos. Esta pieza está pensada y diseñada para su proyección en una pantalla en forma de cúpula y estas pantallas están presentes en salas de planetarios del mundo para divulgar la cosmología a todos los públicos.

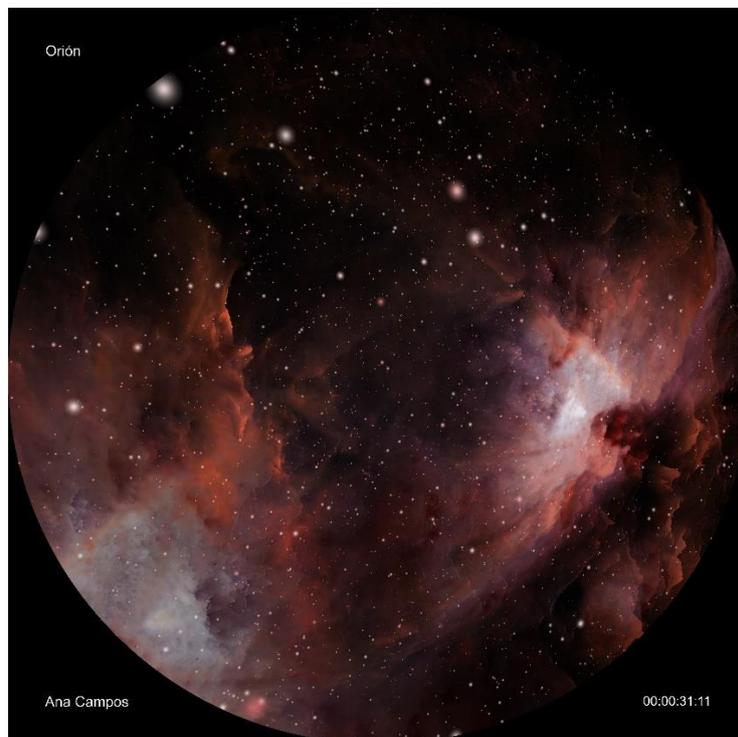


Figura 444. Fotograma 941 de la pieza audiovisual de esta investigación. Título: *Orión* [vídeo].

## CONCLUSIONES

Este proyecto ha servido para investigar las profundidades más remotas del Cosmos e intentar representar de una manera gráfica dichos fondos cósmicos. Además, ha sido fundamental para entender la importancia que tienen los artistas en colaboración con la ciencia y de cómo ambas disciplinas se acaban complementando.

La presente investigación revisa, en la medida de lo posible, la historia del Cosmos y la astronomía y cómo ha sido su desarrollo a lo largo de los siglos. El ser humano ha ido descubriendo conocimientos acerca del Universo y no se sabe qué nos deparará el futuro y qué logrará descubrir el ser humano sobre el Cosmos. En este proyecto se han estudiado las inquietudes por descubrir aquello que es ajeno al entendimiento humano, los conceptos más abstractos del Cosmos y la necesidad de representarlos de una manera gráfica.

Tras comparar los estudios de las civilizaciones antiguas como la egipcia o la griega todas tienen algo en común y es que se basaban en teorías y en observar hasta donde alcanzaban sus ojos. Este método estuvo vigente hasta la invención del telescopio de Galileo, ya que esto marcó un antes y un después en la historia astronómica y el estudio de Cosmos. El hecho de poder ver y no tener que imaginar hizo que el ser humano entendiese aquello que hasta entonces eran solo teorías.

A partir del siglo XX, la carrera espacial comenzó y la financiación de los gobiernos por lograr ir al espacio se incrementó por momentos. Esto situó a la humanidad más cerca del Cosmos. La inversión de tecnologías que se emplearon para estos fines se han trasladado a la Tierra, mejorando la vida de las personas e integrando avances en la sociedad.

Esa necesidad de plasmar todo aquello que no se puede ver, resulta de vital importancia a la hora de comprender ciertos aspectos abstractos acerca del Universo. De ahí, que los artistas muestren un interés y colaboración con la ciencia para poder cubrir esta necesidad. Cuando comenzó la carrera espacial rusa, como bien se ha explicado en el punto 2.3. **PRIMERAS REPRESENTACIONES CINEMATOGRAFICAS**, los artistas de la vanguardia rusa plasmaron las primeras representaciones y el cómo se imaginaban ellos la vida en el espacio y el Cosmos.

Actualmente, estas representaciones tienen gran peso en las investigaciones científicas, sobre todo a la hora de divulgar estas teorías o explicar de una manera más sencilla los descubrimientos que han llevado a cabo científicos, ingenieros, astronautas etc. Además, hay que tener en cuenta, que estas impresiones artísticas crean un imaginario colectivo sobre el entendimiento del Cosmos, ya que nunca nadie lo ha visto con sus propios ojos. Por tanto, la responsabilidad de definir cómo es la forma de estos conceptos cae directamente sobre los artistas.

Este proyecto es el inicio de una investigación con mayor desarrollo sobre la representación del Cosmos, campo de estudio en el que quiero enfocar mi carrera artística y profesional.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS Y REVISTAS

ALBERDI, A. y LÓPEZ DE LA CALLE, S.: *Un Viaje al Cosmos en 52 semanas*. CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) Madrid, 2007. Colección Divulgación. Pág. 226 y 227.

BARROW, J.D.: *El Universo como obra de arte*. Título original: *The Artful Universe Expanded*. Crítica S.L. Barcelona (España), 2007.

CARRASCO, J.: *Cosmos. Una inmersión rápida*. Doctor en física por la Universitat de Barcelona. Tibidabo Ediciones, S.A. Barcelona (España). Pág. 13, 27,

DINWIDDIE, R; HUGHES, D.W; JONES, G; RIDPATH, I; STOTT, C Y SPARROW, G.: *Estrellas. La Guía Visual Definitiva del Cosmos*. Dorling Kindersley Limited y Penguin Random House. Londres (Inglaterra) 2017.

FERNÁNDEZ, T. y MONTESINOS, B.: *El Desafío del Universo*. Astrofísicos y Doctores de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid. Espasa, Calpe, S.A., 2007.

GIMÉNEZ, A.: *Exoplanetas*. Doctor en Ciencias Físicas y profesor titular de Astrofísica en la Universidad Complutense de Madrid. CSIC, Libros de la Catarata, 2012. Pág. 7.

HAWKING, S.: *A brevier History of Time (Brevísima Historia del Tiempo)*. Licenciado en física en Oxford y doctor en cosmología en Cambridge. Editorial Crítica, S.L., Barcelona (España), 2005.

HAWKING, S.: *Breves Respuestas a las Grandes Preguntas*. Editorial Planeta S. A., Barcelona (España), 2018.

HERNÁNDEZ, L.A.: *Dibujo astronómico*. Marcombo, S.A. España. 2017.

KELLY, S.: *Resistencia. Un año en el Espacio*. Título original: *Endurance*. Astronauta y comandante de la Estación Espacial Internacional. Penguin Random House Grupo Editorial, S. A. U. Barcelona (España), 2018.

LA FERLA, J.: *Cine (y) digital: aproximaciones a posibles convergencias entre el cinematográfico y la computadora*. Manantial. Buenos Aires (Argentina). 2009.

LULL, J.: *La Astronomía en el Antiguo Egipto*. Universitat de València. 2006.

MANZANO, B.: *El Sistema Solar*. National Geographic. EDITEC. España. 2019.

ROVELLI, C.: *El Orden del Tiempo*. Editorial Anagrama S.A. Barcelona (España) 2018.

SHAOQIANG, W.: *Motion Graphics*. Promotora de Prensa Internacional S.A., Barcelona (España), 2017.

### ARTÍCULOS

ARCE SAINZ, F. (2009). *Historia del Arte, Arqueología de la Arquitectura y el telescopio de Galileo*, CCHS (Centro de Ciencias Humanas y Sociales) y CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Madrid. 14 septiembre.

CARRILLO, L. (1994). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*.

EVANS, T. (2015). *Wubba Lubba Dub Dub!: The Pursuit of Happiness in Rick and Morty*. Keele University. Interdisciplinary Postgraduate. Journal for the Faculty of Humanities.

FECYT, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología: *Una Mirada al Cosmos* [pdf], Alcobendas (Madrid, España), Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2007. [ref. de 10 de febrero 2019]. Disponible en Web: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/una-mirada-al-cosmos>

GONZÁLEZ, C. (2017). *Programa Apollo de NASA*. Ensayo. Exjefe en Operaciones en Robledo. Pág. 9

LÓPEZ, M. (2006). *Astronomía Gamma con el Telescopio MAGIC: Observaciones de la Nebulosa y Pulsar y del Cangrejo*. Tesis de Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas. Departamento de Física Atómica, molecular y nuclear.

MANOVICH, L. (2005). *El lenguaje de los Nuevos Medios*. Capítulo: ¿Qué son los nuevos medios?

RAMIREZ SINEIRO, J.: *La Dimensión Estelar de la Carrera de Armamento y la Crisis de los Principios Normativos de la Actividad Espacial*. Revista de Estudios Internacionales. Vol. 6. Núm. 3. Julio-septiembre 1985.

## REVISTAS Y PRENSA ONLINE

DRAKE, N. “Esta nave de la NASA podría ayudar a hipotéticos extraterrestres a encontrar la Tierra.” National Geographic. 9 noviembre 2017. (Fecha de consulta: 12 febrero 2019). Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/espacio/2017/08/esta-nave-de-la-nasa-podria-ayudar-hipoteticos-extraterrestres-encontrar-la-tierra>

ESO. Astronomers Capture First Image of a Black Hole. 10 abril de 2019. <https://www.eso.org/public/news/eso1907/>

EUROPAPRESS: ‘Cosmos’ muestra en Santander cómo los artistas vanguardistas rusos se imaginaron el espacio. [En línea] 23 de junio de 2010. Fecha de consulta: 7 de febrero 2019. Recuperado de: <https://www.europapress.es/cultura/noticia-cosmos-muestra-santander-artistas-vanguardistas-rusos-imaginaron-espacio-20100623144202.html>

FA DE LUCAS, J.: *Love, Death + Robots (2019), de Tim Miller- Crítica*. Culturamas. 22 marzo 2019. <https://www.culturamas.es/blog/2019/03/22/love-death-robots-2019-de-tim-miller-critica/>

LENSCULTURE.: *Cosmos*. 2019. <https://www.lensculture.com/articles/marcus-desieno-cosmos>

MCDONALD, Ch.: Mail Online. The art of alien world: NASA reveals how it creates its incredible exoplanet artist’s impressions. Junio 2017. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4585800/NASA-reveals-exoplanet-artists-impressions-made.html#v-3395642941418616587>

National Geographic. “National Geographic estrena la segunda temporada de “Marte”, que muestra cómo podría ser nuestra vida en el planeta rojo.” National Geographic. 24 octubre de 2018. (Fecha de consulta: 20 marzo 2019). Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/espacio/2018/10/national-geographic-estrena-la-segunda-temporada-de-marte-que-muestra-como-podria>

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS. *Focus on the First Event Horizon Telescope Results*. Abril 2019. [https://iopscience.iop.org/journal/2041-8205/page/Focus on EHT](https://iopscience.iop.org/journal/2041-8205/page/Focus%20on%20EHT))

## ENLACES WEB

DESIENO, M.: *Cosmos*. 2014. <http://www.marcusdesieno.com/cosmos>

DITROIT. <https://ditroit.it/> (s.f.)

ESA. *Cheops, la primera misión exoplanetaria de la ESA*. 6 febrero 2019. [https://www.esa.int/esl/ESA in your country/Spain/Cheops la primera mision exoplanetaria de la ESA](https://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Cheops_la_primera_mision_exoplanetaria_de_la_ESA)

ESA. *Gaia crea el mapa más preciso de la vía láctea*. [http://www.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Gaia\\_crea\\_el\\_mapa\\_mas\\_preciso\\_de\\_la\\_Via\\_Lactea](http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Gaia_crea_el_mapa_mas_preciso_de_la_Via_Lactea)

ESA. *History of Europe in Space*. 13 septiembre de 2013. [https://www.esa.int/About Us/Welcome to ESA/ESA history/History of Europe in space](https://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESA_history/History_of_Europe_in_space)

ESA. *Historia de la Exploración de Marte*. España. 15 Febrero de 2019. [https://www.esa.int/esl/ESA in your country/Spain/Historia de la exploracion de Marte](https://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Historia_de_la_exploracion_de_Marte)

ESA. *¿Dónde está Gaia?* 17 febrero 2014. [https://www.esa.int/esl/ESA in your country/Spain/Donde esta Gaia](https://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Donde_esta_Gaia)

ESA. *Se Cumplen 60 años del lanzamiento del Sputnik*. 22 septiembre de 2017. [https://www.esa.int/esl/ESA in your country/Spain/Se cumplen 60 anos del lanzamiento del Sputnik](https://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Se_cumplen_60_anos_del_lanzamiento_del_Sputnik).

ESA. (2019) *The Hipparcos space astrometry mission*. Recuperado de: <https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos>

ESO. *Images*. <https://www.eso.org/public/images/?search=nebula>

ESO. *It's Far, It's Small, It's Cool: It's an Icy Exoplanet! Distant Planet Brings Astronomers Closer To Home*. 25 enero 2006. <https://www.eso.org/public/news/eso0603/>

Exoplanet.eu (1995-2019). *The Extrasolar Planets Encyclopaedia*. CNRS. (Centre National de la Recherche Scientifique) L'Observatoire de Paris. IVOA. (The International Virtual Observatory Alliance) PADC (Paris Astronomical Data Centre) Recuperado de: [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu) [Fecha de consulta: 21 marzo 2019]

GOODS, D.: *A bit about Dan*. s.f. Recuperado de: [www.directedplay.com/a-bit-about-dan](http://www.directedplay.com/a-bit-about-dan)

Khan Academy. *Ruido Perlin*. 2019. <https://es.khanacademy.org/computing/computer-programming/programming-natural-simulations/programming-noise/a/perlin-noise>

LÓPEZ, J.M., REFOLIO, M<sup>a</sup> C. y MORENO, E. Museo Virtual de la Ciencia. Galileo Galilei. CSIC (Consejo Superior de Investigaciones científicas), FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). 2017. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2019]. Recuperado de: <http://museovirtual.csic.es/salas/universo/universo11.htm>

MUÑOZ, B. Fundación BBVA. *Biografía*. Recuperado de: <https://www.premiosfronterasdelconocimiento.es/blanca-munoz/> (s.f.)

NASA. Ciencia Beta. *Paisajes y sonidos de Titán*. 16 enero 2005 [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2005/16jan\\_titan](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2005/16jan_titan)

NASA Science. *Mars Exploration Program*. 12 marzo 2019. <https://mars.nasa.gov/news/8420/opportunity-parting-shot-was-a-beautiful-panorama/>

NELSON, J. *Mission Overview*. NASA. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. Fecha de publicación: 15 de enero de 2019. Fecha de consulta: 4 marzo 2019. <http://voyager.jpl.nasa.gov/mission/>

OpenMind.: *Grandes imágenes de la ciencia*. 23 agosto 2015. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/apuntes-cientificos/grandes-imagenes-ciencia/>

RAE. (Real Academia Española). *Definición daguerrotipia*. 2019. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2019] Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=BpOpqo0>

RAE. (Real Academia Española). *Definición cosmos*. 2019. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019] Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=B5gyPDh>

SpaceX. Space Exploration Technologies Corp. 2017. <https://www.spacex.com/>

WARNER BROS. (2014) *INTERSTELLAR*. Recuperado de: <https://www.warnerbros.es/interstellar#>

VAN DER ZALM, T. *Salmonick Productions*. Burgemeester Voskensstraat. CT Goirle. s.f. <https://salmonick-atelier.com/home>

## DOCUMENTALES Y PROGRAMAS

National Geographic. *Marte, dentro del SpaceX- Documental*. Youtube. Documentalia Ciencia. 20 noviembre de 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=xybsDCqj1kE>

Villar, M. (2018). *El Universo a Gran Escala. La vía Láctea y el Cosmos* [cinta documental]. España: La UNED en TVE-2. Recuperado de: <https://canal.uned.es/video/5c001ad8b1111fd1718b9fd7>

## CATÁLOGOS DE EXPOSICIONES

BOWLT, J., MISLER, N. y TSANTSANOGLIOV, M. (2010). *Cosmos de la Vanguardia Rusa*. Santander (España). Edición catálogo: Fundación Botín.

## VÍDEOS

MISLER. Fundación Botín [Fundación Botín]. (2010, Julio 13). *Exposición Cosmos y vanguardia rusa en la Fundación Botín en Santander*. Comisaria de la exposición. [Archivo de vídeo]. Min 0:56. Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=10&v=O511PqAposk](https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=O511PqAposk)

MUÑOZ. [AGENCIA EFE]. (2013, Enero 19). *Blanca Muñoz nos introduce en su universo en "Circunnavegación"*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=zlwjVbtdhsA>

NASA. Jet Propulsion Laboratory. (2019, Febrero 8) *NASA's Curiosity Mars Rover Departs Vera Rubin Ridge (360 View)*. [Archivo de vídeo] Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=13&v=e-gZpz8zuDQ](https://www.youtube.com/watch?time_continue=13&v=e-gZpz8zuDQ)

KCET. *Mini Documentary on The Studio*. OTIS. 2014. Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/thestudio/>

SANTAOLALLA, J. [Date un Vlog ] (2019, Abril 11) *TODO lo que tienes que saber sobre LA FOTO DEL AÑO*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=X3zxt3hGFHY&t=583s>

Teun Van Der Zalm. *Encounter*. Vimeo. Subido el 9 de agosto de 2018. <https://vimeo.com/284226152>

### **TESIS DOCTORALES**

ÁLVAREZ, P.: Tesis Doctoral. *La Fotografía Científica y su Representación en una Aproximación al Mundo del Arte*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Bellas Artes. Director: Luis Castelo Sardina. Madrid. 2014.

PERALTA, J. A. y REYES LÓPEZ, P.: Tesis Doctoral. *La persistencia de los deferentes y los epiciclos a lo largo de la historia de la astronomía*. Latin-American Journal of Physics Education. Departamento de Física, Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional. México D. F. 2014.

PÉREZ GALLARDO, H.: Tesis Doctoral. *De la Tierra a la Luna: fotografía astronómica en el siglo XIX*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. Departamento de Historia del Arte III (Contemporáneo) UCM. Madrid. 2016.

### **CONFERENCIAS Y VISITAS GUIADAS**

Planesas, P. (12 febrero 2019) CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) y FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). Centro de Astrobiología. *Cultura con C de Cosmos*. 2018. Visita guiada por Pere Planesas. Día 12 de febrero de 2019 en Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Madrid. (España)

NASA. (10 febrero 2019) Visita al *Centro de entrenamiento y visitantes*. Robledo de Chavela, Madrid. [https://www.mdsc.nasa.gov/index.php?Section=Informacion\\_Contacto](https://www.mdsc.nasa.gov/index.php?Section=Informacion_Contacto)

### **BOLETINES**

TORRA, J. y GAIA-ESPAÑA.: *Gaia empieza su andadura*. 2013. Boletín. [PDF online]