

**Estética, motivación y comprensión científica: Una
perspectiva crítica acerca de la relación entre
consideraciones estéticas y el proceso científico.**

Tesis doctoral



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Autora: Verónica Gutiérrez Alejos

Director de tesis: Henrik Zinkernagel

Programa de doctorado: Doctorado en Filosofía. Escuela de Doctorado de Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas.

Departamento: Departamento de Filosofía I. Universidad de Granada

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Verónica Gutiérrez Alejos
ISBN: 978-84-1195-353-5
URI: <https://hdl.handle.net/10481/92794>

Agradecimientos

A mis padres y mi hermano, su apoyo constante durante los últimos años y la confianza depositada en mí.

A Alejandro, a Koda y a Kenai toda la ayuda brindada, así como su acompañamiento y paciencia para sostener el esfuerzo que ha supuesto este trabajo.

A mi director de tesis, Henrik Zinkernagel, por su implicación y continuo soporte, sus inestimables aportaciones y colaboración a lo largo de estos años.

A mis compañeros, amigos y, en general, todas las personas que han manifestado su apoyo y su interés por este trabajo, de una u otra forma.

A la Universidad de Granada por el contrato predoctoral del Programa de Formación de Doctores del plan propio que ha hecho posible esta investigación.

Índice

Resumen y objetivos	6
Metodología	9
Introducción	11
1. Contexto histórico y antecedentes	15
1.1 ¿Pueden darse consideraciones estéticas en la ciencia?	18
1.1.1 En la ciencia no hay consideraciones genuinamente estéticas	19
1.1.2 En la ciencia hay estética, pero esta no es relevante para la ciencia ..	24
1.2 ¿La estética puede ser positivamente relevante para la ciencia?.....	28
2. Clarificación de las nociones de ciencia, estética y comprensión científica	30
2.1 Clarificación conceptual de la noción de ciencia	30
2.2 Clarificación conceptual de la noción de estética	40
2.3 Clarificación conceptual de la noción de comprensión científica.....	48
3. Las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia	56
3.1 Las propiedades estéticas en la evaluación entre teorías rivales.....	58
3.2 La imaginación y la creatividad en la ciencia	67
3.2.1 Los actos imaginativos	70
3.2.2 Los actos creativos	74
3.3 La funcional motivacional de la estética	77
4. ¿Están las funciones que desempeña la estética en la ciencia justificadas epistémicamente?.....	87

4.1 La estética en la evaluación de teorías	87
4.1.1 Vínculo entre la estética y el éxito empírico de las teorías	88
4.1.2 Propuestas alternativas al vínculo entre estética y éxito empírico	93
4.2 La imaginación y la creatividad en la ciencia	98
4.2.1 Los actos imaginativos	99
4.2.2 Los actos creativos	103
4.3 La función motivacional de la estética en la ciencia.....	108
5. La apreciación estética en la ciencia.....	111
6. Resultados.....	127
6.1 Clarificaciones conceptuales y propuestas de caracterización de términos	127
6.2 La estética puede desempeñar funciones relevantes en todas las etapas de la ciencia	129
6.3 La estética en ciencia no se limita a la noción de belleza	131
7. Conclusiones	134
Índice de figuras.....	136
Bibliografía	137

Resumen y objetivos

La historia de la ciencia ha evidenciado un amplio abanico de testimonios de científicos y científicas que ponen de manifiesto que la estética puede resultar relevante en la ciencia. Por ello es preciso que la filosofía de la ciencia analice con detenimiento qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia y si estas son relevantes para la misma.

Con el objetivo de analizar, contrastar y evaluar los diferentes argumentos que se pueden encontrar en la literatura existente acerca de la presencia de estética en la ciencia, voy a establecer un marco teórico que los clasificará en función de la relevancia para la ciencia que atribuyen a esas consideraciones estéticas. Para ello, en primer lugar realizaré una clarificación conceptual de las nociones clave. Utilizando este marco de referencia, me centraré en aquellas obras que defienden que la estética puede desempeñar alguna función (positivamente relevante) en la ciencia y señalaré sus ventajas y debilidades. Posteriormente, defenderé mi propia tesis al respecto.

Tras dicho análisis justificaré que la estética puede desempeñar funciones relevantes en todo el proceso científico (y no únicamente en alguna una etapa en particular como algunos autores han propuesto). Debido a que la comprensión es uno de los objetivos epistémicos principales de la ciencia, las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia que aportan comprensión, entendida como unificación, se pueden considerar “epistémicamente justificadas”, en el sentido de que, además de ser relevantes, contribuyen a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos.

Tras analizar estas funciones, atenderé a otro sentido en el que se puede dar estética en la ciencia y examinaré si es posible la apreciación estética de la misma y los argumentos que la literatura existente ha aducido para defender o rechazar esta tesis. Argumentaré que es posible apreciar estéticamente la ciencia y explicitaré a qué hace referencia esta

afirmación (qué elementos se pueden apreciar estéticamente y en qué consiste dicha apreciación) y qué relación posee con la experiencia estética.

La presencia de estética en la ciencia suscita en la actualidad un interés y una fascinación crecientes entre aquellas personas que estudian la ciencia (lo que, como defenderé en lo sucesivo, la creciente aparición de escritos en este ámbito de estudio pone de manifiesto). Esto puede deberse a que, aunque esta dimensión de la ciencia no ha recibido mucha atención históricamente, la evidencia muestra que la estética es relevante para la ciencia.

He decidido delimitar el estudio de esta manera (adoptando un enfoque general, en lugar de uno más específico como hubiera sido, por ejemplo, analizar la relevancia de la estética en una disciplina científica en concreto) porque considero que resulta de gran utilidad obtener una perspectiva general que establezca las bases desde las que analizar las diferentes funciones de la estética en las diferentes ciencias (lo que sienta las bases para estudios posteriores). Gracias al mencionado marco teórico, es posible comparar, analizar y evaluar diferentes argumentos que se han aducido para defender (o rechazar) que la estética pueda contribuir de forma positiva a la ciencia, a pesar de que estos tomen como punto de partida enfoques diferentes.

Una caracterización de la ciencia general y que permite integrar la presencia de estética en la misma, como la que adopto aquí, no solo resulta cercana a lo que encontramos en los testimonios de las personas que se dedican a la ciencia, sino también genera una imagen de la ciencia atractiva e interesante para el público en general y para quienes la estudian. Asimismo, nos permite acercarnos a la ciencia de un modo más realista y menos fragmentado que si solo tuviésemos en cuenta cualquiera de sus partes o dimensiones (por ejemplo, únicamente la evaluación de teorías científicas) lo que, en última instancia, puede permitirnos comprender mejor la ciencia.

En definitiva, además de resultar útil como base para otros estudios, el enfoque general que he adoptado aquí (que no se limita a una etapa de la ciencia, ni a una disciplina científica específica y que atiende a la presencia de estética en todo el proceso científico) posee la ventaja de ofrecer una imagen de la ciencia coherente con lo que podemos encontrar en la práctica científica y que nos permite comprender mejor su funcionamiento y su complejidad.

Metodología

Debido a que esta investigación se basa en la revisión bibliográfica y el análisis crítico de textos, la metodología ha consistido en la lectura y análisis de las fuentes y en la elaboración de un marco teórico coherente y riguroso que permita analizar, comparar entre sí y evaluar diferentes enfoques, teorías y argumentos de forma sistemática.

Para la revisión de la bibliografía se han tenido que identificar y localizar las fuentes necesarias (tanto obras que desde la filosofía o la filosofía de la ciencia han tratado la relación entre ciencia y estética, como testimonios de científicos para corroborar si efectivamente se percibe esa relación en ellos).

Posteriormente se ha realizado una lectura y análisis crítico de los textos seleccionados, con el objetivo de identificar sus argumentos clave, sus fortalezas y debilidades (en el caso de las fuentes de filosofía de la ciencia) y de comprobar si las personas que se dedican a la ciencia hacen referencia a esa presencia de estética en sus trabajos y de qué manera (utilizando para ello, principalmente, sus testimonios).

Tras el análisis se ha realizado una síntesis y elaborado un marco teórico que consiste en la clarificación conceptual de las nociones clave (estética, ciencia y comprensión científica) y en la clasificación sistemática de los argumentos disponibles en la literatura existente en varias categorías en función de la relevancia que le otorgan a la estética, cuál consideran que es la función que puede desempeñar la estética en la ciencia (y si está epistémicamente justificada).

Posteriormente, y sobre estas bases, he comparado entre sí y evaluado diferentes enfoques que estudian el tema que aquí me ocupa, trazando semejanzas entre ellos y aportando posibles soluciones a algunos de los problemas que emergen cuando se enfrentan entre sí

tesis que parten de enfoques diferentes. Asimismo, también he defendido mi propia tesis acerca de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia, su justificación y la posibilidad de apreciar estéticamente la ciencia.

La clarificación conceptual de nociones relevantes no solo ha tenido por objetivo evitar ambigüedades y permitir la comparación entre autores que hacen un uso diferente de ellas; además de especificar de qué forma se pueden entender estas nociones (y qué significado adoptan los autores analizados), he aclarado de qué modo se están entendiendo en este trabajo (y por qué motivo considero que esas caracterizaciones son las más adecuadas, especialmente para el tema que aquí me ocupa).

Introducción

Existe una amplia documentación acerca de cómo las personas que se dedican a la ciencia realizan en ocasiones referencias a consideraciones de carácter estético; ya sea, por ejemplo, afirmando que a la hora de elegir entre varias teorías rivales con el mismo apoyo empírico las propiedades estéticas pueden resultar decisivas o describiendo el placer estético que les supuso realizar un cierto descubrimiento. Debido a esa evidencia que encontramos en la historia de la ciencia y las obras de los científicos (como veremos en numerosos ejemplos a lo largo de este trabajo), es preciso que la filosofía de la ciencia se dedique a su estudio.¹

En lo sucesivo, hablaré de las funciones que la estética puede desempeñar en la ciencia, atendiendo a elementos que van más allá de las propiedades estéticas (por ejemplo la belleza, el asombro, lo sublime, el juego, la creatividad, la imaginación, etc.). A lo largo de este trabajo iremos viendo algunas citas extraídas de los testimonios de diversos científicos y científicas que, además de poner de manifiesto esa presencia de estética, ilustran las funciones que desempeña en la ciencia.

En el capítulo 1 voy a realizar una breve recopilación de las principales aportaciones que podemos encontrar en la literatura existente acerca de qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia. Para facilitar la exposición clasificaré dichas aportaciones en función de la relevancia que le otorguen a la estética.

Posteriormente en el capítulo 2, realizaré una clarificación conceptual de los términos relevantes en el tema que aquí me ocupa, con el objetivo de evitar ambigüedades y

¹ Como es usual, en este trabajo utilizo el masculino genérico y cuando hablo de los testimonios de los científicos mi intención es aludir tanto a científicos como a científicas. Aun así, en algunas ocasiones introduzco la expresión “científicos y científicas” o, de un modo más general, “personas que se dedican a la ciencia” para evitar generar la sensación de que únicamente me refiero a los científicos.

establecer una base desde la que examinar las propuestas de los diversos autores que han analizado las funciones de la estética en la ciencia, salvando las dificultades que emergen a partir de sus diferentes formas de entender las mismas nociones. Los términos clave que analizaré serán “comprensión científica”, “ciencia” y “estética”.

A grandes rasgos, entiendo estética de un modo general que no se limita a un estudio de la belleza, ni tampoco a una teoría del arte. De igual modo, con ciencia hago referencia a todo el proceso científico (investigación de fenómenos, elaboración y contrastación de hipótesis, teorías y experimentos, e incluso, de un modo más general, difusión y educación científica) y no únicamente a los resultados de la ciencia (explicaciones y teorías científicas). Además, no me refiero a ninguna disciplina científica en particular. Con respecto a la comprensión, adopto una noción general basada en la unificación y considero que se trata de un logro epistémico (y uno de los objetivos de la ciencia).

En el capítulo 3 expondré con detenimiento qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia. En breve, las principales de estas son: contribuir a la elección entre teorías científicas rivales, facilitar la elaboración de hipótesis, teorías o experimentos, investigar ciertos fenómenos (por ejemplo a partir de la creación de experimentos mentales), servir de motivación (para dedicarse a la ciencia, estudiar algunos fenómenos, no abandonar la investigación, etc.) o funcionar como recompensa (lo que a su vez puede servir de motivación, pero también ayuda a que la ciencia sea más atractiva para la población contribuyendo a su divulgación y a la educación científica).

Como veremos, estas funciones no están tan claramente diferenciadas en la práctica científica y, en ocasiones, un mismo elemento puede desempeñar varias de ellas al mismo tiempo. Por ejemplo, la belleza (un valor estético) puede servir de motivación para dedicarse a la ciencia o para estudiar un fenómeno determinado y asimismo puede contribuir a la elección entre teorías científicas.

En el capítulo 4 analizaré si estas funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia están epistémicamente justificadas y, si lo están, en qué sentido pueden contribuir a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos. Aquí una noción clave será la de comprensión científica. Considero que la comprensión es uno de los principales fines epistémicos de la ciencia, por lo que en ella las consideraciones estéticas que contribuyen a la comprensión científica desempeñan una función que está epistémicamente justificada.

Es importante matizar que existe una diferencia entre lo que denomino funciones (que puede desempeñar la estética en la ciencia) relevantes (para la ciencia) y funciones que también están epistémicamente justificadas. Con funciones relevantes hago referencia a aquellas funciones que contribuyen, de forma heurística, a la ciencia. Las funciones que considero epistémicamente justificadas, en cambio, desempeñan una función epistémica (porque aportan comprensión) y, en consecuencia, constituyen una aportación directa a uno de los objetivos principales de la ciencia (a saber, aportar comprensión).

Debido a que algunos autores se muestran reticentes a afirmar que la ciencia se puede apreciar de forma estética, en el capítulo 5 analizaré si es posible apreciar estéticamente la ciencia y qué relevancia posee esto para la ciencia. Además, explicitaré en qué consiste dicha apreciación atendiendo al modo con el que encontramos esa expresión en la literatura existente. De igual modo señalaré cuál es la diferencia entre apreciación estética y experiencia estética (aunque no lo hace de forma necesaria, en ocasiones, la primera puede dar lugar a una experiencia estética). Posteriormente, justificaré que la apreciación estética de la ciencia desempeña una función positivamente relevante en la misma.

Finalmente, en el capítulo 6 recopilaré los principales resultados obtenidos en esta investigación, así como las tesis defendidas que constituyen una aportación a la literatura existente y en el capítulo 7 estableceré las conclusiones. Una conclusión importante de

esta investigación es que la estética puede contribuir de forma positiva a la ciencia y, además, en algunas ocasiones puede contribuir a que esta cumpla sus objetivos epistémicos. Sin embargo, esto último no lo hace debido a la existencia de algún vínculo entre la belleza y la verdad (o la adecuación empírica), sino por su relación con la comprensión científica.

1. Contexto histórico y antecedentes

La evidencia que suponen los testimonios de los científicos pone de manifiesto que la estética puede resultar relevante en la ciencia, por lo que la filosofía de la ciencia debe clarificar qué funciones puede desempeñar la estética en la misma, así como si estas funciones son relevantes y si están epistémicamente justificadas. Aunque la filosofía de la ciencia ha tendido a dejar estas cuestiones de lado, en la actualidad se percibe un interés creciente, tal y como se puede deducir a partir de publicaciones recientes como Breitenbach (2020), Ivanova & French (2020), Ivanova (2021), Currie (2023) o Murphy (2023), entre otros.

En cuanto a la base empírica de este estudio, a pesar de que existen algunas voces críticas acerca de la fiabilidad de los testimonios de los científicos (por ejemplo, Todd, 2008, artículo que analizaré más adelante) considero que es razonable utilizarlos como una fuente fiable. Apoyándome en McAllister (1996) y Kivy (1991), mantengo un “principio de caridad interpretativa” según el cual estos testimonios resultan adecuados y útiles para este estudio debido a que no existe ninguna razón para desconfiar de que las personas que se dedican a la ciencia realmente estén juzgando algo de forma estética cuando así lo manifiestan de forma explícita.

En términos de McAllister (1996): “On a principle of charity of interpretation, we should read scientists’ remarks that purport to express an aesthetic evaluation of a theory as genuinely doing so, except where textual evidence or testimony suggests the contrary” (p. 37).

Además de los testimonios de los científicos y las científicas, la historia de la ciencia también nos pone de manifiesto la presencia de estética en la ciencia.² Por ejemplo, como ya afirmó Kuhn (1962), las consideraciones estéticas pueden conducir a los científicos a sustituir un paradigma por otro; por lo que no solo se trata de que haya estética en la ciencia, sino que la misma, en ocasiones, puede llegar a tener una importancia decisiva (p. 241).

Aunque la cuestión de qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia no se ha analizado todavía con la debida profundidad, en la literatura existente al respecto podemos encontrar que los autores que han defendido que la estética puede ser relevante en la ciencia se han centrado fundamentalmente en uno de estos dos ámbitos:

- La función de las consideraciones estéticas en la evaluación de teorías, esto es contribuir a la elección entre teorías científicas rivales.
- La función motivacional de la estética en la ciencia. En este ámbito la estética fundamentalmente sirve, de forma heurística, a las personas que se dedican a la ciencia (por ejemplo, sirviendo como motivación para estudiar un fenómeno).

Tradicionalmente la mayoría de la literatura existente acerca del tema que aquí nos ocupa se ha centrado en el análisis de la primera de ellas, la función de las consideraciones estéticas en la evaluación de teorías. Esto puede deberse a la influencia de la tradición positivista según la cual lo único relevante para la ciencia es aquello que ocurre en el llamado “contexto de justificación”. Desde este punto de vista, aquellos elementos que se dan en el “contexto de descubrimiento” son subjetivos y anecdóticos, por lo que no son relevantes para la ciencia, ni merecen la atención de la filosofía de la ciencia. Como

² Si bien dichos testimonios forman parte de la historia de la ciencia, esta se basa, además, en otras fuentes (textos, evidencia empírica, etc.) e incluye otras interpretaciones no necesariamente basadas en testimonios directos de científicos.

explicaré más adelante, considero que el estudio de la estética en la ciencia no puede reducirse a ninguno de estas dos perspectivas parciales, debido a que la ciencia no puede entenderse si nos limitamos únicamente a una de ellas. Además de evitar realizar una distinción de contextos rígida, rechazo considerar que la ciencia consiste únicamente en estos dos procesos (creación y evaluación de teorías). En lo sucesivo haré referencia a la ciencia como un proceso en el que todas sus etapas (incluidas las prácticas, orientadas al diseño y evaluación de experimentos) son relevantes.

A pesar de que una gran parte de la literatura existente acerca de la estética en la ciencia se ha centrado en la función de las propiedades estéticas en la evaluación de teorías científicas, en la actualidad se puede observar un interés creciente por la presencia de estética en la ciencia atendiendo a otros elementos: por ejemplo, la creatividad (Gruber & Bödeker, 2005; Stokes, 2016), la imaginación (Ivanova & French, 2020; Murphy, 2022) o las emociones (Di Gregory & Ransanz, 2010).

En este capítulo realizaré una clasificación de las obras más representativas que han estudiado las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia, en función de la relevancia que estas les han atribuido a esas consideraciones estéticas.³ Esto aportará un resumen de la literatura existente acerca del tema que aquí me ocupa que puede servir de “mapa” para, en lo sucesivo, profundizar en el análisis de cuáles son esas funciones y cuál

³ Me he centrado en las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia (y, como veremos más adelante, en la apreciación estética de la ciencia), dejando de lado otras conexiones relevantes entre ambas. Podemos encontrar en la literatura existente obras en las que se defiende que la ciencia y las artes no están tan distantes entre sí como se suele pensar, debido a que existen ciertos elementos en común entre las dos disciplinas. Por ejemplo, Dutton & Krausz (1981) se centran en la función de la creatividad en el arte y la ciencia, Osborne (1986) en la noción de interpretación, Frigg & Hunter (2010) en la noción de representación y Di Gregory & Ransanz (2010) en las emociones. No me he detenido en estas cuestiones porque considero que para la filosofía de la ciencia resulta más esclarecedor atender a las funciones que desempeña la estética en la ciencia, que simplemente señalar qué elementos poseen en común las artes y la ciencia. Del mismo modo, como ya he mencionado, la estética (y también la estética que se da en la ciencia) no se puede limitar a un estudio de las artes.

es su justificación epistémica (por qué son relevantes para que la ciencia logre sus objetivos epistémicos).

En definitiva, con el objetivo de clarificar la literatura existente (lo que posteriormente facilitará la tarea de evaluar las propuestas de los diferentes autores y compararlas entre sí) he clasificado las principales posturas que podemos encontrarnos acerca de esta cuestión en tres grupos:

1) Las propuestas de los autores que rechazan la posibilidad de que en la ciencia se den consideraciones estéticas.

2) Las obras en las que se defiende que sí puede haber estética en la ciencia, pero que esta no desempeña ninguna función relevante para la ciencia.

3) Las obras en las que se reconoce que en la ciencia puede haber estética que desempeñe una función relevante para la ciencia.

En el apartado siguiente veremos los dos primeros grupos y en el apartado 1.2, y capítulos posteriores, nos centraremos en el tercero.

1.1 ¿Pueden darse consideraciones estéticas en la ciencia?

Entre las obras que encontramos en la literatura existente que rechazan la posibilidad de que la estética sea relevante para la ciencia podemos establecer una distinción entre dos posturas: en algunas obras se defiende que en la ciencia no hay estética (y lo que parecen juicios estéticos en realidad no son tal cosa), mientras que en otras se defiende que, aunque sí puede darse estética en la ciencia esta no desempeña ninguna función relevante para la ciencia.⁴

⁴ Se puede encontrar una clasificación similar en O'Loughlin & McCallum (2019). En dicho artículo, los autores consideran que los juicios estéticos que se dan en la ciencia pueden clasificarse como:

1.1.1 En la ciencia no hay consideraciones genuinamente estéticas

Desde esta posición se rechaza que la estética pueda desempeñar función alguna en la ciencia. Este tipo de enfoques parten del presupuesto de que la presencia de estética en la ciencia sería problemática porque conllevaría tener que afirmar que en la misma entran en juego elementos de carácter subjetivo (e incluso, consideran, irracionales).

Para evitar esa dificultad, Harré (1958) sostiene que cuando utilizamos términos estéticos para hacer referencia a una teoría científica o una demostración matemática no estamos utilizándolos para atribuir valor estético ni, en consecuencia, realizando un juicio estético propiamente dicho. En estos casos, propone, lo adecuado es utilizar la expresión “evaluación casi-estética: “I want to use the phrase ‘quasi-aesthetic appraisals’ for those uses of words from our regular aesthetic vocabulary, which fall outside the normal range of aesthetic judgements” (Harré, 1958, p. 133).

Harré sostiene que los juicios, aparentemente estéticos, que se dan en la ciencia o la matemática no son genuinos juicios estéticos, puesto que no acarrearán la satisfacción estética que caracteriza a ese tipo de juicios y que está presente en la evaluación artística.

Una dificultad de este enfoque (y otros similares) es que, como defenderé más adelante, parten de la asunción de que la finalidad de los científicos, al utilizar juicios estéticos, no es estética, lo que, sin embargo, no está tan claro. Como he mencionado con anterioridad, comparto con McAllister y Kivy la creencia de que no existen motivos suficientes para

1) “epistémicos encubiertos” (juicios que parecen estéticos, pero que en realidad son epistémicos), 2) “superfluos” (juicios genuinamente estéticos, pero irrelevantes para la ciencia) y 3) juicios estéticos relevantes para la evaluación de teorías. Considero que la clasificación es de utilidad, aunque no comparto con los autores otras tesis desarrolladas en ese artículo, como su defensa de que los juicios con una función epistémica no pueden ser estéticos o su asunción de que la única función relevante para la ciencia que pueden desempeñar los juicios estéticos es su contribución a la evaluación de teorías. Profundizaré sobre esto más adelante.

dudar de que los científicos estén realizando consideraciones estéticas cuando así lo manifiesten.

Otro problema de este tipo de tesis es la reducción de lo estético a lo artístico que parece derivarse de ellas. Considero que es erróneo presuponer que al margen del ámbito artístico no puede darse una genuina satisfacción estética, del mismo modo que lo estético no puede limitarse a lo artístico. Por ejemplo, la naturaleza es objeto de apreciación estética desde el siglo XVIII, como se puede advertir en Burke (1756) o Kant (1790).

Esta argumentación, no obstante, no es la única postura de quiénes cuestionan la presencia de juicios estéticos en la ciencia. En Zangwill (2001), cuyo propósito es estudiar el concepto de belleza adoptando un enfoque de tipo realista de la estética, el autor sostiene que entidades abstractas, como son las teorías o las demostraciones matemáticas, no pueden poseer propiedades estéticas. De esta forma, los juicios aparentemente estéticos que se dan en las matemáticas y en las ciencias, en realidad no pueden ser tal cosa.

Para sostener este argumento, Zangwill se apoya en el origen etimológico de la noción de estética (como percepción sensible) y asume una versión débil de la tesis conocida como “dependencia estética/sensible” (*aesthetic/sensory dependence*): las propiedades estéticas (y considera a la belleza una de ellas) dependen en parte de las propiedades sensoriales. Esto no significa que, por ejemplo, una obra de arte sea bella debido únicamente a sus propiedades formales (como la disposición de sus colores), sino que estas últimas son necesarias (pero no suficientes) para las propiedades estéticas:

It is often said that mathematical and logical proofs, scientific theories, and chess moves can be beautiful or elegant. Unlike pictorial meaning, proofs, theories, and chess moves do not necessarily have any sensory embodiment or manifestation. (...) But why should we agree that the properties we

appreciate here are aesthetic ones? There are intellectual pleasures, of course, but that should not encourage us to deem these pleasures aesthetic pleasures. (Zangwill, 2001, p. 140).

Como las teorías científicas y las demostraciones lógicas y matemáticas carecen de propiedades sensoriales, tampoco pueden tener propiedades estéticas y, en consecuencia, no es posible realizar juicios estéticos acerca de las mismas. Por ese motivo, Zangwill sostiene que cuando les atribuimos belleza, elegancia o cualquier otra propiedad estética no estamos realizando un juicio estético, sino simplemente utilizando esas nociones de un modo metafórico. Y, de modo similar a cómo defendía Harré, lo que expresamos al atribuir esas propiedades estéticas a esas teorías o demostraciones es admiración ante su efectividad para cumplir su propósito, pero no una genuina satisfacción estética.

En contra de la tesis de la dependencia estética/sensible, Benovsky (2016) rechaza que las propiedades estéticas tengan ningún tipo de relación metafísica con las propiedades sensibles y aduce contraejemplos que refuerzan su posición, como es el caso de la literatura. Parece poco convincente, sostiene, negar que en la literatura se den propiedades estéticas, debido a la falta de propiedades sensoriales en las que basarlas. De igual modo, aduce que en las demostraciones matemáticas y en las teorías científicas sí se pueden dar consideraciones estéticas genuinas.

Su argumentación se basa en la tesis de que, debido a que las teorías y las demostraciones se comportan de forma similar a como lo hacen las obras de arte (y exhiben propiedades similares), no hay razón para que no puedan exhibir propiedades estéticas:

They can exhibit features such as unity, simplicity, harmony, and symmetry (...), they have the capacity to cause passion (or other responses), they are

'fitted to give a pleasure and satisfaction to the soul'. Importantly, they are often said and judged to be beautiful (or not). (Benovsky, 2016, pp. 79-80).

Otra crítica relevante a la dependencia estética/sensible que muestra que existe una genuina motivación estética, en este caso entre los matemáticos, es Rieger (2018). Aquí, el autor recoge numerosos testimonios de matemáticos que manifiestan que el uso que estos realizan de las consideraciones estéticas debe entenderse de forma literal (y, por lo tanto, es genuinamente estético).

Para concluir con este apartado, otro enfoque crítico acerca de la posibilidad de que haya estética en la ciencia es Todd (2008). En este artículo, el autor señala que la posibilidad de que se den juicios estéticos en las ciencias es problemática, aunque no imposible. Dada la naturaleza de las propias teorías científicas (a las que él entiende de forma veritativo-funcional), el autor considera implausible poder desligar juicios estéticos e interés epistémico.

Todd entiende la ciencia como preminentemente epistémica, considera que la verdad o adecuación empírica son funciones esenciales en la ciencia (y en la matemática). En consecuencia, cree que no es adecuado afirmar que en la ciencia se dan juicios estéticos, si estos se entienden completamente desligados de los epistémicos. Sin embargo, reconoce que si al contrario entendemos que existe una conexión relevante entre los juicios estéticos y los epistémicos en la evaluación de teorías científicas nos encontramos también con una dificultad: ¿qué relación existe entre ambos?

Esta cuestión es, para el autor, el problema principal de McAllister (1996); obra que considera al mismo tiempo el mejor intento hasta la fecha de dar cuenta de la relevancia de las consideraciones estéticas presentes en la ciencia. Como analizaré con detalle más adelante, en esta obra McAllister sostiene que las consideraciones estéticas desempeñan

una función en la ciencia y que están epistémicamente justificadas en la misma, debido a un vínculo entre propiedades estéticas de las teorías científicas y su éxito empírico. No obstante, para Todd (2008) este enfoque no es adecuado porque no explica cómo se relacionan los juicios epistémicos y los estéticos, por lo que no permite discernir cuándo una propiedad cualquiera está actuando de forma estética o epistémica.

A pesar de todo, como veíamos hace un momento, Todd no niega la posibilidad de que se den juicios estéticos en la ciencia. Aunque se muestra escéptico al respecto, deja la puerta abierta para una teoría capaz de dar cuenta de ello y de la relación existente entre los juicios estéticos y los epistémicos. Volveré sobre la propuesta de Todd en los capítulos sucesivos, pero por el momento puedo adelantar que el enfoque de Todd (2008) resulta problemático al hacer depender el carácter estético de un objeto (sea una teoría científica, demostración matemática, etc.) exclusivamente de la intención del sujeto, lo que parece presuponer que solo puede haber estética en un ámbito artístico (Todd considera que no podemos estar seguros de que cuando un científico atribuye valor estético tenga la intención de atribuir valor estético, lo que no ocurre en el arte).⁵

Más adelante expondré cómo entiendo la relación entre lo estético y lo epistémico en la ciencia y justificaré por qué motivo defiendo que no es necesario que exista una relación entre ambas: las consideraciones estéticas no deben desempeñar de forma necesaria una función epistémica para poder contribuir positivamente a la ciencia. Debido a que no comparto la creencia de que en la ciencia solo los elementos o valores epistémicos son relevantes, no resulta problemático afirmar que las consideraciones estéticas pueden

⁵ En un estudio posterior (Todd, 2018), el autor toma otra dirección en la investigación y, alejándose de su postura escéptica (de Todd, 2008), sostiene que la relación entre juicios estéticos y epistémicos puede estudiarse a partir de las experiencias psicológicas que subyacen a ambos. No voy a detenerme en este artículo porque su postura continúa siendo excesivamente subjetiva (se basa únicamente en procesos cognitivos y en las experiencias psicológicas que subyacen a los juicios estéticos y epistémicos) y todavía requiere de investigación empírica que la sustente. Además, ahonda en ámbitos que nos alejan del tema que aquí nos ocupan y que exceden mi ámbito de estudio (filosofía de la ciencia).

resultar, de forma general, útiles para la ciencia, incluso cuando no desempeñan una función epistémica

1.1.2 En la ciencia hay estética, pero esta no es relevante para la ciencia

Habiendo analizado (y argumentado en su contra) la defensa de que en la ciencia no pueden darse consideraciones estéticas genuinas y de que lo que parecen ser tal cosa son en realidad expresiones que hacen un uso metafórico de esos términos, a continuación, veremos las propuestas que he englobado bajo el siguiente grupo. Son obras que sí reconocen el carácter estético de esas consideraciones que se dan en la ciencia, pero que niegan su relevancia para la misma. Este tipo de postura es la que podemos atribuir a los defensores de la tradicional corriente de filosofía de la ciencia conocida como positivismo lógico.⁶

Para el positivismo lógico el conocimiento científico únicamente puede obtenerse a partir de la observación directa y de la verificación experimental. Basándose en las ideas desarrolladas por Mach (1911), sus seguidores situaron en el núcleo del programa positivista la idea de que nuestro conocimiento sobre el mundo únicamente puede fundarse sobre la experiencia.

Desde esta perspectiva, por lo tanto, aunque no se excluye la presencia de consideraciones estéticas en la ciencia, sí se rechaza la posibilidad de que desempeñen alguna función relevante para esta, dado que tienen lugar en el llamado contexto de descubrimiento. Si para la ciencia sólo posee valor aquello que se puede fundar en lo experimental, las consideraciones estéticas (del mismo modo que otras sociales, históricas o psicológicas) que tienen en cuenta los científicos forman parte de ese corpus de elementos que

⁶ El positivismo lógico consistió en una estrategia metodológica que pretendía alcanzar una ciencia unificada con un método lógico y fundada sobre el contenido de la experiencia inmediata (Newton-Smith, 2000, p. 247). Más información, por ejemplo, en Ayer (1959).

consideraban “subjetivos” y “anecdóticos” para la ciencia y la filosofía de la ciencia. En consecuencia, estas cuestiones quedaron relegadas al contexto de descubrimiento y como parte del ámbito de estudio de los psicólogos, historiadores o sociólogos de la ciencia.

Por lo tanto, como bien recoge McAllister (1996), para el positivismo lógico no existe la posibilidad de evaluar de forma estética una teoría, dado que para ellos las consideraciones estéticas que intervienen en la ciencia son irrelevantes para esta: “It is possible that scientists are affected by aesthetic factors in discovery, but drawing up an account of that phenomenon would be a task for biographers and psychologists of scientists rather than for philosophers of science” (McAllister, 1996, pp. 13-14).

No obstante, como ya he mencionado con anterioridad, ni la distinción entre contexto de justificación y contexto de descubrimiento es algo tan rígido (pues los testimonios de científicos evidencian que en el proceso científico no es fácil identificar esa distinción), ni es cierto que lo que sucede en las primeras fases de la ciencia no sea relevante para la ciencia.

Además, como expondré con mayor detenimiento en el capítulo siguiente, la confianza en lo observacional propia de este tipo de posiciones tampoco está exenta de problemas. Tal y como ponen de manifiesto obras como Hanson (1958) o Kuhn (1962), la observación en la ciencia es una experiencia modulada por los conocimientos teóricos del espectador, lo que pone en cuestión la objetividad (y la validez epistémica) que los neopositivistas y los empiristas lógicos pretendían atribuir a los hechos observables.

Desde un punto de vista diferente, también es posible encontrar en la literatura existente un rechazo más general a estas consideraciones estéticas que se dan en la ciencia. En este caso, la desconfianza con respecto a su utilidad y relevancia para la ciencia no se debe únicamente a que estas sean subjetivas y por ello deban excluirse de la justificación de la

ciencia, sino a que las consideraciones estéticas guían la ciencia en una dirección que, tal vez, no sea la más adecuada, se desvíe de cuestiones más importantes o resulte dañina. Esta posición es la que adopta, por ejemplo, Hossenfelder (2018).

De acuerdo con la autora, aunque las consideraciones estéticas han funcionado históricamente como guía para la ciencia, esto no significa que deba ser así, ni que la estética sea adecuada o útil para la ciencia:

But during my travels it has become clear to me that I am not missing a justification for why my colleagues rely on beauty. There just isn't any. As much as I want to believe that the laws of nature are beautiful, I don't think our sense of beauty is a good guide; in contrast, it has distracted us from other, more pressing questions. (Hossenfelder, 2018, cap. 9).

Hossenfelder se centra especialmente en el caso de la física teórica y la belleza. Considera que la preferencia de los físicos por la belleza puede ser un sesgo negativo que aleja a la ciencia del progreso. Analizaré esta idea en lo sucesivo y defenderé que las consideraciones estéticas sí pueden contribuir a los objetivos epistémicos de la ciencia, pero no específicamente a la acumulación de verdad o adecuación empírica (porque, como ya he adelantado, no podemos garantizar la existencia de algún vínculo entre la belleza y la verdad).⁷

⁷ Algunos autores han considerado que la estética que se da en la ciencia puede ser un indicador de verdad/adecuación empírica, basándose en una teoría estética que establece la existencia de una relación entre la belleza y la verdad. Esta tesis nos remite por lo menos a la Edad Media, momento en el que una de las caracterizaciones de la belleza tenía que ver con la perfección (*perfectio*), y por consiguiente también con el bien y la verdad (Tatarkiewicz, 1976, p. 168). Más adelante consideraré brevemente las consecuencias de un enfoque como este y las dificultades que plantea a la hora de estudiar la estética que se da en la ciencia.

Asimismo, hablar de estética en la ciencia no puede limitarse a tener en cuenta la presencia de belleza en la misma (pues otros objetos estéticos, como la creatividad o la imaginación, pueden desempeñar funciones relevantes).

Si bien es cierto que la estética no tiene por qué ser siempre y necesariamente beneficiosa (o incluso útil) para la ciencia; la evidencia nos pone de manifiesto que la estética en múltiples ocasiones desempeña funciones que sí son positivamente relevantes para la ciencia. De acuerdo con Zinkernagel, respecto a la posición de Hossenfelder:

I think this is a sound warning. (...) Of course, there is more to motivation in physics than aesthetics—such as advancing knowledge, finding useful applications, or (ambition and) striving for recognition. But I think it is hard to deny that aesthetic motivation has played and continues to play an important role for physicists. (Zinkernagel, 2022, p. 6).

Esta constatación de que la estética ha desempeñado, y desempeña, funciones relevantes para los científicos es suficiente, no solo para que la filosofía de la ciencia le otorgue validez en su estudio, sino también para que los propios científicos tengan en cuenta la estética, a pesar de los potenciales riesgos que podría suponer (si, por ejemplo, esto conduce en una dirección incorrecta, como señala Hossenfelder (2018) que podría ocurrir).

La ciencia no tiene como único objetivo la acumulación de verdad o adecuación empírica, la comprensión resulta también fundamental. Por este motivo, si la estética contribuye a aumentar la comprensión científica, puede resultar de provecho; incluso aunque pudiese guiar a la ciencia en una dirección incorrecta o errónea.⁸

⁸ Como mencionaré de nuevo más adelante, comparto con autores como Elgin (2009) o Diéguez (2015) la defensa de que la comprensión (a diferencia del conocimiento), a pesar de ser un logro epistémico, no es

1.2 ¿La estética puede ser positivamente relevante para la ciencia?

Por contraposición a las propuestas que he mencionado hasta el momento, existen otras obras en las que se defiende que la estética sí desempeña una función relevante (en un sentido positivo) para la ciencia. Estas son las que estudiaré con profundidad en lo sucesivo (en el capítulo 3 veremos qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia y en el capítulo 4 su justificación epistémica). Para algunos, como veremos, estas funciones están epistémicamente justificadas en la ciencia debido a su relación con la comprensión (Breitenbach, 2013; Ivanova, 2020; Kosso, 2002), sin embargo, otros (O'Loughlin & McCallum, 2019) rechazan que la estética en la ciencia tenga ese carácter epistémico (consideran que la estética sí puede ser relevante para la ciencia en un sentido positivo, pero rechazan que esté epistémicamente justificada).

Como ya he adelantado, en lo que respecta a la función de la estética los estudios existentes acerca de esta cuestión se han centrado fundamentalmente o bien en la estética como herramienta en la evaluación entre teorías científicas o bien en la estética como guía heurística para guiar a las personas que hacen ciencia al estudio de determinados fenómenos, especialmente sirviendo de motivación. El primero de estos dos aspectos es el que ha ocupado a la mayor parte de autores y del que encontramos más referencias en la literatura existente, mientras que el segundo está ganando relevancia progresivamente en la actualidad, tal y como se puede ver en las publicaciones más recientes.

Sin embargo, debido a que no existe una distinción tajante entre el contexto de justificación y el contexto de descubrimiento, el estudio de la estética en la ciencia no

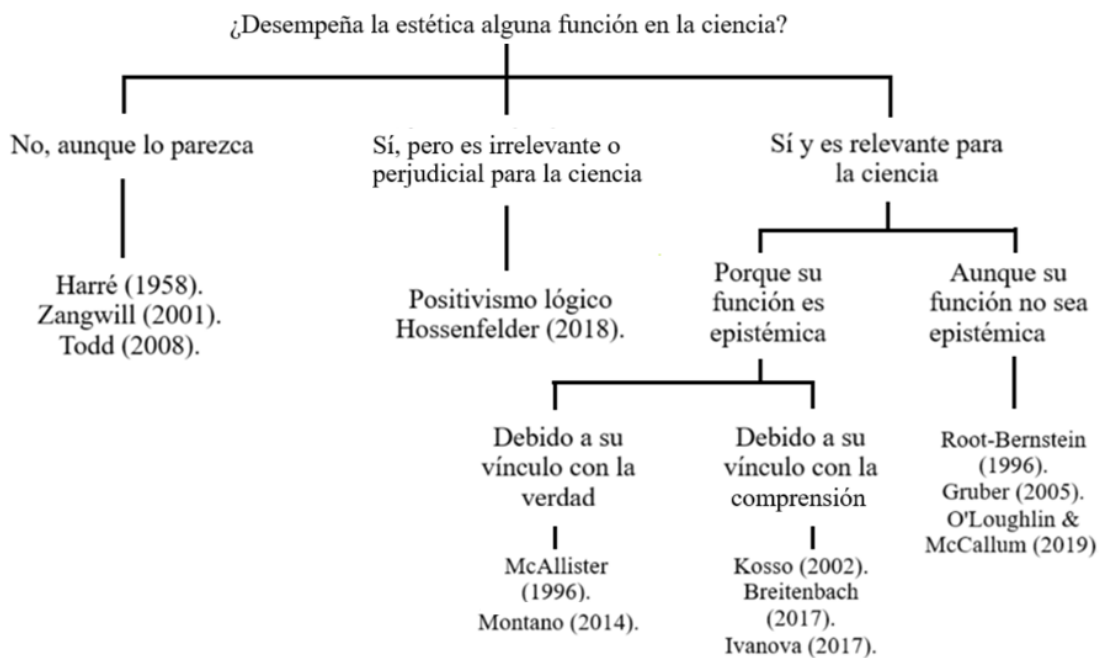
fáctica y, por lo tanto, no está vinculada con la verdad o adecuación empírica. De acuerdo con Diéguez: "False models are excellent devices to get a scientific understanding of natural phenomena (...) involve falsehoods which are necessary to the explanation of the behavior of the target system and to the understanding of the nature of real-world phenomena. Therefore, understanding, unlike knowledge, is not factive. It does not presuppose that the majority of the beliefs involved in the state of understanding must be true" (Diéguez, 2015, pp. 177-178).

puede limitarse a solo una de estas dos funciones: contribuir a la elección entre teorías o servir de motivación. La ciencia es un proceso continuo en el que la estética puede resultar relevante, contribuir positivamente y colaborar a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos, tal y como nos ponen de manifiesto la historia de la ciencia y los testimonios de los científicos.

A modo de resumen de este capítulo y también de los principales argumentos que podemos encontrar en la literatura existente acerca de la cuestión de si la estética desempeña alguna función relevante en la ciencia, véase la figura 1.

Figura 1

¿Desempeña la estética alguna función en la ciencia?



Como ya adelanté en la introducción, antes de analizar y evaluar estas funciones (y los argumentos que aducen los autores que las han defendido), es preciso explicitar de qué modo utilizo las nociones de ciencia, estética y comprensión científica. Esta clarificación conceptual, además, nos servirá en lo sucesivo de marco para comparar esos argumentos a pesar de que se utilicen adoptando enfoques diferentes.

2. Clarificación de las nociones de ciencia, estética y comprensión científica

Antes de centrarme en el análisis de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia, es preciso clarificar cómo voy a entender las nociones clave. De esta manera, además de evitar las dificultades que emergen cuando se ponen en contraposición tesis que implícitamente parten de nociones o conceptos diferentes, justificaré por qué entiendo las nociones de estética, ciencia y comprensión científica del modo en el que propongo en este trabajo.

2.1 Clarificación conceptual de la noción de ciencia

En primer lugar, resulta innegable que la filosofía de la ciencia tiene por objetivo el estudio de la ciencia. Sin embargo, este estudio no siempre se ha realizado del mismo modo. Por ejemplo, en la primera mitad del siglo XX, lo que hoy conocemos como positivismo lógico (corriente desarrollada por un grupo de filósofos, científicos y matemáticos originariamente agrupados bajo la denominación círculo de Viena), se caracterizaba por la pretensión de reducir, mediante un análisis lógico sistemático, todos los enunciados científicos a proposiciones basadas en lo empírico (obtenidas mediante únicamente la observación directa y la verificación experimental).⁹

Las ideas del positivismo lógico se establecieron sobre la distinción metodológica propuesta por Reichenbach (miembro del llamado círculo de Berlín) entre contexto de justificación y contexto de descubrimiento (Reichenbach, 1938, pp. 6-7). A grandes rasgos, mientras el primero se ocupa del origen de las teorías científicas, el contexto de

⁹ Más información acerca de las tesis sostenidas por los defensores del positivismo lógico en el ya mencionado Ayer (1959) o en Stadler (2003).

justificación es el que engloba las cuestiones metodológicas y epistemológicas relacionadas con la verdad o adecuación empírica de las teorías.

Desde esta perspectiva, la única dimensión de la ciencia relevante para la filosofía de la ciencia es aquella con valor epistémico y susceptible de ser reconstruida de forma lógica; es decir, lo que se enmarcaba en el llamado contexto de justificación.¹⁰

Entendiendo la ciencia de esta forma, sus defensores sostienen que la filosofía de la ciencia únicamente puede tener en su ámbito de estudio cuestiones relativas a la justificación de las teorías científicas (los aspectos lógicos y empíricos), considerando el resto de elementos (elementos no empíricos, por ejemplo, los aspectos históricos, sociales, estéticos, etc.) que intervienen en la ciencia irrelevantes y parte del “contexto de descubrimiento”, siendo por ello objeto de estudio, por ejemplo, de sociólogos, psicólogos o historiadores.

No obstante, la filosofía de la ciencia pronto comenzó a distanciarse de las ideas defendidas por el positivismo lógico y esa distinción de contextos fue el centro de algunas críticas, incrementando el interés filosófico por el descubrimiento científico (Schickore y Steinle, 2006).¹¹ Comenzó a extenderse entre los filósofos de la ciencia la creencia de que

¹⁰ Como bien señalan Schickore y Steinle (2006), esta distinción de contextos se ha utilizado en filosofía de la ciencia con dos propósitos principales: demarcar la filosofía de la ciencia de otras disciplinas que estudian la ciencia desde otras perspectivas (sociológica, política, histórica, etc.) y sostener que el descubrimiento no tiene cabida en la reconstrucción filosófica de la ciencia porque no posee una “lógica”.

¹¹ Es preciso tener presente que el debate acerca de la distinción de contextos se trata de una cuestión mucho más compleja de lo que he mostrado aquí y que, además, puede interpretarse de otras formas. De hecho, como señala Hoyningen-Huene (1987), no existe solo una distinción de contextos ni una única controversia acerca de cómo entenderlos. En realidad, son múltiples distinciones, lo que ha complicado el debate hasta tal punto que en la actualidad no existe un consenso unánime. Para el tema que aquí me ocupa no es necesario profundizar en estas cuestiones y basta con especificar que la distinción rígida entre contexto de justificación y contexto de descubrimiento es algo que la filosofía de la ciencia actualmente ha superado (Caamaño Alegre, 2015). Enfoques como: la filosofía de la experimentación (Hacking, 1983), la filosofía de la ciencia basada en prácticas (Martínez et al., 2011) o las lógicas del descubrimiento (Aliseda, 2006) ponen de manifiesto que la filosofía de la ciencia no ha descuidado el estudio de la ciencia más allá de la evaluación de teorías. No obstante, el análisis de la estética en la ciencia todavía no se ha extendido de forma sistemática con la profundidad que requiere a todo el proceso científico (aunque cada vez están más presentes estudios que explícitamente pretenden ampliar este ámbito de estudio, por ejemplo Ivanova, 2021).

esos dos contextos no estaban en realidad tan separados y que, lo que sucede en las primeras fases del proceso científico resulta también relevante para la formulación de las teorías (por ejemplo, véase Kuhn, 1977). Es más, los científicos no suelen diferenciar con precisión esos supuestos dos contextos en sus obras.

En contra de esa división de la ciencia en dos contextos y de la idea de que el proceso de creación de teorías es un acto irrelevante o incluso irracional, diversos autores han defendido que el descubrimiento, al igual que el proceso de poner a prueba hipótesis, es producto de razonamiento e inferencias sistemáticas.¹² Asimismo, como bien señala Aliseda (2006), es preciso evitar pensar en términos duales debido a que la distinción entre los llamados contexto de justificación y de descubrimiento se podría subdividir en multitud de procesos intermedios, por lo que parece más razonable pensar en la ciencia como en un único proceso.

Por otro lado, otra crítica relevante a las pretensiones del positivismo lógico es la basada en las denominadas tesis de la carga teórica de la observación. Aunque es bien conocida, merece la pena detenernos sobre esta postura debido a que, además de poner de manifiesto que la caracterización de la ciencia del positivismo lógico es inalcanzable, pone el énfasis sobre el sujeto (algo clave, como mostraré en la clarificación conceptual de la noción de

¹² A modo de ejemplo, con relación a la tesis, herencia del positivismo lógico, de que lo que sucede en el “contexto de descubrimiento” es algo irracional, McAllister sostiene: “Logical positivism has generally been superseded within philosophy of science, but it still overshadows the discussion of the role of aesthetic factors in science. The view persists that whereas aesthetic factors may be important in the creation of a theory, only empirical criteria can play a role in its acceptance. For example, Dean K. Simonton writes: ‘No scientist, including Dirac, would ever be so bold as to justify a theory on so irrational a basis as «beauty»’.” (McAllister, 1996, p.14). A las propuestas que rechazan la irracionalidad del contexto de descubrimiento se les suele denominar “lógicas del descubrimiento”, entendiendo “lógica” de forma análoga a “racional”. Su principal característica es la defensa de que existen unas leyes racionales que permiten justificar la creación de nuevas ideas que tiene lugar en las primeras fases del proceso científico, por lo que (a diferencia de lo que defendía el positivismo lógico, por ejemplo) la filosofía de la ciencia considera que el contexto de descubrimiento es tan relevante para que la ciencia pueda alcanzar sus objetivos como el de justificación. Más información, por ejemplo, en Schickore & Steinle (2006), Aliseda (2014) o Schickore (2014).

comprensión, para la ciencia y sus objetivos epistémicos, en específico la obtención de comprensión).

En la obra de Kuhn podemos encontrar una continuación de estas ideas que se expusieron inicialmente en Hanson (1958). De acuerdo con este último, la noción de observación relevante para la ciencia consiste en una experiencia que está modulada por los conocimientos teóricos del espectador, lo que pone en cuestión la validez epistémica objetiva que los neopositivistas y los empiristas lógicos depositaron sobre los hechos observables.

Por ejemplo, si pensamos en dos científicos, como por ejemplo Tycho Brahe y Johannes Kepler, mirando al amanecer tendríamos que preguntarnos si ambos están observando lo mismo. Lo que Hanson defiende es que en un sentido puramente físico la respuesta sería afirmativa; debido a que el sol emite los mismos fotones para ambos. Sin embargo, esta noción, puramente sensorial, de observación no es la única. Posee otro significado, según el cual los científicos no estarían viendo lo mismo: Kepler al observar ese amanecer interpretaría que es la Tierra la que se está moviendo, mientras que Tycho pensaría que la Tierra está fija y que son los cuerpos celestes los que se mueven en torno a ella (Hanson, 1958, pp. 5-8).

Esta última noción de observación es la relevante para la ciencia (y también a la que solemos hacer referencia en nuestros discursos cotidianos). De acuerdo con Hanson, no se trata de que interpretemos lo que vemos, sino que la interpretación está ya dada en la observación. Debido a que en la percepción intervienen experiencias pasadas y conocimientos de fondo (expectativas, selección de estímulos, etc.), la observación (y el reconocimiento) son instantáneos.

En consonancia con esta tesis, Kuhn (1962) arguye que los criterios para la elección de teorías científicas no pueden limitarse a la observación y la lógica. La ciencia se desarrolla en períodos de ciencia normal hasta que, en determinados momentos históricos, emergen anomalías persistentes (crisis que no se pueden solucionar) que dan lugar a revoluciones científicas. En este momento, un nuevo paradigma sustituye al anterior.¹³ No puede existir ningún método ni criterio racional para la elección de teorías científicas, debido a que en cada uno de estos paradigmas la ciencia se entiende de un modo diferente y resulta inconmensurable con respecto al resto de paradigmas (Kuhn, 1962, pp. 151-153).

Kuhn (1962) mantiene la tesis principal de Hanson y sostiene que distintos paradigmas acarrearán distintas formas de ver el mundo, debido a que los conocimientos de fondo determinan la percepción (pp. 233-234). Esto, no obstante, no significa que debamos pensar que el consenso científico es imposible. Cabe recordar que el propio Kuhn matiza que, aunque entre dos teorías rivales (pertenecientes a paradigmas diferentes) no hay “un lenguaje común” (al que puedan traducirse las dos teorías sin pérdida de información), esto no significa que no se pueda lograr la comunicación entre ambas. La inconmensurabilidad no implica que la comparación sea imposible:

Most of the terms common to the two theories function the same way in both; their meanings, whatever those may be, are preserved; their translation is simply homophonic. (...) The claim that two theories are incommensurable is more modest than many of the critics have supposed. (...) The terms that preserve their meanings across a theory change provide a sufficient basis for

¹³ Una de las definiciones más relevantes de Kuhn de paradigma es la que sigue: “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica” (Kuhn, 1962, p. 13). “Para ser aceptada como paradigma, una teoría debe parecer mejor que sus competidoras; pero no necesita explicar y, en efecto, nunca lo hace, todos los hechos que se puedan confrontar con ella” (Kuhn, 1962, p. 44).

the discussion of differences and for comparisons relevant to theory choice.

(Kuhn, 2000, p. 36).

La caracterización de la ciencia del positivismo lógico resulta, por tanto, problemática y sus objetivos inalcanzables. Del mismo modo que la ciencia no puede reducirse a un solo contexto (o etapa), debido a que es un proceso complejo, no se puede limitar exclusivamente a lo observacional ni considerar susceptible de ser reducida a únicamente leyes lógicas.

En definitiva, al hablar de ciencia en este estudio, me refiero a la práctica científica en su totalidad y en todas sus etapas. Considero que es más adecuado realizar este análisis de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia entendiendo esta última como un proceso continuo, en el que todas las etapas y elementos que la conforman (y no solo sus productos, por ejemplo las teorías científicas) son relevantes y pueden contribuir de forma positiva a su desarrollo.

Este reconocimiento de que la evaluación de teorías no es la única actividad científica relevante para que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos nos amplía el ámbito de estudio de la filosofía de la ciencia y nos permite comprender la ciencia como una actividad compleja, dinámica y diversa. Como sostiene el físico Fernández-Rañada (1995), para comprender la ciencia es preciso percibirla en su multiplicidad y para ello aboga por lo que denomina una concepción “multidimensional” de la ciencia:

(...) el modo multidimensional de percibir la ciencia, que la considera como algo complejo y múltiple, enraizado en los aspectos más profundos y definidores del ser humano. Tiene muchos rostros, muchas dimensiones, mira hacia muchos horizontes. Es imposible definirla por un motivo único o

principal, porque son numerosos y tienen importancia comparable.

(Fernández-Rañada, 1995, p. 36).

No podemos olvidar que, además de sus contribuciones técnicas (que nos permite construir artefactos o avanzar en el uso de la tecnología) y sus aportaciones orientadas a adquirir mayor conocimiento y comprensión del mundo, la ciencia es una actividad humana. Como tal no puede entenderse completamente desligada de las inquietudes, motivaciones, intereses, etc. de los individuos que la llevan a cabo y del contexto social en el que estos se enmarcan.¹⁴

Es cierto que la ciencia persigue el fin epistémico que es la obtención de conocimiento y que, para ello, la verdad o adecuación empírica resulta esencial. Sin embargo, este no es su único objetivo. De acuerdo con Elgin (2017), en la ciencia resultan de gran relevancia elementos (como la ejemplificación o el uso de experimentos mentales, modelos e idealizaciones) que no son estrictamente verdaderos (la autora los denomina *felicitous falsehoods*) y que aportan comprensión, otro objetivo fundamental de la ciencia.

Dado que en este trabajo analizo si las consideraciones estéticas pueden desempeñar una función en la ciencia epistémicamente justificada; esto es, si contribuyen a que la misma pueda lograr sus objetivos, es preciso hacer un inciso para especificar cuáles entiendo que son estos. Como ya he mencionado, no podemos decir que la ciencia tenga un único objetivo, porque su realidad es compleja y múltiple. No obstante, entre los objetivos que

¹⁴ Algunas otras obras en las que se defienden caracterizaciones de la ciencia similares a esta son, por ejemplo: Pickering (1992), Medawar (2008) o Marcos (2014), donde se realiza un análisis de la dimensión personal y social de la actividad científica. De acuerdo con Diéguez: “el término 'ciencia' designa tanto una actividad humana como su producto (el conocimiento científico). Tradicionalmente, la filosofía de la ciencia se ha ocupado de este último (...), pero en la actualidad el estudio de la ciencia como actividad está en auge, otorgándose cada vez más importancia a los aspectos prácticos de la investigación (experimentación, implementación tecnológica, valores, despliegue institucional, contexto social, etc.)” (Diéguez, 2005, pp. 111-112).

se suelen mencionar como principales están la adquisición de conocimiento, la acumulación de verdad o adecuación empírica y el incremento de la comprensión.¹⁵

La adquisición de conocimiento y la acumulación de verdad (o adecuación empírica) son los fines que, con mayor frecuencia, se le suelen atribuir a la ciencia.¹⁶ No obstante, en los últimos años la noción de comprensión científica ha ido ganando importancia paulatinamente, pasando a ocupar una posición decisiva a este respecto.¹⁷ Por ejemplo, De Regt (2017) sostiene que la comprensión es un valor epistémico valioso por sí mismo y uno de los objetivos de la ciencia: “understanding is not merely a psychological byproduct of explanation but in itself a central epistemic aim of science (...)” (p. 16). “We value understanding, and we value science because it provides us with understanding of the world” (p. 44).

Si bien los objetivos que he destacado son epistémicos, los valores que persiguen los científicos (y que ayudan a que logren esos fines) no tienen por qué serlo.¹⁸ Las consideraciones estéticas, como argumentaré más adelante, no tienen que desempeñar una función epistémica de forma necesaria para contribuir positivamente a la ciencia. Un ejemplo es que no resulta complicado encontrar en los testimonios de los científicos

¹⁵ Otros objetivos de la ciencia (en los que no me detengo en este trabajo porque no son relevantes para el tema que aquí me ocupa) son, por ejemplo: la resolución de problemas, la búsqueda de explicaciones, la elaboración de predicciones, el progreso científico, la difusión y transferencia, etc.

¹⁶ Enfoques como, por ejemplo, el mencionado positivismo lógico o el racionalismo de McAllister (1996), entre otros, son defensores de que el objetivo principal de la ciencia es la acumulación de éxito empírico o de verdad. Si bien esta es la tendencia general, históricamente algunos autores han propuesto alternativas, como el falsacionismo (el objetivo de la ciencia no es acumular verdades, sino eliminar errores) defendido por Popper (1972). Que el objetivo principal de la ciencia es la obtención de conocimiento se puede ver, entre otros, en Bird (2022).

¹⁷ Algunos estudios recientes que muestran esa creciente importancia de la comprensión científica son, por ejemplo, De Regt (2017), Grimm et al. (2017), Breitenbach (2020), Ivanova (2020) o Potochnik (2020).

¹⁸ Por ejemplo, estudios relevantes acerca de los valores no epistémicos en la ciencia (que, a su vez reflexionan sobre la dificultad de distinguir entre “criterios epistémicos” y “criterios no epistémicos”) son: Laudan (1984), Rooney (1992), Machamer & Wolters (2004), Elliott & McKaughan (2014) o Niiniluoto (2019).

referencias a cómo su motivación, para lo que terminó siendo un descubrimiento científico, fue de tipo estético.

En Chandrasekhar (1984) encontramos una recopilación de testimonios de diversos científicos que ejemplifican esta idea como son, entre otros, el caso de Werner Heisenberg o de Albert Michelson: “His main preoccupation throughout his life was to measure the velocity of light with increasing precision. (...) during his long career, Micheison made great discoveries derived from his delight in 'light waves and their uses'” (Chandrasekhar, 1984, p. 414).

Como adelanté en la introducción, en lo sucesivo examinaré, además de qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia, si las mismas contribuyen a que la ciencia pueda cumplir sus objetivos epistémicos. En concreto, me centraré en uno de ellos: la comprensión científica, debido a que la relación entre la estética y otros fines de la ciencia (como la acumulación de verdad/adecuación empírica) resulta más problemática y difícil de dilucidar.

La historia de la ciencia parece desmentir que exista un vínculo entre la estética (en la ciencia) y la verdad o la adecuación empírica (véase, por ejemplo: Breitenbach, 2020 o Ivanova, 2020). Específicamente, como justificaré en el apartado 4.1, teorías que se juzgaron como bellas resultaron ser falsas (y a la inversa). Con respecto a la posible relación entre estética y conocimiento comparto las ideas esbozadas en Currie (2023): un incremento de nuestro conocimiento sobre algo no supone, necesariamente, un aumento de nuestra valoración estética de ese algo; tampoco descubrir su falsedad nos hace, necesariamente, dejar de apreciarlo estéticamente. No parece existir ninguna relación necesaria entre la estética y el conocimiento, ni entre la estética y la verdad/adecuación empírica.

Una discusión todavía sin resolver en el ámbito de la ciencia y la filosofía de la ciencia es el debate entre el realismo y el antirrealismo. No voy a entrar en este debate para no alejarme del tema que ocupa. Por este motivo, utilizo de forma indistinta las nociones de verdad y adecuación empírica. En el estudio que aquí me ocupa no supone una diferencia relevante, especialmente porque, como he mencionado, aquí no voy a centrarme en este objetivo de la ciencia.¹⁹

Para concluir este apartado, entiendo que la ciencia no consiste únicamente en la elaboración y contrastación de teorías científicas, y no posee como único fin adquirir conocimiento (a diferencia de lo que sostienen autores como Bird, 2019 y 2022), sino que la comprensión resulta también fundamental. En palabras de Kosso: “Criteria for choosing theories should consider more than epistemic justification in the sense of indications that a theory is true; they should cover as well the factors that indicate a theory contributes to our understanding of the world” (Kosso, 2002, p. 40).

En definitiva, sostengo que la ciencia debe estudiarse de esta forma no reduccionista que: por un lado, presta atención a lo que sucede en todas las fases del proceso científico, reconociendo la importancia de la dimensión práctica que vertebra toda la ciencia.²⁰ Y que, por otro lado, reconoce que la ciencia no tiene un único objetivo, sino que posee varios fines. Según Potochnik: “(...) there are many diverse aims of science.

¹⁹ McAllister (1996), obra de referencia por tratarse del primer monográfico que analizó con profundidad esta cuestión, también utiliza ambas (verdad/adecuación empírica) y considera que en realidad concuerdan (y son un objetivo de la ciencia): el grado de adecuación empírica de una teoría es consecuencia del grado de cercanía a la verdad de dicha teoría (McAllister, 1996, p. 10).

²⁰ Con dimensión práctica de la ciencia me refiero a la parte de esta que engloba actividades y elementos de carácter práctico (por contraposición a la dimensión de la ciencia que se centra en las teorías científicas), como es el caso de la experimentación. Acerca de la importancia de la experimentación en la ciencia destaca, por ejemplo, la obra ya mencionada de Hacking (1983) y, de un modo más general, acerca de la importancia de estudiar la ciencia teniendo en cuenta su dimensión práctica, además de las obras mencionadas ya, se pueden consultar Steinle (2002) o Martínez et al. (2011).

-some epistemic, others non-epistemic, and still others somewhere in between- and that these diverse aims motivate different types of scientific products” (Potochnik, 2015, p. 78). A modo de ejemplo la autora señala que la comprensión es un objetivo epistémico de la ciencia, la actuación rápida es un objetivo no epistémico (*action within a short timespan*) y la predicción precisa (*accurate prediction*) es un objetivo que implica tanto elementos epistémicos como no epistémicos (Potochnik, 2015, p. 73).

Esta postura nos muestra una imagen de la ciencia menos fragmentaria que la que se deriva de una concepción como la del positivismo lógico y más acorde con lo que parece poner de manifiesto la realidad de la práctica científica. Además, nos permite estudiar las relaciones entre la ciencia y la estética con mayor profundidad (pues no rechaza de antemano que esta pueda desempeñar alguna función relevante para el progreso científico, como sí hacía la caracterización de ciencia positivista).

Atender a qué funciones puede desempeñar la estética en la ciencia teniendo en cuenta todas las fases del proceso científico permite obtener conclusiones más afines con lo que de hecho podemos observar en la práctica científica y leer en los testimonios de los científicos, como veremos con detenimiento más adelante.

2.2 Clarificación conceptual de la noción de estética

Con respecto a la noción de estética, debemos tener presente que su significado ha sido controvertido desde sus inicios. Se ha utilizado de diversas formas y haciendo referencia a elementos diferentes. En la enciclopedia de Levinson (2003) la estética se define como la rama de la filosofía orientada al estudio de la investigación conceptual y teórica sobre el arte y la experiencia estética (p. 3).²¹ Si nos remontamos al origen de esta disciplina,

²¹ El autor atribuye a la estética filosófica tres grandes ámbitos (íntimamente relacionados entre sí): uno relacionado con un cierto tipo de práctica u objeto (la creación o apreciación artística o las obras de arte),

sin embargo, no encontramos en los orígenes de la noción de estética ninguno de estos elementos.

Para Baumgarten (quien acuñó dicho término) esta no era sino la ciencia de la percepción o el conocimiento sensible; de cómo conocemos a partir de los sentidos, entendido por contraposición al conocimiento basado en objetos racionales propio de la lógica. Baumgarten utilizó el término en latín *aesthetica* que derivaba del adjetivo griego *αἰσθητικός* (formado a partir de *αἰσθησις*) referente a lo que es perceptible mediante los sentidos y estableció que su objetivo último era la belleza:

La estética (teoría de las artes liberales, gnoseología inferior, arte de pensar de forma bella, arte análogo a la razón) es la ciencia del conocimiento sensible (...) El fin de la estética es la perfección del conocimiento sensible, en cuanto tal, esto es la belleza, y debe evitarse su imperfección, en cuanto tal, esto es la fealdad. (Baumgarten, 1750/58, §1 y §14) (traducción del latín de mi autoría).

El uso de estética predominante en la actualidad comienza a extenderse a partir de la publicación póstuma de las lecturas sobre las bellas artes de Hegel (1835). Es entonces cuando el término comienza a utilizarse para designar a una filosofía del arte, en lugar de a una ciencia del conocimiento sensible (Levinson, 2003, pp. 25-26). Tradición que ha imperado durante los siglos XIX y XX. Tal y como recoge Nielsen (2005), durante estos dos últimos siglos, el horizonte cultural de la teoría estética se ha centrado en el arte y los discursos sobre su institución, y la estética se ha identificado esencialmente con la belleza artística.

otro relacionado con alguna propiedad estética (como la belleza o la gracia) y, por último, uno vinculado con un tipo de actitud, percepción o experiencia que denominamos experiencia estética.

De cualquier modo, en la literatura existente encontramos numerosas formas de entender esta noción que sitúan el énfasis en distintos aspectos como son, por ejemplo, lo sensible, las propiedades formales o el desinterés, entre otros. Actualmente, lo que denominamos estética generalmente incluye la filosofía del arte (estudio de los conceptos y problemas relacionados con las obras de arte), pero también otros elementos sin relación necesaria con lo artístico como la contemplación de la naturaleza o la experiencia estética.²²

En consonancia con Beardsley & Hospers (2007) voy a considerar como el ámbito de estudio de la estética a los objetos estéticos y las cuestiones relativas a su contemplación (p. 97). A su vez, por objetos estéticos entiendo todos aquellos (no necesariamente objetos físicos, pueden ser, por ejemplo: teorías, demostraciones, experimentos, etc.) que pueden provocar una experiencia estética y sobre los que se suelen hacer juicios atribuyéndoles valor estético (o propiedades estéticas, es decir, propiedades relevantes para el valor estético), para lo que utilizamos términos estéticos.²³

En la caracterización de esos términos estéticos (que atribuyen los juicios estéticos) sigo a Kivy (1975) y considero que son términos “finales”, es decir, términos que expresan

²² En esos casos sin relación necesaria con lo artístico podríamos cuestionarnos cómo diferenciar cuándo esa apreciación (por ejemplo de la naturaleza) es estética de cuándo no lo es. Una posible respuesta es apelar a la actitud que guía dicha contemplación: si se trata de una actitud estética, la contemplación de igual modo lo será. De acuerdo con Beardsley & Hospers (2007), la actitud estética (la forma estética de contemplar algo) se caracteriza generalmente por ser desinteresada (no persigue ningún objetivo ni se percibe aquello que se contempla como un medio para alcanzar algún fin) y por no centrarse en la utilidad de aquello contemplado. Apreciamos estéticamente aquello que contemplamos cuando adoptando una actitud estética le atribuimos valor estético. La apreciación estética va acompañada de un sentimiento de placer que puede dar lugar a una experiencia estética (aunque no lo hace de forma necesaria). Entiendo que la principal diferencia entre la apreciación estética y la experiencia estética es el carácter “transcendente” de esta última, su capacidad para abstraernos de nuestra vida cotidiana, véase la cita de Dewey (1934), pp. 32-33 (en la página 112 de este trabajo).

²³ Por ejemplo, una sinfonía es un objeto estético, normalmente realizamos juicios estéticos sobre ella (y le atribuimos, por ejemplo, belleza -un valor estético- o propiedades estéticas relevantes para ese valor estético, por ejemplo armonía y elegancia), asimismo, puede dar lugar a una experiencia estética. Además, cuando juzgamos estéticamente una sinfonía utilizamos términos estéticos y, por ejemplo, decimos que es melancólica, sentimental, evocadora, alegre, etc.

actitudes, sentimientos o evaluaciones sin invitar a nada más. A diferencia de los términos “no estéticos”, los términos estéticos son conclusivos:

Nonaesthetic descriptions invite further steps: conclusions, further trains of arguments, actions. But aesthetic descriptions are either at the same time terminating expressions of feeling (or lack of it), or attitude, or evaluation, or they invite those expressions as the next and terminating step (...). To conclude that a novel is 'unified', a painting 'garish', a poem 'sentimental', a symphonic movement 'sad', however, provides no reason for anything except continued contemplation, or an end to it. (Kivy, 1975, p. 210-211).

En cuanto a la experiencia estética, otra noción controvertida para la que no existe un consenso unánime, entiendo, de acuerdo con Shusterman (1997), que se trata de una experiencia subjetiva con significado, esencialmente agradable y gratificante.²⁴

Al igual que los términos estéticos son aquellos que no invitan a nada más, la experiencia estética es un tipo de experiencia subjetiva e intensa caracterizada por centrar nuestra atención en su presencia inmediata (es decir, que nos desconecta de cualquier cosa que no sea esa experiencia, alejándonos de la experiencia rutinaria y provocándonos una sensación de “trascendencia”). En palabras del autor, la experiencia estética es: “an experience that is valuably pleasurable, vividly felt, and subjectively savored but also one

²⁴ En Shusterman (1997) el autor analiza en detalle cómo entender la noción de experiencia estética para tratar de salvar las dificultades y los malentendidos a los que históricamente ha estado vinculada. Su análisis evidencia que estas dificultades se deben a una concepción parcial e incompleta que no tiene en cuenta todas las dimensiones de la experiencia estética, que para el autor son: la dimensión evaluativa (la experiencia estética es una experiencia disfrutable y gratificante), la dimensión afectiva (se experimenta de forma subjetiva y vívida), la dimensión fenomenológica (es una experiencia que nos “separa” de nuestra experiencia cotidiana), la dimensión semántica (es una experiencia con significado) y la función demarcatoria/definitoria (es una experiencia distintiva que tradicionalmente se ha relacionado con el arte). Para solventar estos problemas, Shusterman (1997) propone caracterizar la experiencia estética mediante una concepción como la que he adoptado aquí y que engloba todas esas dimensiones que le caracterizan (Shusterman, 1997, p.30).

that is objectively meaningful in being directed at some object of perception” (Shusterman, 2006, p. 218).

Con respecto al valor estético, a grandes rasgos, las teorías estéticas suelen dividirse en teorías subjetivistas (defienden que el valor estético de algo no viene dado por sus propiedades, sino por su relación con los consumidores estéticos) u objetivistas (las propiedades estéticas de un elemento son las que le otorgan valor estético).

No obstante, también existen propuestas que se sitúan en una posición menos radical y establecen una continuidad entre ambos polos, aunque se enmarquen bajo uno de ellos: el proyectivismo, por ejemplo, se considera un tipo de teoría estética objetivista, aunque defiende que el valor estético de un elemento no viene dado directamente por sus propiedades estéticas, sino que son los sujetos (consumidores estéticos) los que proyectan valor estético sobre dicho elemento. Sin embargo, no cualquier elemento es capaz de suscitar esa proyección de valor estético, para que esto se produzca el elemento sí que debe poseer ciertas propiedades estéticas. De acuerdo con Beardsley & Hospers:

Sin embargo, en un sentido amplio, cabe llamar objetivista a esa teoría [*proyectivista*], porque la capacidad de un objeto para producir determinado tipo de respuestas es, de hecho, una propiedad del objeto; (...) el valor estético de un objeto, sea natural o artístico, es también una propiedad, aunque la propiedad se describa sólo en términos de capacidad: es decir, la capacidad del objeto, bajo condiciones adecuadas, para producir en los observadores cierto tipo de respuesta, a saber, la respuesta estética. (Beardsley & Hospers, 2007, p. 170).²⁵

²⁵ La palabra en cursiva no forma parte de la cita original.

Como vimos hace un momento, la definición de objeto estético que propongo no se puede clasificar con facilidad como objetivista o subjetivista, debido a que incorpora elementos de carácter objetivo (las propiedades estéticas pueden aportar valor estético) y subjetivo (el sujeto puede atribuir valor estético, por ejemplo, al realizar juicios estéticos o al tener una experiencia estética).²⁶ Considero que ambas dimensiones son relevantes para comprender la estética en su totalidad, debido a que en esta entran en juego tanto elementos de carácter objetivo como de carácter subjetivo.

Además, en el estudio que aquí me ocupa, tener en cuenta únicamente los elementos objetivos o los subjetivos de la estética supondría adoptar una perspectiva demasiado parcial que limitaría el análisis de qué funciones puede desempeñar en la ciencia (puesto que, como veremos, en la ciencia encontramos que pueden desempeñar funciones positivamente relevantes tanto los elementos objetivos como los subjetivos).

Por otro lado, tradicionalmente se ha tendido a considerar que la belleza de un objeto es una muestra de su valor estético (es decir, de que resulta estéticamente valioso). Sin negar que así sea, considero que es razonable defender un pluralismo de los valores estéticos y reconocer que la belleza no es el único valor estético pues existen otros relevantes, como por ejemplo lo sublime. De igual modo, como veremos en lo sucesivo, la belleza tampoco

²⁶ Al defender que un objeto estético es aquel sobre el que se suelen realizar juicios estéticos y que puede aportar una experiencia estética, al tiempo que se caracteriza el juicio estético como un juicio que atribuye valor estético (utilizando términos estéticos, es decir, términos finales) podríamos pensar que el enfoque adoptado es de tipo subjetivista, pues somos nosotros quien atribuimos valor estético, al realizar ese juicio estético (lo que podría entenderse como una defensa de que el propio objeto no posee valor estético en sí mismo). Sin embargo, no es mi intención dotar a la definición propuesta de ese matiz. En este trabajo no tomo partido por una teoría del valor estético objetivista, subjetivista ni proyectivista, sino que pretendo establecer una definición general. Que, según la caracterización que propongo, atribuyamos valor estético a un objeto al realizar un juicio estético no significa que dicho objeto no tenga valor estético en sí mismo. Por ejemplo, si vemos una flor y decimos que es bella estamos realizando un juicio estético sobre ella y atribuyéndole valor estético, pero nada de esto implica que esa flor tenga (o no) valor estético, es decir, que sea o no bella en sí misma, independientemente de nuestro juicio.

es el único valor estético que puede desempeñar funciones positivamente relevantes en la ciencia.

Considero que esta forma de entender la estética resulta adecuada debido a que resulta lo suficientemente general como abarcar todos aquellos elementos que intuitivamente consideramos estéticos (y que no solo se dan en el ámbito de lo artístico), al mismo tiempo que excluye aquellos que normalmente no consideraríamos estéticos (como, por ejemplo, objetos cotidianos o herramientas que se utilizan al hacer ciencia o crear las obras de arte). A su vez, otra ventaja de este enfoque es que recoge tanto los elementos objetivos como los elementos subjetivos que forman parte de la estética, tal y como acabamos de ver.

Esta concepción resulta pertinente para realizar el estudio que aquí me ocupa porque puede aplicarse a los aspectos estéticos de la ciencia y nos permite analizar las funciones que puede desempeñar la estética en la misma. Entender de este modo la estética permite estudiar sus funciones en la ciencia sin impedir de antemano la posibilidad de que puedan darse (pues al no reducir lo estético al ámbito de lo artístico, no se impide la presencia de estética en la ciencia) y sin implicar que deban hacerlo de forma necesaria (pues que la estética pueda desempeñar algunas funciones en la ciencia no significa que lo haga siempre y de forma necesaria).

Que la noción de estética sea ambigua y abarque significados diferentes entre sí, no es en sí mismo algo problemático ya que no por ello deja de resultarnos útil.²⁷ Se podría objetar que, en general, la caracterización que aquí ofrezco de esta noción es demasiado vaga y, en consecuencia, vacía de significado. No obstante, mi propósito en este trabajo no es

²⁷ Debido a la complejidad de la noción de estética, Welsch (1996) propone entender este término a la luz del concepto (tomado de Wittgenstein) de parecidos de familia e incluir así todas las dimensiones y significados (relacionados entre sí) que se le suelen atribuir. De este modo sostiene que estética es un concepto que engloba lo relacionado con lo bello, con lo sensible, con el arte, con el juego, lo poético, etc. (Welsch, 1996, p. 8).

solucionar la discusión existente desde la misma aparición del término “estética” (discusión todavía sin resolver), ni establecer una definición necesaria y suficiente del mismo.

En su lugar, mi intención es aportar una caracterización que recoja los principales usos que en la práctica se hacen de esta noción (tanto en el ámbito de la estética, como en los estudios existentes acerca de la estética en la ciencia) y que aporte un marco de referencia para comparar (y evaluar) las principales aportaciones que encontramos en la literatura existente sobre el estudio que aquí me ocupa. En resumen, la caracterización de la estética (y los diferentes elementos mencionados) que propongo puede recogerse en la figura a continuación:

Figura 2

Clarificación de términos clave en el ámbito de la estética

Estética	Disciplina que estudia los objetos estéticos y las cuestiones relativas a su contemplación (Beardsley & Hospers, 2007).
Objeto estético	Objetos (no necesariamente físicos) sobre los que se suelen hacer juicios estéticos y que pueden provocar una experiencia estética (Beardsley & Hospers, 2007).
Juicio estético	Juicios que atribuyen valor estético (o propiedades estéticas) a algún objeto estético, utilizando términos estéticos.
Valor estético	El valor (generalmente positivo) de un objeto estético.
Propiedad estética	Propiedad de un objeto que resulta relevante para su valor estético (Levinson, 2003). Por ejemplo, simetría, armonía, etc.
Término estético	Términos finales (conclusivos) que atribuyen actitudes, sentimientos o evaluaciones sin invitar a nada más (Kivy, 1975).
Experiencia estética	Experiencia subjetiva con significado, esencialmente agradable y gratificante, que nos “aleja” de la vida cotidiana (Shusterman, 1997).
Actitud estética	Forma estética de contemplar el mundo caracterizada por una actitud desinteresada (no se contempla como medio para un fin, sino como fin en sí mismo) (Beardsley & Hospers, 2007).
Apreciación estética	La atribución de valor estético que se realiza tras adoptar una actitud estética y que suele ir acompañada de un sentimiento de placer.

2.3 Clarificación conceptual de la noción de comprensión científica

Como se puede advertir en Grimm et al. (2017), no existe una caracterización unívoca para la noción de comprensión científica, debido a que hay muchas formas de obtener comprensión de fenómenos y, en consecuencia, varias formas de comprensión que desempeñan una función relevante en la práctica científica.

La filosofía de la ciencia ha tendido a centrarse en la noción de explicación, excluyendo de su análisis la comprensión considerándola como parte del ámbito de estudio de los psicólogos e historiadores de la ciencia. De modo similar a lo que sucedía con lo englobado bajo el denominado contexto de descubrimiento, la filosofía de la ciencia de corte neopositivista priorizó el estudio de lo que consideró epistémico, rechazando todo lo que juzgaba como subjetivo. En este sentido, ese rechazo de la noción de comprensión estaba relacionado con su vinculación con lo psicológico: “The main reason was that Carl Hempel’s influential approach to scientific explanation denied that understanding is an epistemic aim of science, and assumed it to be a merely psychological byproduct of explanations” (De Regt, 2013, p. 505).

No obstante, en los últimos años los filósofos de la ciencia han comenzado a analizar con mayor detenimiento las relaciones entre la explicación y la comprensión y sus funciones en la ciencia. Sin negar que exista una relación entre ambas nociones, algunos autores han sostenido que la comprensión puede (y debe) analizarse con independencia de la explicación.

En Stuart (2017a), el autor realiza una distinción entre los que considera los tres tipos principales de comprensión que se puede encontrar en la literatura:

- La comprensión explicativa (*explanatory understanding*) consiste en comprender por qué algo es el caso, lo que está estrechamente vinculado con la explicación (esta es la comprensión en la se centra, por ejemplo, De Regt et al., 2009).
- La comprensión objetual (*objectual understanding*) consiste en comprender algo (sea un elemento o un conjunto de elementos relacionados). Este tipo de comprensión suele caracterizarse como captar las relaciones entre los distintos elementos que componen un cuerpo de información (por ejemplo, es la comprensión que nos encontramos en Elgin, 2009).
- La comprensión práctica (*practical understanding*) que consiste en comprender cómo hacer algo, en un sentido práctico. En términos de Elgin:

Understanding physics is not merely or mainly a matter of knowing physical truths. It involves a feel for the subject, a capacity to operate successfully within the constraints the discipline dictates or to challenge those constraints effectively. And it involves an ability to profit from cognitive labors, to draw out the implications of findings, to integrate them into theory, to utilize them in practice. (Elgin; en Stuart, 2017a, p. 529).

Esta distinción resulta destacable porque nos pone de manifiesto que, además de existir diferentes formas de caracterizar la comprensión, también existen varios tipos de comprensión (y esta distinción es aplicable a la comprensión científica). De acuerdo con Stuart (2017a), estas tres formas de comprensión son significativas para la ciencia, por lo que la epistemología y la filosofía de la ciencia deben tenerlas en consideración (en lugar de centrarse especialmente en la comprensión explicativa, lo que han tendido a hacer tradicionalmente).

De Regt et al. (2009) se centran especialmente en la comprensión explicativa. En esta obra, la comprensión científica se vincula con la noción de cognición. Aunque

comprensión y explicación están relacionados, son elementos diferentes, por lo que la primera se define como un logro cognitivo que aporta a los científicos un beneficio añadido al que podrían obtener a partir de las explicaciones. Por este motivo, De Regt (como vimos en la cita de la página 37) considera la comprensión un objetivo epistémico de la ciencia, en lugar de como un subproducto de la explicación sin interés para la misma.

La comprensión requiere un sujeto cognoscitivo: una teoría T puede explicar un fenómeno, pero solo podemos afirmar que una teoría produce comprensión si entra en juego un sujeto S, que es quién comprende. Sin embargo, nada de esto implica que la comprensión ponga en riesgo la objetividad de la ciencia, ni que se trate de un elemento puramente subjetivo con interés únicamente desde el punto de vista psicológico (De Regt, 2017, p. 19).²⁸

Con respecto a la comprensión objetual y la comprensión práctica, la caracterización de Elgin resulta adecuada debido a que, como afirma Diéguez (2013), es general y resulta cercana a los casos prácticos. La definición de comprensión que más se ajusta a la comprensión que Stuart denomina objetual es la que se centra en el carácter relacional de la comprensión y sostiene que:

I suggest that understanding is a grasp of a comprehensive general body of information that is grounded in fact, is duly responsive to evidence, and

²⁸ De Regt señala que considerar que la comprensión pone en riesgo la objetividad de la ciencia supone malinterpretar la noción de objetividad (y asumir que implica rechazar todo tipo de valores): “this complaint is based upon a misguided conception of objectivity. In the traditional view, objectivity is interpreted in the sense of exclusion of any kind of values from the reasoning process. (...) However (...) this strong interpretation of objectivity is unattainable and unfruitful as a condition for (evaluating) science” (De Regt, 2017, p. 41). Asimismo, para el autor, la comprensión científica no implica subjetividad pues además de lo individual require de procesos sociales: “scientific understanding is a community achievement: scientific progress is possible only if there is shared understanding within a community, which requires communication between scientists and shared standards of intelligibility” (De Regt, 2017, p. 141).

enables non-trivial inference, argument, and perhaps action regarding that subject the information pertains to. (Elgin, 2009, p. 327).

La unidad principal de la comprensión, para la autora, son los cuerpos unificados, integrados y coherentes de información. Del mismo modo que en los otros tipos de comprensión (práctica y explicativa), en la comprensión objetual el sujeto cognitivo desempeña un papel fundamental: comprender es una relación cognitiva de un sujeto con un cuerpo de información coherente y comprensivo.

No obstante, no cualquier conjunto de compromisos cognitivos genera comprensión (por ejemplo, un conjunto de creencias falsas e infundadas no lo hará), lo que no significa que la comprensión sea fáctica.²⁹ De acuerdo con Elgin, las falsedades también pueden aportar comprensión en la medida que ejemplifican características que comparten con los hechos (lo que supone una diferencia fundamental entre la comprensión y el conocimiento).

En general, lo que tienen en común la mayoría de las propuestas recientes con respecto a la comprensión (independientemente de a qué tipo de comprensión se refieran) es la defensa de que se trata de un logro cognitivo valioso por sí mismo (que nos aporta un valor adicional al del conocimiento) y que requiere de un sujeto cognoscitivo. Esta dimensión activa del sujeto, quien entre otras cosas “capta” relaciones entre conexiones,

²⁹ Si la comprensión es o no fáctica es otra cuestión irresoluta de la que podemos encontrar discusión en la actualidad. La comprensión es fáctica si es necesario que p sea verdadero para poder afirmar que un sujeto comprende p. Para no alejarme del tema que aquí me ocupa no voy a entrar en detalles y voy a considerar, siguiendo a autores como Elgin (2007) y (2009), Diéguez (2015) o De Regt (2017), que la comprensión (al menos la comprensión objetual) no es fáctica (a diferencia del conocimiento). En palabras de Elgin: “To understand a topic involves knowing how to wield one’s commitments to further one’s epistemic ends. It involves being able to draw inferences, raise questions, frame potentially fruitful inquiries, and so forth. Since some of the commitments are likely to be felicitous falsehoods and others to be methodological or normative commitments that are not truth apt, understanding is not factive” (Elgin, 2017, p. 3). Para una defensa de que la comprensión es fáctica véase, por ejemplo, Khalifa (2017) o Hannon (2021) y para un estado actualizado de la cuestión Grimm et al. (2017) y Gurova (2022). En este último, la autora sostiene que ambas posturas no están, en realidad, tan alejadas debido a que en la actualidad parecen acercarse a converger a través de la noción de efectividad, noción que emplean los defensores de que la comprensión no es fáctica (como los mencionados De Regt o Gijsbers, por ejemplo en: De Regt & Gijsbers, 2017, p.55) y otros autores defensores de que sí es fáctica o “casi fáctica” (como Khalifa, 2017, p. 170).

se ve con claridad en las definiciones de comprensión científica elaboradas por Elgin (2009) y De Regt et al. (2009).

De este modo, se puede advertir que existen elementos en común a esos tipos de comprensión lo que podría hacer posible adoptar una noción general que los englobe (sin necesidad de reducirlos o subordinarlos unos a otros). Esto es lo que haré en este trabajo. Adopto una noción general de comprensión por unificación: la comprensión de un dominio de fenómenos es la captación de las conexiones que existen entre los fenómenos que conforman ese dominio (Gijssbers, 2013, p. 521).

Considero que esta captación de las conexiones entre las ideas es una de las características clave de ese “beneficio epistémico añadido” que aporta la comprensión al conocimiento (y que tiene algo que ver con ese componente relacional que Elgin, 2009 atribuye a la comprensión científica: comprender una proposición o un fenómeno deriva de comprender el cuerpo de información en el que se integra, así como las relaciones que existen entre los elementos componentes).

En dicho artículo, Gijssbers reconoce que existen diferentes tipos de comprensión y sostiene que su caracterización es aplicable, por lo menos, a dos de ellos: la comprensión explicativa y la comprensión objetual (utilizando los términos de Stuart, 2017a). Aunque el autor no lo menciona explícitamente, podríamos concebir que esta concepción resulta también aplicable al tercer tipo de comprensión que mencioné con anterioridad: la comprensión práctica.

En la cita de Elgin que Stuart aporta como ejemplo de comprensión práctica (Elgin; Stuart, 2017a, p. 529) que vimos en la página 49, se puede apreciar como este elemento unificador puede estar presente asimismo en esos casos en los que un sujeto comprende en un sentido práctico.

De una forma más general, sostengo que este componente unificador resulta un elemento clave de la comprensión (lo que engloba los tres tipos de comprensión mencionados con anterioridad), incluso aunque adoptemos una definición diferente de la misma. Por ejemplo, en la introducción de Grimm et al. (2017) se puede advertir ese carácter unificador de la comprensión, a pesar de que los autores no adoptan una noción de comprensión basada en la unificación en la línea de Gijsbers (2013):

So achieving understanding seems an additional step forward, and we would not take this step if it did not have some additional value. Furthermore, knowledge may easily be acquired through the testimony of experts; understanding, by contrast, seems more demanding and requires that an epistemic agent herself puts together several pieces of information, grasps connections, can reason about causes, and this too suggests an added value.

(Grimm et al., 2017, p. 3).

Además, esta caracterización general de comprensión resulta apropiada debido a que cuenta con el respaldo de la evidencia empírica, ya que encontramos referencias a esta captación de conexiones en los testimonios de los científicos, como veremos más adelante. En las obras que consideraré en lo sucesivo para analizar las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia subyace una noción de comprensión como unificación muy similar a esta.

Una ventaja más de esta caracterización es que mediante ella es posible analizar las relaciones que existen entre la estética y la ciencia de manera más detallada debido a que, como expondré con mayor detalle en el capítulo 4, esta caracterización revela una conexión relevante entre la comprensión y la apreciación estética: en ocasiones los científicos, al captar esas conexiones entre ideas obtienen comprensión y también, precisamente debido a esa unificación, le atribuyen valor estético. No obstante, esto no

significa que la comprensión siempre (y de forma automática) se juzgue de forma estética, ni tampoco que la estética aporte por sí misma comprensión científica. Más adelante aclararé en qué situaciones la comprensión científica se juzga de forma estética.

Una posible crítica a esta concepción de comprensión como unificación es la que se plantea en De Regt (2017) y consiste en señalar la posibilidad de que se produzca comprensión, sin unificación. De este modo, sostiene que la unificación no puede ser el único criterio para la comprensión científica ya que es simplemente “una de las herramientas” que aporta comprensión, pero no la única (De Regt, 2017, pp. 56-57).

Sin embargo, si bien es cierto que la unificación no es el único criterio para la comprensión, la crítica anteriormente mencionada no afecta a la caracterización general de Gijsbers. De hecho, como he mencionado con anterioridad, el autor reconoce que hay distintos tipos de comprensión y formula su definición de un modo lo suficientemente amplio como para ser aplicable a todos ellos.

Tal y como Gijsbers (2013) señala, su caracterización es una formulación general que permite dar cuenta de al menos dos tipos distintos de comprensión: la comprensión que se basa en la explicación (que para él consiste en el conocimiento de las relaciones de determinación entre fenómenos) y la comprensión que se basa en la unificación (consistente en el conocimiento de las relaciones de parentesco entre fenómenos, lo que Stuart, 2017a denomina comprensión objetual):

This investigation led us to the formulation of a general theory of understanding. According to this theory, understanding of a domain *D* of phenomena is knowledge of which connections exist between the phenomena in *D*. This theory is broad enough to include both the vertical connections that

we associate with causation and explanation, and the horizontal connections that we associate with unification. (Gijsbers, 2013, p. 521).

Asimismo, Gijsbers acepta el enfoque De Regt, lo que evidencia que no resulta incompatible con el suyo (véase, por ejemplo, Gijsbers, 2013, p. 519 o De Regt & Gijsbers, 2017). Realizada la clarificación conceptual de las nociones de ciencia, estética y de comprensión científica, en el capítulo siguiente comenzaré con el estudio de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia.

3. Las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia

Es preciso señalar que cuando hago referencia a las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia aludo a las diversas funciones que diferentes partes de la estética (véase la figura 2, página 47) pueden desempeñar en la práctica científica.

Como ya he adelantado y desarrollaré en lo sucesivo, la mayoría de estas funciones son epistémicas, pero no es necesario que lo sean y con epistémico no me refiero a aquello que aporta verdad o adecuación empírica, sino a lo que proporciona comprensión. En el capítulo siguiente justificaré que es precisamente ese vínculo con la comprensión el que hace que estas consideraciones estéticas, además de ser relevantes para la ciencia en un sentido positivo, puedan contribuir a que alcance sus objetivos epistémicos.

Para facilitar la exposición he clasificado estas funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia, atendiendo a qué aspecto específico de la estética predomina en cada una de ellas. La clasificación es tentativa y no pretende ser algo definitivo, pues la estética puede desempeñar más funciones de las que recojo aquí y los mismos elementos pueden desempeñar diversas funciones. Esta clasificación no pretende ser exhaustiva ni rigurosa con respecto a la realidad de la práctica científica, sino simplemente resultar de utilidad en la argumentación.

Figura 3

Principales funciones de la estética en la ciencia

Elementos	Funciones más importantes que suelen desempeñar en la ciencia
Propiedades estéticas (como la simplicidad, la simetría, etc.). ³⁰	Principalmente contribuyen a la elección entre teorías científicas rivales (pueden desempeñar también otras funciones, como servir de motivación).
Valores estéticos (como, por ejemplo, lo sublime o la belleza).	Contribuyen a la elección entre teorías científicas. Sirven como guía y motivan a las personas para dedicarse a la ciencia, para comprender, para desarrollar teorías, para comprender fenómenos, etc. Permiten la apreciación estética de la ciencia y pueden provocar una experiencia estética Contribuyen a la transferencia de la ciencia (haciéndola más atractiva en la divulgación o la educación científica).
Objetos estéticos (como el acto creativo o el acto imaginativo). ³¹	La creatividad contribuye a la creación de teorías científicas, experimentos, hipótesis, etc.; y a la comprensión del mundo (por ejemplo, mediante experimentos mentales). La imaginación contribuye a la organización de conceptos, información disponible, a la elaboración de explicaciones, a la obtención de comprensión, etc. (por ejemplo, mediante metáforas).
Actitud estética (como, por ejemplo, la que tiene lugar en el “juego”). ³²	Posee una función motivacional y puede contribuir al descubrimiento de nuevos fenómenos, hipótesis, explicaciones, etc.

En lo sucesivo voy a considerar, en primer lugar (apartado 3.1) la función de la estética a la que la filosofía de la ciencia (hasta hace algunos años) ha otorgado más peso: su contribución a la evaluación de teorías científicas. En el estudio de esta función, la parte de la estética que obtendrá mayor relevancia serán las propiedades estéticas.

³⁰ Como mencioné en el apartado 2.3, entiendo que las propiedades estéticas son aquellas propiedades relevantes para el valor estético (Levinson, 2003, p. 6). No obstante, como he mencionado, no pretendo adoptar un enfoque exclusivamente objetivista: que las propiedades estéticas sean relevantes para el valor estético de algo no significa que este resida únicamente en ellas. Con respecto a las propiedades mencionadas: Aunque existe discusión al respecto (véase, por ejemplo: McAllister, 1996, pp. 39-40; Zellner et al., 2001; o Baker, 2022), la **simplicidad** suele entenderse en relación al principio de Ockham y análoga al concepto de “elegancia”. Generalmente, se considera que una teoría científica es simple cuando evita “multiplicar los entes sin necesidad”, ya sea porque no requiere de un gran número de hipótesis, ni estas son complejas (simplicidad sintáctica) y/o no postula un número excesivo de entidades (simplicidad ontológica) (Baker, 2022). Acerca de la **simetría**, es frecuente considerar que una estructura es simétrica si permanece invariable tras ciertas transformaciones. Para más información véase Weyl (1952) o McAllister (1996), pp. 41-44.

³¹ En el apartado 3.2 argumentaré (y mostraré algunos ejemplos que lo justifican) por qué considero que la creatividad y la imaginación pueden ser objetos estéticos.

³² En el apartado 3.3 argumentaré (y justificaré, aportando también ejemplos) que la actitud propia del juego puede considerarse una actitud estética.

A continuación, en el apartado 3.2 me centraré en las funciones que pueden desempeñar en la ciencia dos objetos estéticos específicos: el acto creativo y el acto imaginativo. Según la definición de objeto estético que establecí en el apartado 2.2, podemos considerar que creatividad e imaginación son objetos estéticos: como sostendré, en ambos casos (tanto con los actos creativos, como con los actos imaginativos) se cumple que pueden provocar una experiencia estética y que los científicos suelen realizar juicios estéticos sobre ellos, atribuyéndoles términos finales.

En el apartado 3.3 me detengo en cómo algunos elementos (en específico: algunas propiedades estéticas -la simetría y la armonía-, valores estéticos -la belleza- y la actitud estética que caracteriza el juego) pueden desempeñar una función motivacional en la ciencia.

3.1 Las propiedades estéticas en la evaluación entre teorías rivales

Las propiedades estéticas poseen relevancia en la ciencia, por lo que una gran parte de la literatura existente acerca de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia se ha centrado en ellas. Las personas que se dedican a la ciencia pueden basarse en las propiedades estéticas para seleccionar qué fenómenos estudiar, para elaborar hipótesis, contrastar teorías rivales e incluso decidir su compromiso con una teoría. A modo de ejemplo, el físico Paul Dirac dijo, en relación con la teoría de la relatividad general que su belleza era una de las principales razones para confiar en ella:

It is the essential beauty of the theory which I feel is the real reason in believing in it. This must dominate the whole future development of physics. It is something which cannot be destroyed, even if there are experimental discrepancies turning up in the future. (Dirac, 1980, p. 10).

Por este motivo, generalmente la literatura existente ha atribuido un carácter epistémico a las propiedades estéticas de las teorías científicas, argumentando o bien que existe un vínculo entre ellas y la verdad (o la adecuación empírica); o bien apelando a su capacidad de aportar comprensión. Veremos estas dos opciones en el capítulo siguiente, cuando examinemos si estas consideraciones estéticas son relevantes y están epistémicamente justificadas en la ciencia (y, como ya he adelantado, defenderé que la comprensión es un criterio más adecuado para responder afirmativamente).

Hay que matizar que, a pesar de que estamos hablando de las propiedades estéticas en la ciencia, en la cita que acabamos de ver Dirac habla de la belleza, lo que en el apartado 2.2 consideré un valor estético, en lugar de una propiedad estética. He incluido las referencias a la belleza en la evaluación de teorías en este apartado dedicado a las propiedades estéticas debido a que la diferencia entre propiedad estética y valor estético no es, en este caso, tajante (en la literatura existente se puede apreciar que los autores hacen referencia a esta noción de ambas formas).

A falta de una forma sistemática de utilizar la noción de belleza, algunos autores hacen referencia a ella como si se tratase de una propiedad estética (por ejemplo Zangwill, 2001), mientras que otros (sin especificar qué tipo de elemento es) utilizan este término en una estrecha relación con las propiedades estéticas (por ejemplo, al definir la belleza mediante propiedades estéticas, como la armonía o la unificación, o al afirmar que los científicos juzgan como bella una teoría al advertir en ella propiedades estéticas).

Es por este motivo que comenzaré este apartado realizando una breve referencia a la belleza y evaluaré a qué se hace referencia cuando se afirma que la belleza desempeña una función en la evaluación de teorías científicas. Posteriormente, examinaré cuáles son las principales propiedades estéticas que se suelen tener en cuenta cuando se estudia la

función de estas en la ciencia (centrándome en McAllister, 1996) y, a continuación, me detendré en cuál es esa función.

En el ejemplo que hemos visto hace un momento, Dirac apela a la belleza como uno de los criterios principales que debe guiar la elección entre teorías científicas, pero ¿a qué se refiere con belleza en ese contexto?

De acuerdo con Hutcheson, podemos considerar que la belleza a la que se hace referencia en la ciencia tiene que ver con una uniformidad entre la variedad que se puede dar tanto en el mundo (el objeto de estudio de las ciencias), como en las teorías, teoremas, etc. (herramientas mediante las cuales el científico estudia el mundo):

The figures which excite in us the ideas of beauty seem to be those in which there is uniformity amidst variety. (...) The same foundation we have for our sense of beauty in the works of nature. In every part of the world which we call beautiful there is a surprising uniformity amidst an almost infinite variety. (Hutcheson, 1973, pp. 40-41).

Aunque Dirac no especifica a qué se refiere con belleza en el ámbito de la ciencia, en la cita que he mencionado hace un momento podemos encontrar algunas ideas que nos remiten a esta concepción de unidad en la diversidad. El físico considera que el principal motivo por el que aceptamos la teoría de la relatividad general de Albert Einstein es su carácter estético y, a su vez, atribuye la belleza de dicha teoría a su capacidad de describir una fuerza física (la gravitación) en términos de propiedades del espacio:

The real foundations come from the great beauty of the theory. They come from the circumstance that Einstein has introduced new ideas of space which are extremely exciting, very elegant, and these ideas will survive no matter what the future brings before us. (Dirac, 1980, p. 10).

Las personas que se dedican a la ciencia suelen considerar la teoría de la relatividad general de Einstein bella, entre otras cosas, en tanto que les permite describir y explicar conceptos físicos (el espacio-tiempo y la materia) aparentemente desconectados entre sí mediante una misma teoría unificadora. Podemos encontrar referencias muy similares a la unificación como criterio estético en la ciencia en obras de otros autores como Henri Poincaré (1914), para quien el principal motivo por el que la ciencia estudia la naturaleza es el placer que se obtiene debido a su belleza, entendiendo esta última como “the harmonious order of its parts, and which a pure intelligence can grasp” (Poincaré, 1914, p. 22) (véase la cita completa en la página 80).

Otra caracterización de la belleza en la ciencia bastante similar se puede encontrar en la obra de Heisenberg, quien hace referencia a la conformidad de las partes de una teoría (entre ellas y con respecto al conjunto) para hacer referencia a lo que caracteriza la belleza en las teorías científicas:

The aesthetic quality of coherence and interconnection matches what physicists often mean when they describe theories as beautiful. Heisenberg, for example, in a chapter titled 'The Meaning of Beauty in the Exact Sciences' specifies the relevant aesthetic concept to be, 'Beauty is the proper conformity of the parts to one another and to the whole'. (Kosso, 2002, p. 41).

Esto, en términos generales, se asemeja a las concepciones vistas en los ejemplos anteriores (recordemos que Poincaré hace referencia al orden armónico de las partes). Esta noción de belleza es una caracterización tradicional de la misma que podemos encontrar tanto en la estética (véase, por ejemplo, Tatarkiewicz, 1976, p. 157), como en la ciencia, tal y como ponen de manifiesto los ejemplos que acabo de mencionar.

Con respecto a las propiedades estéticas, McAllister (1996) sostiene que a la hora de elegir entre teorías rivales los científicos preferirán a aquellas que exhiban propiedades estéticas (aunque no especifica cómo entiende este término). Esto no significa que las teorías científicas posean valor estético simplemente por contar con ciertas propiedades. Para McAllister la clave está en que son los científicos quienes proyectan valor estético a determinadas teorías científicas, tras advertir en ellas esas propiedades estéticas.³³ En palabras del autor: “scientists pass aesthetic judgments on theories in response to the properties that they perceive in the theories. Upon perceiving particular properties in a theory, a scientist projects beauty into it” (p. 33).

Algunas de las propiedades estéticas que señala McAllister en su obra son³⁴:

- La **simetría** (las teorías científicas con la propiedad de ser simétricas conservan su contenido invariable, aunque se les apliquen ciertas transformaciones a sus componentes conceptuales). Algunos ejemplos de distintas formas de simetría en teorías científicas son las ecuaciones de James Clerk Maxwell en la electrodinámica clásica, la teoría de la relatividad general de Albert Einstein y la teoría de Louis-Victor De Broglie (McAllister, 1996, pp. 43-44). La simetría es una de las propiedades a las que con mayor frecuencia

³³ Esto se explica porque McAllister adopta un enfoque de tipo proyectivista acerca de la estética: el valor estético no reside en el objeto juzgado, sino que el sujeto lo proyecta sobre el mismo cuando lo evalúa estéticamente. Un sujeto no puede atribuir valor estético a cualquier objeto, es preciso que este posea ciertas propiedades intrínsecas (las que denomina propiedades estéticas) (McAllister, 1996, pp. 32-34).

³⁴ McAllister no establece una definición precisa de lo que entiende por propiedad estética y en su lugar simplemente menciona dos criterios para reconocer cuando ciertas propiedades de las teorías científicas son estéticas (1996, pp. 35-38): 1) una propiedad P de cierta teoría es estética si los científicos pertenecientes a diversas disciplinas la reconocen públicamente como tal (por ejemplo, declarando que le otorgan valor estético o que le aplican términos que normalmente se utilizan en la apreciación estética: pueden ser placentera, bella, elegante, etc.). Y 2) si una teoría científica cualquiera T es más “apta” que sus teorías rivales en virtud de poseer la propiedad P, entonces esta es estética (por una teoría apta McAllister está entendiendo una teoría cuyas partes componentes se encuentran adecuadamente interrelacionadas formando un todo). Esta caracterización no está exenta de problemas, como señala (entre otros) Todd (2008).

se suele hacer referencia de forma estética en la ciencia (por ejemplo, véase: Weyl, 1952; Osborne, 1986 o Zee, 1986).

- **La capacidad de invocar un modelo** (mediante modelos una teoría científica puede establecer una analogía entre el dominio de fenómenos que pretende describir o explicar y otro dominio de fenómenos que, generalmente, resulta más fácil de comprender). Para McAllister, esta es una propiedad estética, debido a que el razonamiento mediante analogías pone de manifiesto la presencia de unidad en la diversidad (una preocupación clásicamente estética, como acabamos de ver) y a que, generalmente, este tipo de analogías son fuente de placer estético (tanto en el ámbito del arte, como en la ciencia). Un ejemplo que aporta el autor es la analogía con el sistema solar que propone la teoría del átomo de Ernest Rutherford: el núcleo del átomo se hace corresponder con el sol y los planetas a su alrededor se identifican con los electrones.

Sin rechazar que la unidad en la diversidad sea relevante para juzgar estéticamente el ejemplo propuesto, no comparto con McAllister que la capacidad de invocar un modelo sea una propiedad estética (siguiendo la definición que establecí en 2.2, esta propiedad no es relevante para el valor estético). Considero que lo que el ejemplo de Rutherford (una metáfora) nos pone de manifiesto es que solemos atribuir valor estético al uso de metáforas (y, en general, a los actos creativos) en la ciencia, lo que justificaré en el apartado 3.2.

- **La visualización** (mediante imágenes mentales algunas teorías postulan estructuras visualizables que guían la comprensión de algunos fenómenos). Por ejemplo, el universo (finito, sin límites y en expansión) puede visualizarse como un globo que se infla o el ADN como una escalera en espiral (McAllister, 1996, p. 51). Estos ejemplos son relevantes, porque ponen de manifiesto que las imágenes mentales sí se pueden juzgar de forma estética (como ya he adelantado, defenderé en 3.2 que los actos imaginativos son

objetos estéticos, la visualización, en tanto que formación de imágenes mentales, puede considerarse un acto imaginativo).

- **Compromiso metafísico y consistencia con las presuposiciones metafísicas.** Aunque este criterio no suele considerarse de carácter estético, McAllister defiende que el compromiso que exhibe una determinada teoría científica con una visión metafísica de mundo es una de sus propiedades estéticas. Sin embargo, resulta controvertido considerar que esto sea una propiedad estética. Autores como Davies (1998) o Todd (2008) han rechazado esta posición y, según la definición que he adoptado aquí, no parece que el compromiso metafísico de una teoría sea una de sus propiedades estéticas (pues no resulta convincente que este sea relevante para su valor estético).

Si nos centramos en la función de estas propiedades estéticas en la elección de teorías, ¿en qué se basa la preferencia de los científicos por las teorías que las exhiben? Para dar respuesta a esta cuestión, McAllister propone lo que denomina “la inducción estética”. A su modo de ver, las propiedades estéticas sirven a los científicos para elegir entre teorías debido a su relación con el éxito empírico. Si un científico, examinando la historia reciente, advierte que las teorías pasadas que gozaron de mayor éxito empírico exhibían una determinada propiedad estética (por ejemplo, eran teorías visualizables) mediante la inducción estética (una proyección inductiva) podrá conjeturar que en el futuro las teorías con esa misma propiedad serán igualmente exitosas.

De este modo, McAllister defiende que las propiedades estéticas desempeñan una función relevante en la elección de teorías. Volveremos con mayor detenimiento sobre esta cuestión en el siguiente capítulo, cuando analice cuál es la justificación epistémica que los diferentes autores sitúan sobre las consideraciones estéticas que se dan en la ciencia, y veremos que la inducción estética no es un concepto exento de problemas. En el apartado 4.1 también consideraré Montano (2014), una propuesta acerca de las

consideraciones estéticas en la evolución de teorías basada en la propuesta en McAllister (1996), pero que revisa y corrige el concepto de inducción estética.

No todos los autores que han estudiado cómo las propiedades estéticas contribuyen a la elección entre teorías científicas han defendido una relación entre aquellas y la verdad o el éxito empírico. En su artículo, O'Loughlin & McCallum (2019) defienden que la estética desempeña un rol relevante en la ciencia, pero que esta función no puede reducirse a lo epistémico. Los autores entienden epistémico como orientado a la verdad y, por eso motivo, rechazan que la ciencia deba verse como exclusivamente epistémica, para lo que se apoyan en Laudan y su defensa de que “science is neither exclusively nor principally epistemic” (Laudan, 2004, p. 15).

Partiendo de que en la ciencia no sólo son relevantes los valores epistémicos (orientados a la verdad/adecuación empírica), sostienen que en la misma existen consideraciones estéticas con una función relevante (y no epistémica). A su modo de ver, la mayoría de los autores que han estudiado la función de la estética en la evaluación de teorías reducen, en última instancia, los criterios estéticos a criterios epistémicos (pues parten de que lo único relevante para la ciencia es lo epistémico). Esto les parece problemático porque lo consideran susceptible de reducir los juicios estéticos a, en términos de Todd (2008), “juicios epistémicos encubiertos” (juicios con apariencia de juicios estéticos, pero que en realidad no lo son).

En cambio, arguyen que sí existen criterios “genuinamente” estéticos en la ciencia (lo que para ellos significa criterios no reducibles a lo epistémico) y se basan en propiedades estéticas como la fecundidad y la coherencia interna. Para O'Loughlin & McCallum, estas propiedades (que son estéticas porque se dan en el ámbito artístico) intervienen en la ciencia y lo hacen de un modo similar a como lo hacen en el arte. La evaluación de teorías

científicas y de obras de arte, en base a estas propiedades, es similar, por lo que consideran que esta es una genuina función estética en la ciencia.

No comparto la caracterización de estética de los autores, pues considero que reduce en gran medida lo estético a lo artístico, como sucede en el caso de Todd (2008). Aun así resulta interesante de este enfoque la defensa de que las funciones que desempeña la estética en la ciencia no tienen por qué ser necesariamente funciones vinculadas con la verdad o la adecuación empírica.³⁵

Sin embargo, considero más adecuada una concepción de epistémico más amplia que la que adoptan los autores, que incluya no solo verdad (o adecuación empírica), sino también otra noción tan relevante como la comprensión, un concepto clave para la epistemología por tratarse de un logro cognitivo valioso por sí mismo y que contribuye (en el sentido de que aporta algo) al conocimiento (como sostuve en el apartado 2.3).

En el estudio que aquí me ocupa, si no reducimos lo epistémico a la obtención de verdad/adecuación empírica, no resulta problemático afirmar que las consideraciones estéticas pueden desempeñar una función epistémica en la ciencia (lo que, como ya he mencionado con anterioridad, no significa que la estética que se da en la ciencia deba desempeñar una función epistémica de forma necesaria).

En capítulos posteriores defenderé que las consideraciones estéticas pueden desempeñar una función epistémica en la ciencia, en tanto que son indicadoras de

³⁵ Los autores sostienen que los criterios estéticos solo desempeñan una función genuinamente estética en la ciencia cuando no poseen carácter epistémico. Arguyen que en la elección de teorías, los criterios que tradicionalmente se consideran estéticos (como, por ejemplo, la simetría) pueden no serlo, si su función es además epistémica (O'Loughlin & McCallum, 2019). Como ya he mencionado y defenderé más adelante, discrepo de los autores en este punto, puesto que de acuerdo con autores como Kosso (2002), Elgin (2007), Cellucci (2015), Breitenbach (2020) o Ivanova (2020), sostengo que la estética puede desempeñar una función epistémica en la ciencia (si bien es cierto que con "epistémico" no solo hago referencia a aquello que conduce a la verdad/adecuación empírica, sino que también incluyo la comprensión) sin perder por ello el carácter estético.

comprensión (sin que esto ponga en cuestión el carácter genuinamente estético de dichas consideraciones).

En definitiva, la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia nos ponen de manifiesto que las propiedades estéticas desempeñan una función en la elección de teorías científicas. Los científicos se dejan guiar por estas para elegir entre teorías rivales, como ponía de manifiesto, por ejemplo, la cita del físico Dirac (en la página 58).

Si se adopta un enfoque como el de McAllister (1996), las consideraciones estéticas son juicios que atribuyen valor estético a una teoría y que el científico realiza tras haber advertido en la misma ciertas propiedades estéticas (simetría, simplicidad, etc.). La preferencia por teorías con esas propiedades tiene que ver con la correlación que existe entre ellas y el éxito empírico de las teorías. Como veremos en el apartado 4.1, para McAllister esto es garante de su relevancia (y de su justificación epistémica) en la ciencia.

No obstante, esta obra no está falta de dificultades y las examinaré en el capítulo siguiente. Como alternativa al enfoque de McAllister (1996), consideraré otras propuestas que basan la justificación epistémica de la estética en la ciencia en la noción de comprensión, en lugar de en su vínculo con el éxito empírico. Que las consideraciones estéticas de las teorías no estén ligadas con la verdad de esta no implica que sean irrelevantes para la ciencia, ni implica que su función no sea de carácter epistémico.

3.2 La imaginación y la creatividad en la ciencia

Aunque la filosofía de la ciencia tradicional no solía tener en cuenta aspectos como la creatividad o la imaginación cuando estudiaba la ciencia, en los últimos años estas nociones están recibiendo un creciente interés. Los estudios apuntan a que creatividad e imaginación pueden desempeñar funciones relevantes en la ciencia (Kieran, 2019; Levy & Godfrey-Smith, 2020). Por ejemplo, como defenderé a continuación, la creatividad

resulta, a menudo, clave para poner experimentos en práctica y elaborar nuevas teorías científicas.

En primer lugar, especificaré cómo entiendo las nociones de imaginación y creatividad y, a continuación, justificaré por qué considero que el acto imaginativo y el acto creativo son objetos estéticos.³⁶ Por último, analizaré cuál es su función en la ciencia, para lo que me basaré en la literatura existente al respecto y en ejemplos extraídos de la historia de la ciencia.

Aquí con “imaginación” estoy haciendo referencia a la habilidad de visualizar (formar imágenes en la mente) elementos que no están presentes o que son imposibles o contra fácticos. Y con “creatividad” me refiero a la habilidad de crear nuevas estructuras a partir de otros elementos y de producir ideas originales y novedosas.³⁷ Ambos conceptos están estrechamente vinculados, aunque exactamente de qué manera es una cuestión para la que no existe una respuesta unánime.

Por ejemplo, Gaut sostiene que la imaginación y la creatividad están estrechamente vinculadas, pero la relación entre ambas no es necesaria. La posibilidad de que en algunos casos los actos creativos no requieran de la imaginación (y a la inversa) es suficiente para

³⁶ Entiendo que el acto creativo y el acto imaginativo son las acciones fruto de poner en práctica las capacidades que son la creatividad y la imaginación. Estas nociones (acto creativo y acto imaginativo) no son de mi invención y se pueden encontrar en la literatura existente. Véase, por ejemplo, sobre el acto creativo: Bronowski, (1956) o Koestler (1967), quien sostiene que: “The creative act consists in combining previously unrelated structures in such a way that you get more out of the emergent whole than you have put in” (Koestler, 1967, p. 1). Y sobre el acto imaginativo, por ejemplo, Savojardo (2022) sostiene: “we avoid reducing the imaginative act to an empty exercise in fantasy, acknowledging the epistemic value of scientific imagination as a guide towards a new knowledge of the world (...)” (nota al pie número 4).

³⁷ Ambas nociones son controvertidas y existen numerosas discusiones en los ámbitos de la filosofía de la ciencia y la epistemología acerca de cómo deben caracterizarse con precisión. Para más información acerca de esta problemática véase, sobre la creatividad: Krausz et al. (2009), Hills & Bird (2019) o Sánchez-Dorado (2020). Y acerca de la imaginación, por ejemplo: Kind (2017), Levy & Godfrey-Smith (2020) o Liao & Gendler (2020).

afirmar que ambos conceptos no están interrelacionados de forma necesaria y que, por lo tanto, pueden darse de forma independiente entre sí.

Para ilustrar esta tesis Gaut menciona casos de actos creativos en los que la imaginación no entra en juego: “The chemist Friedrich von Kekulé, who claimed that he discovered the ring structure of the benzene molecule by dreaming in front of his fire of snakes devouring their own tails” (Gaut, 2003, p. 155). Y también casos en los que la imaginación no es un acto creativo: “Fantasising is a kind of imagining, but is rarely creative” (Gaut, 2003, p. 155).

No obstante, Beaney (2010) considera que la justificación de Gaut de que existen actos creativos en los que no interviene la imaginación no es satisfactoria debido a que en sus ejemplos utiliza casos en los que la creatividad tiene lugar a través de ideas producidas en sueños. Considera que es controvertido considerar a esos actos creativos, dado que no hay en ellos intencionalidad, ni está claro que en ellos las ideas creativas no sean fruto de una casualidad (criterios que el propio Gaut considera necesarios para poder hablar de creatividad). Como añade en un artículo posterior: “In short, the kinds of actions that are creative are ones that exhibit at least a relevant purpose (...), some degree of understanding (...), a degree of judgement (...) and an evaluative ability directed to the task at hand” (Gaut, 2010, p. 1040).

Para el tema que aquí me ocupa no es preciso entrar con mayor detalle en esta discusión que se trata de una cuestión sin resolver, en lo sucesivo entenderé que creatividad e imaginación son nociones diferentes, aunque con una estrecha relación entre sí. Para no alejarme del tema que aquí me ocupa, voy a adoptar un significado general de ambos términos, basándome en obras como Stokes (2016), Levy & Godfrey-Smith (2020) y en consonancia con el significado de ambas nociones que utilizamos en el uso cotidiano y que recoge la RAE, sin entrar en detalles del debate existente acerca de cómo

caracterizarlas filosóficamente con exactitud (véase: Imaginación, ASALE & RAE, s.f; Creatividad, ASALE & RAE, s.f; Imagination, Cambridge University Press, s.f; Creativity, Cambridge University Press, s.f)

Por otro lado, considero que el acto imaginativo y el acto creativo se pueden considerar objetos estéticos debido a que satisfacen la definición de objeto estético que mencioné en el capítulo 2: se suelen realizar juicios estéticos acerca de ambos y pueden provocar una experiencia estética. En lo sucesivo, aportaré ejemplos que ponen de manifiesto esto y, posteriormente, analizaré la función en la ciencia de ambos.

3.2.1 Los actos imaginativos

Con respecto a la imaginación, el uso de experimentos mentales es un tipo de acto imaginativo en la ciencia especialmente relevante.³⁸ Siguiendo a Elgin (2014), los experimentos mentales son ejercicios orientados a clarificar qué podría suceder en determinadas circunstancias. La imaginación desempeña una función decisiva en esta tarea pues permite a los científicos imaginar nuevas ficciones, pensar en nuevas relaciones entre eventos, organizar la información de forma creativa, etc.

De acuerdo con Weisberg, los experimentos mentales son un ejemplo de cómo la imaginación puede ser relevante para la ciencia, pues resultan de gran utilidad en aquellos ámbitos en los que la experimentación no es posible:

Sometimes, when we want to know why things happen or when we want to figure out what will happen in a given circumstance, experimentation is not an option. (...) When these circumstances arise, it is necessary to use a

³⁸ Considero que los experimentos mentales son un tipo de acto imaginativo y las metáforas un tipo de acto creativo, ambos especialmente significativos en la ciencia. La creciente aparición de obras que desde la filosofía de la ciencia estudian la presencia en la ciencia, y su función en la misma, de los experimentos mentales (por ejemplo Stuart et al., 2017 o Murphy, 2020) y las metáforas (por ejemplo Donato & Arroyo, 2011 o Veit & Net, 2021) evidencia esta idea.

thought experiment— to engage with possibilities rather than with reality.

(...) Considered in this way, what thought experiments require is the deployment of the imagination in the service of science. (Weisberg, 2020, p. 251).

Los experimentos mentales, en tanto que un caso específico de acto imaginativo en la ciencia, y los actos imaginativos en general son objetos estéticos debido a que:

1) Se suelen realizar juicios estéticos sobre ellos: en la literatura existente no es complicado encontrar referencias que atribuyen belleza (valor estético) a ciertos experimentos mentales. Por ejemplo, tal y como señala Brown (2004), el experimento de Galileo sobre la caída de los cuerpos se incluyó en una lista de los “diez experimentos más bellos”, ocupando la segunda posición: “Instead of performing a real experiment on falling bodies, Galileo (...) established his result by means of a thought experiment (...). It was, arguably, the most beautiful thought experiment ever devised. (...). It’s brilliantly original and as simple as it is profound” (Brown, 2004, p. 24).

En Murphy (2020) se pueden encontrar otros ejemplos de experimentos mentales que tradicionalmente se han juzgado (y se siguen juzgando) de forma estética, atribuyéndoles valor estético y utilizando términos estéticos (pp. 146-166). De acuerdo con la autora, juzgamos como bellos aquellos experimentos mentales que nos permiten visualizar y comprender algo complejo de forma sencilla: “The beauty of thought experiments appears to lie in their ability to evaluate, explain or help us understand something profound based on a simple scenario” (Murphy, 2020, p. 194).

2) Pueden provocar una experiencia estética. De un modo general, los científicos pueden tener una experiencia estética simplemente utilizando su imaginación o llevando a cabo actos imaginativos (de modo similar a como sucede en el caso de los artistas). De acuerdo

con Cavanaugh (2014), podemos percibir en las palabras de Feynman que cito a continuación un sentimiento estético que se corresponde con un tipo de experiencia estética, la experiencia de lo sublime, y que tiene que ver con el despliegue imaginativo que le produce contemplar el cielo estrellado:

Poets say science takes away from the beauty of the stars—mere globs of gas atoms. Nothing is “mere”. I too can see the stars on a desert night and feel them. But do I see less or more? The vastness of the heavens stretches my imagination—stuck on this carousel my little eye can catch one-million-year-old light. (Feynman; en Cavanaugh, 2014, p. 63).

Además, de acuerdo con Hadzigeorgiou (2016), la imaginación resulta un componente clave de la experiencia estética. Basándose en la teoría de Dewey (1934) sostiene que esto se debe a que la imaginación es lo que nos permite imaginar realidades alternativas, lo que puede hacernos abstraer de nuestra experiencia ordinaria, algo clave en ese tipo de experiencias. En sus palabras:

It is indeed the imagination that enables one to go beyond one’s concrete/lived experience and imagine alternative realities and possibilities. In the area of aesthetics in particular (i.e. when one admires a beautiful sunset, the starry sky, a work of art), reconstruction of experience, according to Dewey (1934), presupposes the workings of the imagination. (...) In his theory of aesthetics, (...) imagination plays a crucial role. (Hadzigeorgiou, 2016, p. 5).

En cuanto a su función en la ciencia, los experimentos mentales permiten a los científicos ilustrar teorías científicas o afirmaciones teóricas, “ejemplificar” propiedades y relaciones (Elgin, 2014) o aportar explicaciones hipotéticas (Stuart, 2017a), entre otras. En última instancia, los experimentos mentales permiten a las personas que se dedican a la ciencia

obtener comprensión del mundo, por lo que pueden contribuir de forma positiva a la ciencia.

La imaginación también desempeña funciones relevantes en la ciencia que van más allá del uso de experimentos mentales.³⁹ Siguiendo a Weisberg (2020), algunos aspectos de la ciencia, como por ejemplo la capacidad de hacer suposiciones, formular hipótesis y hacer predicciones, se basan en la imaginación:

For example, scientists often form hypotheses for what might happen as the result of a particular experiment or intervention, or think of possible explanations for a pattern of data. These activities involve imaginative thinking, since these are all possibilities and do not necessarily fully reflect reality or our experience of it. (Weisberg, 2020, p. 252).

Que la imaginación puede contribuir a idear, elaborar y probar hipótesis es una tesis que podemos encontrar en Elgin (2014). Además, otras funciones que puede desempeñar la imaginación en la ciencia son contribuir a concebir nuevas ideas teóricas y a explorar su capacidad explicativa (Levy & Godfrey-Smith, 2020), aumentar nuestra comprensión mediante experimentos mentales (Stuart, 2017a) y contribuir a la formación y desarrollo de teorías científicas, modelos (Murphy, 2022) o experimentos científicos (Ivanova, 2021).

³⁹ Se podría objetar que la presencia de imaginación en la ciencia es algo negativo, debido a su carácter subjetivo y la falta de restricciones que le caracterizan. Para una discusión actualizada de esta cuestión se pueden consultar Weisberg (2020) o Murphy (2022). Weisberg (2020) sostiene que los avances científicos y los estudios recientes evidencian que la imaginación sí está restringida (por nuestros conocimientos de fondo y nuestros sesgos psicológicos): “Although some have worried that this tool is too unconstrained to serve this function well, empirical work from developmental and cognitive psychology shows that this is not the case. Both children and adults tend to imagine worlds that are closely tied to reality and governed by the same laws, although both children and adults can accept the premises of an imagined world and extend them in appropriate ways” (Weisberg, 2020, pp. 259-260). Por ello considera que la imaginación es una herramienta útil para la ciencia, si bien como cualquier otra herramienta debe revisarse (comparando la información que nos aporta con el mundo real) y “calibrarse” (por ejemplo, perfeccionando la imaginación científica, adecuándola para una especialidad concreta) para evitar problemas, como podría ser caer en ciertos sesgos (para mayor detalle véase: Weisberg, 2020).

3.2.2 *Los actos creativos*

Por otro lado, con respecto a la creatividad, de acuerdo con Koestler (1964), podemos entender que consiste en una combinación innovadora de estructuras o ideas que inicialmente parecían desconectadas entre sí, y de tal modo que el todo es más que la mera adicción de sus partes. Aunque tradicionalmente se ha considerado parte del dominio del arte, Koestler defiende que la creatividad innegablemente ha desempeñado y desempeña una función relevante también en la ciencia. Podemos encontrar esta misma idea (junto con numerosos ejemplos que la respaldan) en obras como Dutton & Krausz (1981) y Gruber & Bödeker (2005).

Del mismo modo que considerado el uso de experimentos mentales como un tipo de acto imaginativo, el uso de metáforas es una manifestación de creatividad en la ciencia y puede verse como un tipo de acto creativo en la misma. De forma análoga a lo que sostuve en relación con el acto imaginativo, los actos creativos (y el uso de metáforas, en tanto que uno de ellos) pueden considerarse objetos estéticos debido a que:

1) Se suelen realizar juicios estéticos sobre ellos. De hecho, a menudo atribuimos términos estéticos a las metáforas científicas (y, en general, a las manifestaciones de creatividad en la ciencia) debido a que consideramos que exhiben valores estéticos. Por ejemplo, las metáforas científicas suelen considerarse bellas, inspiradoras, ingeniosas, etc. En palabras de Veit & Neit (2021), las metáforas científicas:

They can be beautiful and awe-inspiring as in the tree of life. They can be witty and humorous, as in the Big Bounce as a rival to the Big Bang theory and the Big Crunch as a related view. They can be sublime and awe-inspiring as in a metaphorical expression of Bohr's atomic model: *The atom is a star system*. (Veit & Net, 2021, p. 44).

2) Pueden provocar una experiencia estética. Como sucede en el arte, en la ciencia el acto creativo puede ir acompañado de una apreciación estética (de sí mismo o de sus resultados) que, al mismo tiempo, puede provocar en el científico la experiencia subjetiva, placentera y gratificante que caracteriza la experiencia estética. Podemos encontrar ejemplos de una experiencia de este tipo fruto de un descubrimiento científico realizado, entre otros, en la cita de Heisenberg (en las páginas 119-120).⁴⁰ Otro ejemplo de la capacidad del acto creativo en la ciencia de provocar una experiencia estética puede ser el siguiente testimonio de la científica Barbara McClintock:

I found that the more I worked with [chromosomes], ‘the bigger and bigger [they] got, and when I was really working with them I wasn't outside, I was down there. I was part of the system. (...) I actually felt as if I were right down there and these were my friends (...). As you look at these things, they become part of you. And you forget yourself. The main thing about it is you forget yourself.’ (McClintock; en Root-Bernstein, 1996, p. 68).

De acuerdo con Root-Bernstein, las palabras de esta científica ponen de manifiesto la vivencia de una experiencia estética: la “pérdida de conciencia” individual y la “fusión” con el objeto de estudio que la provoca son características propias de las experiencias estéticas y están relacionadas con ese carácter “transcendente” de la experiencia estética que nos aleja de nuestra experiencia ordinaria, como indiqué en el apartado 2.1. Asimismo, el autor considera que esta experiencia estética es una manifestación de la

⁴⁰ Otros ejemplos de cómo la creatividad puede dar lugar a una experiencia estética pueden verse, por ejemplo en Miller (1996), Root-Bernstein (1997), Gruber & Bödeker (2005), Edson (2005) o McLeish (2019). Este último señala que hablar con alguien que ha llevado a cabo un descubrimiento científico es como “abrir un cofre con un tesoro” y sostiene que en sus testimonios (acerca de cómo llevaron a cabo un cierto descubrimiento y de la creatividad que emplearon) es posible encontrar características que se acercan mucho a una experiencia estética: “A sparkling array of formerly hidden truth is open to a shared gaze, there is an immediate impression that as delights are plucked one by one, more will be found underneath—and overall a strong sense of personal discovery. More than that, there is an emotional as well as an intellectual appreciation, an aesthetic reward, and a sense of gift and privilege” (McLeish, 2019, p. 33).

creatividad de la científica (lo que, a su vez, del mismo modo que para otras personas que se dedican a la ciencia, supone una contribución a su búsqueda de comprensión):

Aesthetic feeling, as evinced by the loss of self in the object of study must then be the apogee of scientific creativity, for it is precisely this merging of subjective and objective knowledge to yield understanding that is described by so many of the greatest men and women of science as the most memorable aspect of their work. (Root-Bernstein, 1996, p. 68).

Es por este motivo que, con respecto a su función en la ciencia, las metáforas no solo desempeñan una función heurística en la ciencia, sino que también pueden poseer una función epistémica en la misma (lo que explicaré en el capítulo siguiente). Como pone de manifiesto el ejemplo anterior, pueden contribuir positivamente a aumentar nuestra comprensión de fenómenos. Otras funciones que la literatura existente revela que pueden desempeñar las metáforas en la ciencia es contribuir a la creación de modelos e hipótesis que, a su vez, pueden ser relevantes para el desarrollo de teorías científicas (Veit & Net, 2021) y servir como herramienta epistémica para proporcionar explicaciones o realizar inferencias sobre el fenómeno investigado (Donato & Arroyo, 2011).

En general, además de las funciones mencionadas que pueden desempeñar las metáforas, los actos creativos pueden servir como guía, de un modo más general, como pone de manifiesto, por ejemplo, la dimensión práctica de la paleontología (ciencia que estudia la historia de la vida en la tierra a partir de los fósiles), la cual se basa en la creatividad de los preparadores de fósiles.⁴¹ Wylie (2015) arguye que la preparación de fósiles requiere

⁴¹ Más información acerca de la estética en relación con la dimensión práctica de la ciencia, específicamente de la paleontología, en: Wylie (2015) o en Turner (2019).

de una gran creatividad por parte de quienes los preparan y que, a su vez, de esta depende su apariencia (e interpretación científica) final:

By drawing parallels with art – such as likening preparing fossils to carving sculptures – and by emphasizing creativity in solving problems, preparators present their work and their role as skillful, individualized, and irreplaceable. (...) As a result, each preparator's artistic skill, aesthetic judgment, and creative problem-solving affect prepared specimens' appearance and thus scientific interpretation. (Wylie, 2015, p. 52).

Volveré sobre las funciones en la ciencia de los actos creativos y los actos imaginativos en el capítulo siguiente, donde analizaré si estas funciones están epistémicamente justificadas en la ciencia (en el sentido anteriormente descrito, es decir, si contribuyen a los objetivos epistémicos de la ciencia).

3.3 La funcional motivacional de la estética

En la literatura existente acerca de las funciones de la estética en la ciencia podemos encontrar referencias acerca de cómo la estética puede desempeñar, de diversas maneras, una función motivacional en la ciencia. En este apartado voy a realizar una recopilación de ejemplos concretos que lo ilustran.

Por ejemplo, en Viau (2007) el autor realiza un estudio acerca de la motivación científica y recopila testimonios de científicos en los que esta resulta patente, como por ejemplo la siguiente cita de la física Marie Curie:

Yo soy de los que piensan que la Ciencia posee gran belleza (...). Un científico en su laboratorio no es solo un técnico: también es un niño situado frente a fenómenos naturales que le impresionan como un cuento de hadas.

No debemos permitir que la gente crea que todo el progreso científico se reduce a mecanismos, máquinas, engranajes, lo que además también tiene su propia belleza. (Curie; en Viau, 2007, p. 134) (traducción del francés de mi autoría).

En este ejemplo, la motivación estética de Marie Curie comienza con la apreciación de la belleza del mundo y se manifiesta como un deseo de comprenderlo: “Estaba completamente abrumada por la alegría de aprender y comprender” (Curie; en Viau, 2007, p. 129). Al mismo tiempo, como vemos, la consecución de ese objetivo aporta placer estético.

Qué es exactamente lo que actúa como motivación en la ciencia es una cuestión compleja que, como otras de las que hemos visto anteriormente, carece de una respuesta unívoca y definitiva. Como señala Chandrasekhar (1984) no hay un único factor decisivo para que los científicos decidan dedicarse a la ciencia. Las razones son tan variadas como sus gustos y características personales y, además, están sujetas a variación a lo largo de sus vidas (Chandrasekhar, 1984, p. 83).

Sin embargo, los testimonios de los científicos y la historia de la ciencia evidencian que la estética puede ser relevante como motivación, no solo para dedicarse a la ciencia (y a no abandonar la investigación), sino también para guiar el estudio de ciertos fenómenos. Por ejemplo, desde la antigüedad la conciencia del orden, la armonía y la belleza del mundo, y el deseo de comprenderlo, han ocupado una posición central en la ciencia.

Un tema persistente en la historia de la astronomía desde Platón hasta Kepler es la intención de dar cuenta de los movimientos celestes (aparentemente irregulares) en términos de movimientos simples, regulares y uniformes, lo que pone de manifiesto que la motivación era estética en gran medida (Zinkernagel, 2020, p. 19). La obra de Kepler

Harmonices mundo (la armonía del mundo), como su propio título indica, es un buen ejemplo de esta idea y de cómo la armonía desempeñó una función motivacional clave en la astronomía.

En la siguiente cita de esta obra se puede advertir que la motivación de Kepler tiene un fuerte componente estético (admite que lleva años entregado al estudio de los movimientos celestes en términos armónicos, lo que pone de manifiesto su búsqueda de belleza, entendida como armonía) influenciado en gran medida por el pitagorismo y el platonismo:

The discovery which I foretold twenty-two years ago, (...) the discovery which I firmly set my mind to, (...) the discovery for the sake of which I applied the best part of my life to astronomical studies, (...) I have brought that discovery into the light, and have most truly grasped beyond what I could ever have hoped; that the whole nature of harmony, to its full extent, (...), is to be discovered among the celestial motions. (Kepler, 1619, p. 389).

Por otro lado, este mismo testimonio también nos muestra cómo, al mismo tiempo, la estética puede funcionar como recompensa, una vez se ha realizado el estudio. El astrónomo afirma que los resultados de la investigación a la que ha dedicado toda su vida (motivado por esa búsqueda de belleza, entendida como armonía) han resultado ser más sorprendentes y gratificantes de lo que jamás hubiera esperado.

Este sentimiento de placer que se obtiene como resultado de la investigación científica (y que nos acerca a la experiencia estética) puede ser otro elemento estético relevante en la ciencia con una función motivacional. Un claro ejemplo puede verse en la ya mencionada cita de Heisenberg (en las páginas 119-120), testimonio en el que, sin hacer referencia a

la noción de experiencia estética, el físico describe haber vivido una experiencia que posee todas las características de ese tipo de experiencias.

Chandrasekhar (1984) recoge este testimonio y, enfatizando ese carácter gratificante de la experiencia estética que puede seguir a un descubrimiento científico añade las siguientes palabras que la mujer de Heisenberg escribió en referencia a su marido: “he was completely enthralled by the visions he had, trying to explain his newest discovery to me. He talked about the miracle of symmetry (...), about harmony, about the beauty of simplicity, and its inner truth” (Chandrasekhar, 1984, p. 91). El entusiasmo de Heisenberg que se hace patente en estas palabras nos pone sobre la pista de que la apreciación estética, y la experiencia estética que puede provocar, pueden funcionar como una recompensa que motiva a las personas que se dedican a la ciencia a persistir o continuar en su trabajo.

Continuando con la función motivacional que puede desempeñar la estética en la ciencia, un elemento que encontramos con frecuencia en la literatura existente como fuente de motivación es la belleza. La conocida cita de Poincaré (1914) es un ejemplo de la función motivacional que este valor estético puede desempeñar:

The scientist does not study nature because it is useful to do so. He studies it because he takes pleasure in it, and he takes pleasure in it because it is beautiful. If nature were not beautiful it would not be worth knowing, and life would not be worth living. I am not speaking, of course, of that beauty which strikes the senses, of the beauty of qualities and appearances. (...) What I mean is that more intimate beauty which comes from the harmonious order of its parts, and which a pure intelligence can grasp. (Poincaré, 1914, p. 22).

En esta testimonio se pone de relieve que, como ya hemos visto, en múltiples ocasiones la unidad en la variedad (*uniformity amidst variety*) es lo que hace que juzguemos algo

como bello y también lo que lleva a los científicos a considerar bella a una teoría científica (Hutcheson, 1973, pp. 40-41). En este ejemplo, la belleza entendida de ese modo se concibe como un elemento motivador para dedicarse a la ciencia.

La relación de la belleza con la comprensión que se puede advertir en estas citas es un elemento clave para considerar la justificación epistémica de la estética en la ciencia. Debido a que la belleza que está en juego se puede entender como armonía entre las partes componentes o unidad en la diversidad (como expuse anteriormente y muestran obras como Poincaré, 1914; Hutcheson, 1973; Dirac, 1980), su vínculo con la comprensión es destacable. Volveré sobre esta idea más adelante.

Otros ejemplos que se pueden encontrar en la literatura existente acerca de la función motivacional de la estética tienen que ver con las propiedades estéticas. Tradicionalmente, la simplicidad y la simetría se han considerado una parte relevante de la estética en la ciencia. En el apartado 3.1 mencioné su función en la evaluación de teorías, pero igualmente pueden desempeñar una función motivacional relevante.

Por ejemplo, Zee (1986) se centra especialmente en la propiedad estética de la simetría y recoge testimonios de científicos que ponen de manifiesto su importancia para la ciencia, como es el caso, entre otros, de la teoría Yang-Mills: “Yang and Mills invented a new exact symmetry of dazzling mathematical beauty. The symmetry was not motivated by any experimental observation, as had been the case historically; rather, it was an intellectual construct based on aesthetics” (Zee, 1986, p. 187).

Además, también podemos encontrar en la ciencia elementos que la filosofía de la ciencia todavía no ha estudiado con tanto detenimiento. Uno de estos es el concepto de juego (*play*). Una de las caracterizaciones más relevantes del mismo es la propuesta por el historiador Huizinga (1954):

Todo juego es, antes que nada, una actividad libre. (...) El juego no es la vida 'corriente' o la vida 'propiaamente dicha'. Más bien consiste en escaparse de ella a una esfera temporera de actividad que posee su tendencia propia. (...) Todos los investigadores subrayan el carácter desinteresado del juego. (Huizinga, 1954, pp. 20-21).

De este modo, entre las características principales del juego se suelen citar su carácter desinteresado y su capacidad de abstraernos de la vida cotidiana, características que suelen citarse cuando se habla de lo estético (especialmente la actitud estética y la experiencia estética: como vimos en el apartado 2.2, la actitud estética se concibe como una actitud desinteresada y una característica clave de la experiencia estética es su capacidad de abstraernos del ritmo rutinario de nuestra vida cotidiana).

Esta relación entre la actitud estética y la actitud adoptada durante el juego no es algo nuevo. Por ejemplo, Schiller concibe el juego como una experiencia sensorial significativa sin ninguna función, pero que, sin embargo, eleva a los seres humanos y los mejora, características usualmente atribuidas a la estética: “¿cómo considerarlo un simple juego, sabiendo como sabemos que, de todos los estados del hombre, es precisamente el juego y sólo el juego el que le hace perfecto, y el que despliega de una vez su doble naturaleza?” (Schiller, 1794, p. 237).⁴²

Podemos decir que la actitud propia del juego coincide en gran medida con la actitud estética (una actitud desinteresada y enfocada en el disfrute de la propia experiencia), lo que hace que podamos considerar dicho concepto como dentro del ámbito de la estética. Siguiendo la definición que establecí en el capítulo 2, el juego se puede considerar un

⁴² Para más detalles de la noción de juego de Schiller y su carácter estético se puede consultar, por ejemplo, Rànciere (2010).

objeto estético: puede provocar una experiencia estética (debido a que la experiencia que provoca el juego tiene muchos elementos en común con la experiencia estética, como ya he mencionado) y se suelen realizar juicios estéticos acerca del mismo; frecuentemente se le atribuye valor estético (utilizando términos estéticos, por ejemplo, es común afirmar que un juego es divertido, ingenioso, agradable, etc.) y propiedades estéticas (como, por ejemplo, orden, ritmo o armonía):

Esta conexión íntima con el aspecto del orden es, acaso, el motivo de por qué el juego, como ya hicimos notar, parece radicar en gran parte dentro del campo de la estética. El juego, decíamos, propende, en cierta medida, a ser bello. El factor estético es, acaso, idéntico al impulso de crear una forma ordenada que anima al juego en todas sus figuras. Las palabras con que solemos designar los elementos del juego corresponden, en su mayor parte, al dominio estético (...): tensión, equilibrio, oscilación, contraste, variación, taba y liberación, desenlace. (Huizinga, 1954, p. 24).

Con respecto a su función en la ciencia, el juego puede desempeñar en esta una función motivacional. De acuerdo con Zinkernagel (2022), las características del juego (algo esencialmente agradable y divertido) lo convierten en otro elemento con una función motivacional en la ciencia: “The characteristics of play in science include that it is fun, challenging, and closely linked to creativity. (...) In this way, play can be among the motivations for doing science” (Zinkernagel, 2022, p.1).

Algunos ejemplos de casos concretos de esta idea se pueden encontrar, por ejemplo, en Root-Bernstein & Root-Bernstein (1999). En esta obra se incluyen referencias a la función del juego en la obra de científicos como Feynman o Fleming. En el caso de este último podemos ver claramente esa función motivacional del juego en el siguiente testimonio:

At an age when most people are just finishing their Ph.D.s, he contemplated leaving physics. At the critical moment, however, he saw the light: 'Then I had another thought: Physics disgusts me a little bit now, but I used to enjoy doing physics. Why did I enjoy it? I used to play with it. I used to do whatever I felt like doing—it didn't have to do with whether it was important for the development of nuclear physics, but whether it was interesting and amusing for me to play with (...) I'm going to play with physics whenever I want to, without worrying about any importance whatsoever'. (Feynman; en Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999, cap. 13).

En estas palabras de Feynman vemos como enfocar la física desde esta actitud estética relacionada con el juego (entendiéndola como algo interesante y divertido, con carácter desinteresado y valioso por sí mismo), supone para él la motivación necesaria para no abandonar su estudio.

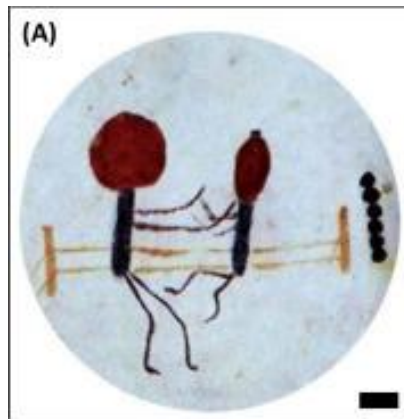
Además de esta función motivacional, el juego puede desempeñar otras funciones relevantes en la ciencia, como contribuir al descubrimiento de nuevos fenómenos, hipótesis, explicaciones, etc. También en Root-Bernstein & Root-Bernstein (1999), los autores arguyen que el juego es una herramienta integrativa que, precisamente porque es capaz de desafiar las limitaciones de la ciencia, el arte o la tecnología, puede resultar muy útil para obtener nuevas ideas: "Playing involves a childlike joy in the endeavor at hand, an irreverence for conventional procedure, purpose, or the "rules of the game" (Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999, p. 26).

Un ejemplo destacable es el descubrimiento de la penicilina por parte de Alexander Fleming, en el que el juego desempeñó un papel fundamental. En concreto, cuando llevó a cabo dicho hallazgo, el científico se encontraba realizando unas pinturas utilizando diferentes microbios sobre platos de cultivo. Los colores utilizados no eran visibles hasta

que las colonias bacterianas no se habían desarrollado, lo que hacía que sus obras, además de algo dinámico y vivo, fuesen un juego.

Figura 4

Ejemplo de pintura de Alexander Fleming



(Yetisen et al., 2015, p. 726).

Fleming no tenía ningún propósito científico claro con estas pinturas, simplemente disfrutaba realizándolas, por lo que pueden considerarse un juego. Generalmente en el juego no hay un objetivo claro, ni se habla de éxito o de fracaso, pero no por ello carece de relevancia en la ciencia como acabamos de ver: “Play is frivolous, wandering according to the whims of curiosity and interest. (...) However, to say that play has no inherent goal does not mean that its results cannot afterward be put to good purposes beyond motivating enjoyment” (Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999, p. 248).

En definitiva, en todos estos ejemplos se puede apreciar que la motivación científica (para dedicarse a la ciencia, estudiar cierto fenómeno o inventar una nueva teoría, no abandonar la investigación, etc.) puede basarse en: el valor estético (como la belleza, por ejemplo en Chandrasekhar, 1979), la búsqueda de alguna propiedad estética (por ejemplo armonía, simplicidad o simetría, como en Zee, 1986), en la actitud estética presente en el juego

(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999) o en experiencias estéticas (Chandrasekhar, 1984).

4. ¿Están las funciones que desempeña la estética en la ciencia justificadas epistémicamente?

Consideradas las funciones que la estética puede desempeñar en la ciencia es preciso volver sobre su justificación epistémica, con el objetivo de analizar en qué sentido la estética puede contribuir a que la ciencia alcance sus objetivos. Con la finalidad de facilitar la exposición seguiré en este capítulo una distribución similar a la que realicé en el anterior. La clasificación no pretende ser algo cerrado, ni continuar perpetuando la llamada distinción de contextos, se trata de una simplificación (las funciones se solapan y no pueden reducirse a uno de estos apartados) y su objetivo es meramente expositivo.

Como ya he adelantado, entiendo que la estética desempeña una función relevante en la ciencia cuando dicha función contribuye (positivamente) en la ciencia y, además, considero a esa función epistémicamente justificada cuando contribuye a que la ciencia pueda alcanzar alguno de sus fines epistémicos.

No considero, por lo tanto, necesario que la estética desempeñe una función epistémica para poder afirmar que es positivamente relevante para la ciencia: las funciones que desempeña la estética en la misma que no son epistémicas pueden (no lo hacen de forma necesaria) contribuir positivamente de forma heurística e indirecta a la ciencia (por ejemplo, sirviendo de motivación a un científico para persistir en su búsqueda de una determinada explicación/teoría/etc.).

4.1 La estética en la evaluación de teorías

Mencioné con anterioridad que la literatura existente acerca de qué función desempeña la estética en la ciencia ha tendido a centrarse en el contexto de evaluación de teorías, analizando por qué las propiedades estéticas de las teorías resultan de utilidad para elegir

entre teorías científicas rivales (normalmente teorías con el mismo apoyo empírico). No obstante, entre los autores que han tratado esta cuestión existen diferencias notables. Para algunos, la justificación epistémica de esas consideraciones estéticas (y la justificación de su uso en la ciencia) reside en un vínculo entre ellas y la verdad o el éxito empírico de las teorías. En cambio, para otros autores la clave no reside en la adecuación empírica, sino en la noción de comprensión. Veremos ambas opciones a continuación.

4.1.1 Vínculo entre la estética y el éxito empírico de las teorías

La ya mencionada obra de 1996, *Beauty & Revolution in Science*, es probablemente la más relevante a este respecto, pues se trata del primer monográfico escrito en filosofía de la ciencia acerca de la función de la estética en la ciencia y ha supuesto una gran influencia en la literatura posterior. Como ya vimos en el capítulo anterior, en esta obra McAllister defiende que las propiedades estéticas desempeñan una función relevante en la elección de teorías científicas. Su justificación de la relevancia de esta función de la estética (y su capacidad de contribuir a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos) consiste en lo que él denomina la inducción estética.

Para el autor, las preferencias estéticas de la una comunidad científica se obtienen por un proceso inductivo a partir del registro del éxito empírico de las teorías científicas, de modo que una comunidad le otorga a cada propiedad estética un grado de valor estético que es proporcional al grado de valor empírico que han tenido las teorías científicas que en el pasado han exhibido esa misma propiedad (McAllister, 1996, p. 78). Este proceso de inducción estética garantiza, a su modo de ver, que las consideraciones estéticas desempeñan una función epistémicamente justificada en la ciencia sin, al estar vinculadas con el éxito empírico, suponer “una amenaza para la racionalidad de la ciencia” (McAllister, 1996, p. 9).

A modo de ejemplo, McAllister plantea el siguiente caso hipotético en el que, debido a que las teorías científicas visualizables (recordemos que la visualización es una propiedad estética para McAllister) resultan empíricamente más exitosas, los científicos le otorgan a la visualización prioridad sobre otras propiedades:

A scientific community looks back over the recent history of a particular branch of science. It perceives that some theories, which are to a notable degree visualizing (rather than abstract) theories, have been empirically very successful, whereas others, which lend themselves to mechanistic analogies, have won little empirical success. Both visualization and tractability by mechanistic analogies are aesthetic properties of theories. In consequence of the empirical success of the visualizing theories, the property of visualization will obtain an increased weighting in the aesthetic canon for theory evaluation that the community will hereafter apply. (McAllister, 1996, pp. 78-79).

Para el autor, la comunidad científica otorga mayor importancia en el canon estético (conjunto de criterios estéticos que los miembros de una comunidad consideran estéticamente valiosos) a aquellas propiedades estéticas que en el pasado se han dado en las teorías científicas que han tenido mayor éxito empírico. Y, al contrario, dota de menor importancia a las propiedades estéticas que se han mostrado en teorías científicas con menor éxito empírico.

La inducción estética, por tanto, es un tipo de proyección inductiva basada en consultar las propiedades estéticas de teorías que en el pasado resultaron empíricamente exitosas, con el objetivo de determinar qué teorías se espera que se sean igualmente exitosas en el futuro. Las preferencias estéticas están sujetas a cambio y, de hecho, el canon estético varía con el tiempo (para McAllister, se produce una revolución científica cuando un canon estético se sustituye por otro y se produce una “ruptura estética”).

Como ya mencioné con anterioridad, McAllister adopta un enfoque proyectivista de la estética en el que los juicios estéticos dependen tanto de las propiedades estéticas de los objetos que se juzgan (las teorías científicas, por ejemplo) y la persona que juzga (y la atribución de valor estético que realiza).

Aunque McAllister (1996) se trata de una obra muy influyente, no por ello está falta de críticas. Anteriormente hemos visto algunas de ellas, pero aquí me voy a centrar en las que se dirigen específicamente a la parte de la obra de McAllister que estoy analizando aquí, es decir, las que tienen que ver con la justificación epistémica de esas consideraciones estéticas. Algunas de dichas críticas tienen por objetivo continuar la propuesta de McAllister solventando los errores que detectan en la misma, como es el caso de Montano (2014). Otros autores, en cambio, tienen por objetivo elaborar un enfoque alternativo que no vincule las consideraciones estéticas con el éxito empírico. En el apartado siguiente (4.1.2) nos centraremos en estas propuestas.

Debido al modo con el que caracteriza la inducción estética, para McAllister (1996) la justificación epistémica de estos juicios estéticos que se dan en la ciencia o la matemática reside en una relación entre ellos y la verdad o adecuación empírica: la estética que se da en la ciencia es relevante para la misma debido a su relación con la verdad (véase nota al pie número 7, en la página 26).

En los testimonios de algunos científicos podemos encontrar referencias de primera mano a la creencia de que las consideraciones estéticas pueden ser indicadoras de verdad o adecuación empírica. Por ejemplo, como se recoge en Ivanova (2017), el físico Paul Dirac consideraba que la belleza de una teoría estaba estrechamente vinculada con su verdad, por lo que podemos depositar nuestra confianza en una teoría que exhiba gran belleza, independientemente de sus éxitos y su concordancia con las observaciones. De modo similar, otros científicos defensores de la existencia de una relación entre belleza y verdad

que Ivanova cita a modo de ejemplo son Werner Heisenberg y Rosalind Franklin (Ivanova, 2017, p. 2582).

Sin embargo, como ponen de relieve autoras como Breitenbach (2020) o Ivanova (2020), la historia de la ciencia no parece corroborar esa relación entre las propiedades estéticas y la verdad. Esta nos pone de manifiesto que ha habido teorías científicas con propiedades estéticas que han resultado ser falsas (como el sistema heliocéntrico de Copérnico) y lo mismo en el caso inverso, teorías que son verdaderas, pero que en su momento no se consideraban bellas (como, por ejemplo, la electrodinámica cuántica).⁴³

Por este motivo, comparto con las autoras la creencia de que no tenemos razones suficientes para concluir si realmente la belleza puede ser indicadora de verdad o adecuación empírica. En palabras de Ivanova:

I do not take such arguments from the history of science to be sufficient to defend an ‘optimistic’ over a ‘pessimistic’ argument. (...) The problem is that there are many aesthetically pleasing theories that have turned out to be false and many aesthetically displeasing theories that fit with the highest requirements of the realist to count as true, at least ‘approximately’. (...) the history of science do not have the power to pull us conclusively in either direction when it comes to the question of whether there is a link between aesthetic values and truth and a further argument is needed to strengthen the realist or anti-realist position. (Ivanova, 2020, p. 95).

⁴³ Con respecto a la electrodinámica cuántica, el físico P. Dirac sostuvo que no podía considerarse una solución satisfactoria, debido a su “fealdad”: “Recent work by Lamb, Schwinger, Feynman and others has been successful (...) but the resulting theory is an ugly and incomplete one and cannot be considered as a satisfactory solution to the problem of the electron” (Dirac; en Engler, 2001, p. 55).

Otro problema del enfoque de McAllister (1996) es el que señala Montano (2014): la inducción estética no permite diferenciar entre propiedades estéticas y las trata a todas por igual. No obstante, la historia pone de manifiesto que, mientras que las preferencias de los científicos por algunas propiedades estéticas sí varían, otras (como la simplicidad o la simetría) permanecen invariables de forma constante (incluso a pesar de las revoluciones científicas).

La solución de Montano (2014), obra cuyo objetivo es dar cuenta de los juicios estéticos en la matemática y, en específico, analizar la función de la belleza en este ámbito, pasa por naturalizar las preferencias de los científicos por ciertas propiedades estéticas. Defiende que estas preferencias (y su evolución a lo largo de la historia) son un elemento empírico y que, en consecuencia, su evolución depende de tres factores:

(...) the evolution of aesthetic preferences is influenced by three factors: first, by the history of the development of such phenomena. Second, by the interaction between the subject and his community. And third, by the inherent natural factors involved in the affective phenomena that ground aesthetic episodes. (Montano, 2014, p. 59).

Para los propósitos actuales no es preciso profundizar más en los detalles de este enfoque y basta con tener presente que su propuesta se basa en considerar a la inducción estética un fenómeno natural y en tratarla como tal.⁴⁴ Si bien comparto su crítica a la inducción estética de McAllister, el enfoque de Montano (2014) no soluciona el problema anteriormente señalado en McAllister (1996) al mantener la conexión entre la belleza y la adecuación empírica. Aunque considere la inducción estética un “proceso natural”,

⁴⁴ El autor adopta una teoría estética naturalista, considerando que lo estético es un fenómeno natural: “I interpret the aesthetic (in the sense of ‘the mark of the aesthetic’) as a natural phenomenon. The aesthetic is a process of interaction between the subject and his natural and social environment” (Montano, 2013, p. 145)

sujeto a las interacciones entre los individuos y su entorno, sostiene que las preferencias de los científicos están justificadas por su relación con la adecuación empírica (Montano, 2013, p. 153). Sin embargo, como ya he defendido, no hay razones suficientes para afirmar que dicha relación (entre la estética y la verdad/adecuación empírica) exista.

En el apartado siguiente consideraré las propuestas que considero más prometedoras, a saber, aquellas que vinculan las consideraciones estéticas con la comprensión (en lugar con la verdad/adecuación empírica).

4.1.2 Propuestas alternativas al vínculo entre estética y éxito empírico

En primer lugar, analizaré la propuesta en Kosso (2002), una de las primeras defensas de que la justificación epistémica de la estética que se da en la ciencia no tiene que ver con la adecuación empírica, sino con la noción de comprensión. Posteriormente señalaré algunas dificultades de este enfoque y, a continuación, defenderé la caracterización de comprensión que podría ser de utilidad para superar esas debilidades. Por último, justificaré por qué considero que dicha noción es la más adecuada.

Como vimos en el apartado 2.2, Kosso (2002) sostiene que, en el proceso de evaluación de teorías científicas, además de los criterios que indican su verdad/adecuación empírica, son también relevantes los criterios que indican su contribución a nuestra comprensión del mundo (Kosso, 2002, p. 40). El autor utiliza una noción de comprensión basada en la unificación: “To understand something is to recognize the links between it and other ideas. More accurately, because this better expresses the global nature of understanding, to understand is to recognize the pattern in an array of ideas” (Kosso, 2002, p.40).

Considera que esta caracterización es relevante porque así entendida la comprensión posee una estrecha relación con la estética: esa “coherencia conceptual” propia de la comprensión (ser capaz de ver el patrón en la red de las creencias científicas, reconocer

las conexiones entre las mismas, derivar una idea de otras y aplicar ideas establecidas a nuevas situaciones) coincide con un término estético que se suele utilizar en el ámbito del arte (y que hace referencia a la armonía y la coherencia de las partes de un todo) y, en general, se asemeja a la caracterización clásica de la belleza (Hutcheson, 1973).

De este modo, el autor sostiene que cuando un científico juzga de forma estética (y le atribuye, por ejemplo, belleza) una teoría científica, esa teoría no le parece bella por el hecho de poseer una propiedad (como podría ser la simetría, por ejemplo), ni tampoco por una inducción estética. Para Kosso, el valor estético de una teoría científica reside en su contribución a nuestra comprensión, por lo que el autor considera que una teoría se juzga como bella (en el sentido de Hutcheson, como coherencia entre las partes) si aporta comprensión (entendida como coherencia conceptual).

Por este motivo, en la elección entre teorías científicas rivales se priorizará la más bella (entre varias teorías con el mismo éxito empírico) porque es la más capaz de aportar comprensión: “Given a choice between two theories, all other things being equal, choose the more beautiful theory because it’s the one that contributes to our understanding nature” (Kosso, 2002, p. 47).

Debido a que Kosso sostiene que la comprensión es uno de los objetivos más importantes de la ciencia, indicar esa relación entre comprensión científica y estética le permite defender que esta última desempeña una función epistémicamente justificada (relevante para sus fines) en la ciencia. Así, el autor defiende la justificación epistémica de las consideraciones estéticas en el proceso de evaluación de teorías científicas, sin necesidad de apelar a la verdad/adecuación empírica.

Esto pone de relieve que la estética puede desempeñar una función epistémica en la ciencia, sin que ello implique que deje de ser estética, lo que demuestra que la crítica de

Todd (2008) (de que esos juicios no son realmente estéticos, sino solo en apariencia) puede salvarse. Autores como O'Loughlin & McCallum (2019) consideran que Kosso reduce los juicios estéticos a juicios epistémicos y sostienen que otorgar una función epistémica a los juicios estéticos conlleva rechazar que su carácter sea realmente estético. Sin embargo, considero que esto no es así. Que Kosso atribuya una función epistémica a la estética no implica que reduzca esos juicios estéticos a juicios epistémicos, ya que no tenemos motivos suficientes para concluir que ambos sean incompatibles.

Como ya he adelantado con anterioridad, que la justificación epistémica de la estética en la ciencia recaiga en la noción de comprensión es una dirección de investigación prometedora, debido a que no nos obliga a adoptar un compromiso metafísico como el vínculo entre belleza y verdad que presuponemos para sostener que la estética en una teoría científica es indicadora de su verdad/adecuación empírica. Sin embargo, es preciso matizar que, tal y como se sigue del análisis acerca de la noción de comprensión del capítulo 2, la caracterización de Kosso resulta problemática.

Una dificultad de Kosso (2002) es que su justificación de la relación entre estética y comprensión se basa fundamentalmente en señalar que esa misma comprensión (que caracteriza como coherencia conceptual) se da tanto en la ciencia como en el arte: “This conceptual coherence that is the mark of understanding is a version of an aesthetic quality that is more commonly associated with works of literature, music, and the visual arts” (Kosso, 2002, p. 41). Esto no supone un argumento concluyente y parece seguirse de su caracterización de comprensión la idea de que esta consiste siempre en esa coherencia conceptual, lo que no resulta tan obvio.

Además, Kosso no especifica en qué casos esa comprensión se juzga de forma estética y tampoco si ese juicio se produce de forma automática. Asumir que es así podría llevarnos

a concluir que los científicos juzgan de forma estética la comprensión científica de forma necesaria.

Si atendemos a los testimonios de los científicos, parece que la comprensión no se juzga como bella siempre, sino que debe satisfacer algunas condiciones más (aunque no es probable que exista un listado definitivo que recoja cuales son). Para evitar las mencionadas dificultades presentes en el enfoque de Kosso propongo entender la comprensión científica de un modo diferente (como propuse en 2.3) y sostengo que la comprensión científica se juzga estéticamente cuando: 1) se le suele atribuir valor estético (o propiedades estéticas), utilizando términos estéticos (es decir, cuando se juzga estéticamente) y 2) puede provocar una experiencia estética.

Con respecto a 1), resulta frecuente encontrar referencias que atribuyen belleza (valor estético) a la comprensión, si bien es cierto que, generalmente, juzgar estéticamente la comprensión en la ciencia suele requerir un cierto grado de especialización en el ámbito correspondiente. Por ejemplo, Kosso sostiene que: “The beauty that is the hallmark of understanding is often recognizable only to the theoretically well trained. Nonscientists often do not see or appreciate what a physicist beholds as beauty in a theory” (Kosso, 2002, p. 43).

En la ciencia se suele juzgar estéticamente la comprensión cuando:

- **Resulta fascinante.** Por ejemplo, en el siguiente testimonio de Kepler (la cita completa se encuentra en la página 79) se hace patente la fascinación que declara experimentar el físico tras haber llevado a cabo un descubrimiento que le ha permitido comprender aquello tras lo que llevaba años, la armonía de los movimientos celestes (y que, a su vez, le provoca una experiencia estética): “I have brought that discovery into the light, and have most truly grasped beyond what I could ever have hoped; (...) Now (...) nothing

restrains me; it is my pleasure to yield to the inspired frenzy, (...)” (Kepler, 1619, pp. 389-391).

- **Resulta inesperada y/o sorprendente.** Poincaré, por ejemplo, considera que una teoría científica que permite la comprensión de fenómenos que parecían desconectados entre sí resulta sorprendente y es considerada bella: “For Poincaré, beauty is to be found in the harmony our theories reveal. It is to be found in the hidden relations that our theories uncover and in their unification of apparently disconnected phenomena. It is this harmony that Poincaré takes to give us understanding” (Ivanova, 2017, p. 2590).

- **Pone de manifiesto que la unificación que exhibe es fruto de un proceso largo y complicado.** La comprensión que se produce tras procesos así suele ir acompañada de apreciación estética y, por lo tanto, de placer estético, como se puede ver en el siguiente ejemplo:

After a long period of searching and misunderstanding, what I was looking for suddenly became clear and transparent, and I experienced once again the joy of insight. (...) I can best describe the joy of insight as a feeling of aesthetic pleasure. (Weisskopf, 1990, cap. 2)

Además de la atribución de valor estético, la comprensión se juzga de forma estética cuando 2) provoca una experiencia estética (a su vez, esta es otra razón que suele hacer que la comprensión se juzgue estéticamente, pues suele conllevar que se le atribuya belleza). Algunos testimonios que ejemplifican esta idea son, por ejemplo, la cita de Heisenberg en las páginas 119-120 y la cita de Root-Bernstein (1996) en la página 124. Asimismo, las experiencias estéticas de lo sublime que tienen lugar en la ciencia también pueden estar basadas en la comprensión, como desarrollaré más adelante.

Por lo tanto, si bien comparto con Kosso la defensa de que en la elección entre teorías científicas rivales se pueden priorizar aquellas teorías que aumenten nuestra comprensión, considero pertinente añadir que esas teorías no se juzgan de forma estética automáticamente (en virtud de contribuir a nuestra comprensión), sino que es preciso que esa comprensión satisfaga algunas condiciones más (se le suela atribuir valor estético y pueda provocar una experiencia estética) para ello.

En esos casos en los que los científicos priorizan teorías que aumentan la comprensión a causa de exhibir alguna propiedad estética o valor estético (o provocar una experiencia estética), podemos afirmar que ese componente estético desempeña una función epistémicamente justificada en la ciencia. Debido a que la comprensión científica es uno de los fines epistémicos de la ciencia, las funciones de la estética en la misma que aportan comprensión están epistémicamente justificadas, pues contribuyen positivamente a esos objetivos epistémicos.

El enfoque de Kosso (2002) que he analizado en este apartado hacía referencia a la estética en la evaluación de teorías, por lo que todavía no he dicho nada acerca del resto de funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia. Esto será lo que veremos a continuación, manteniendo el mismo orden estructural del capítulo anterior.

4.2 La imaginación y la creatividad en la ciencia

Como ya mostré en el apartado 3.2, la imaginación y la creatividad desempeñan diversas funciones a lo largo de todo el proceso científico. Ahora vamos a analizar si estas funciones pueden estar epistémicamente justificadas y, por lo tanto, pueden contribuir positivamente a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos.

4.2.1 *Los actos imaginativos*

En el caso de la imaginación, podemos afirmar que existe una relación entre esta y la noción de comprensión. Como expuse en el capítulo anterior, uno de los elementos más representativos que evidencia la relevancia de la imaginación en la ciencia es el uso de los experimentos mentales (ejercicios imaginativos siguiendo la definición de Elgin (2014) que mencioné en la página 70). Los experimentos mentales son actos imaginativos que, además, son epistémicos debido a su relación con la comprensión. Como bien recoge Stuart (2020), algunos casos en los que los experimentos mentales aportan comprensión son: cuando ilustran una teoría o una afirmación teórica, ejemplifican propiedades y relaciones (en consonancia con Elgin, 2014), proporcionan explicaciones hipotéticas, muestran como teorías rivales dan lugar a resultados diferentes o hacen ciertas intuiciones accesibles (Stuart, 2020, pp. 256-257).

De acuerdo con este autor, al no estar vinculada de forma necesaria con la verdad/ evidencia empírica, la imaginación permite al científico “romper el marco teórico” y pensar en términos contrarios al modelo científico imperante. Del mismo modo que los experimentos mentales pueden resultar de utilidad a los científicos para obtener acceso epistémico a características del mundo real “manteniéndose fuera del mismo” (Elgin, 2014), mediante ellos (y en general mediante la imaginación) los científicos pueden hipotetizar, dejando de lado los presupuestos teóricos, y obtener comprensión.⁴⁵

⁴⁵ En Stuart (2017a) el autor especifica que al afirmar que los experimentos mentales aportan comprensión está haciendo referencia a varios tipos de comprensión: específicamente a los tres tipos principales de comprensión que se pueden encontrar en la literatura existente, la comprensión explicativa (comprender por qué), la comprensión objetual (comprender algo) y la comprensión práctica (comprender cómo hacer algo) (p. 528). Para mis propósitos aquí basta con aclarar que Stuart (2017a) sostiene que todas estas formas de comprensión se pueden encontrar en los experimentos mentales (pp. 530-534). Como expuse en 2.3, la noción general de comprensión que he adoptado podría abarcar los tres tipos.

Por ejemplo, el experimento mental de Einstein que consiste en imaginar que viajamos a la velocidad de luz y vemos a nuestro lado otro haz de luz que viaja en la misma dirección nos resulta útil únicamente si dejamos de lado las restricciones que impone la teoría:

But to get to the conclusion of the thought experiment, we must violate constraints, such as having accurate representations of the target system that evolve realistically. First, if you traveled at the speed of light, you would explode, taking a substantial part of the earth's crust with you (which is important because you cannot see without eyes). Second, you are supposed to consider what a wave of light traveling parallel to you would "look" like, but human eyes cannot "see" lightwaves in the way required by Einstein's thought experiment (Stuart, 2020, p. 974).

Por lo tanto, los experimentos mentales, además de contribuir positivamente a la ciencia, como vimos en el capítulo anterior, pueden aportar comprensión. Por este motivo, podemos afirmar que su función en la ciencia está epistémicamente justificada.

Con respecto a la imaginación, de un modo más general, también podemos encontrar una correlación entre los actos imaginativos y la comprensión. De acuerdo con Stuart (2017b), la imaginación desempeña una función clave a la hora de realizar inferencias de lo que es concebible a lo que es posible y, en general, para tener en cuenta mundos posibles que aporten acceso a ciertas verdades (por ejemplo normativas, éticas o modales) que no son accesibles a la investigación empírica.

Algunas de las principales funciones que pueden desempeñar los actos imaginativos en la ciencia son, como vimos en el capítulo 3: proponer nuevas ideas, contribuir a la creación (y contrastación) de hipótesis y teorías, ejemplificar propiedades y relaciones mediante modelos e idealizaciones, postular estructuras visualizables y favorecer la

realización de experimentos mentales o experimentos científicos. Si atendemos a su justificación epistémica, la ejemplificación mediante modelos y experimentos mentales aporta acceso epistémico al sistema que representan y, por lo tanto, pueden desempeñar una función epistémica y aportar comprensión. En palabras de Elgin (2017):

Although models, idealizations, and thought experiments are inaccurate (...) they exemplify features they share with their targets and thereby afford epistemic access to aspects of their targets that are otherwise overshadowed or underemphasized. (...) They advance understanding of the phenomena they bear on. (Elgin, 2017, p. 2)

La visualización (como vimos en la página 63) también puede aportar comprensión. Mediante el postulado de estructuras visualizables las teorías pueden, utilizando imágenes mentales, guiar la comprensión de fenómenos. Y lo mismo sucede con el caso de los experimentos (Ivanova, 2021) y los experimentos mentales (Stuart, 2017a): ambos desempeñan una función epistémica y pueden contribuir a la comprensión científica.

De acuerdo con Ivanova (2021) y (2023), los experimentos se juzgan estéticamente, ya sea porque nos parecen simples o elegantes -en cuyo caso los juzgamos como bellos-, o porque dan lugar a resultados disruptivos o inesperados -en cuyo caso pueden dar lugar a una experiencia estética relacionada con el asombro y la maravilla-. Esta idea apoya lo que defendí anteriormente: la comprensión (en este caso la que aportan los experimentos) se juzga de forma estética cuando, entre otros, resulta sorprendente.

En cualquiera de esos casos, la comprensión desempeña una función fundamental para esa atribución de valor estético. No todo experimento se juzga automáticamente de forma estética, sino que, entre otras cosas, se atribuye valor estético a los experimentos que nos

permiten comprender (o nos muestran los límites de nuestra comprensión). En palabras de Ivanova (2023):

We find them beautiful for the same reasons we find simple and elegant theories beautiful, they are easier for us to work with and understand. But some experiments, that have unexpected and disruptive results, can trigger a different aesthetic response, more in line with our sense of smallness, awe and wonder. They can make us identify limitations in our understanding and probe us to reconsider or further develop our knowledge. (Ivanova, 2023, p. 3434)

Un ejemplo que aporta la autora es el experimento de Meselson-Stahl sobre la replicación del ADN (Ivanova, 2023, pp. 3426-3428). Ivanova sostiene que este, considerado el experimento más bello en el ámbito de la biología, suele juzgarse de forma estética debido a sus propiedades estéticas (como elegancia y simplicidad) y a que pone de manifiesto la imaginación (y la creatividad) de los científicos y científicas que lo llevaron a cabo.

En definitiva, se puede inferir que la imaginación no solo desempeña funciones positivamente relevantes para la ciencia, sino también que algunas de esas funciones son epistémicas (debido a su relación con la comprensión) y, por lo tanto, están epistémicamente justificadas (contribuyen a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos).

Esto no significa que todo acto imaginativo sea estético (se pueden concebir actos imaginativos que no suelen juzgarse de forma estética y que no provocan una experiencia estética, como por ejemplo la ensoñación particular de un científico imaginando cuánto dinero puede ganar con su descubrimiento). Aquí hago referencia a los actos imaginativos que desempeñan una función estética en la ciencia (alguna de las funciones especificadas

en el apartado 3.2.1), como por ejemplo el experimento mental de Einstein mencionado en la página 100. Este es un ejemplo de acto imaginativo que desempeña una función estética en la ciencia relevante (en sentido positivo) para la misma, al mismo tiempo que epistémica (pues aporta comprensión).

4.2.2 *Los actos creativos*

Con respecto a la creatividad, su justificación epistémica en la ciencia es muy similar, pues igualmente podemos encontrar una relación entre esta y la noción de comprensión científica.

De acuerdo con Kieran (2019), si bien podría considerarse que la creatividad puede contribuir a la búsqueda de verdad/adecuación empírica y de conocimiento, la realidad es que no puede considerarse una indicadora fiable del mismo. En palabras del autor: “Epistemic creativity does sometimes involve aiming directly at new truths or knowledge. Epistemic creativity is often required most where knowledge gives out. So it should be unsurprising that epistemic creativity is not reliably truth conducive” (Kieran, 2019, p. 169).

El carácter epistémico de la creatividad, para Kieran (2019), no tiene que ver con el conocimiento ni con la verdad/adecuación empírica. De hecho, esa independencia de la creatividad con respecto de la verdad es una de las razones por las que la creatividad puede resultar útil en la ciencia. Del mismo modo que sucede con la imaginación, la creatividad permite a los científicos examinar nuevas hipótesis o pensar nuevas ideas (o relaciones entre ideas) con menos constricciones. En palabras de Krausz & Dutton, la creatividad ofrece una libertad que permite dejar de lado las restricciones de lo teórico y obtener resultados valiosos:

We value creativity for its own sake, then, in part because it expresses a certain kind of freedom. In being creative, we show ourselves to be capable of rising above the routines that govern so many of our activities, can rationally reflect on them, and can substitute for them a mode of activity that produces valuable results, and these results are not, insofar as they are original, achievable by previous routines. (Dutton & Krausz, 1981, p. 102).

A pesar de que no existe una relación necesaria entre la creatividad y la comprensión, la creatividad puede contribuir de forma positiva a la comprensión científica. Es por este motivo que cuando un acto creativo desempeña una función estética en la ciencia de las que señalé en el capítulo anterior y, además, desempeña una función epistémica en la ciencia (aportando comprensión) considero que se trata de una función epistémicamente justificada.

Un ejemplo de acto creativo que aporta comprensión del fenómeno estudiado es la cita de Root-Bernstein (1996) que vimos en la página 75. En dicho testimonio veíamos como la creatividad en la ciencia puede dar lugar a un sentimiento estético que, como describe Root-Bernstein, aúna conocimiento subjetivo y objetivo y aporta comprensión. Otro ejemplo de acto creativo que produce comprensión lo encontramos en Ramón y Cajal (1917). En referencia a las monografías publicadas en 1890, el científico afirma en su autobiografía que, a pesar de que fue una época de mucho trabajo, pudo dar rienda suelta a su creatividad y disfrutar del proceso (en el que, según su testimonio, se advierte un gran placer estético):

Y lo más curioso es que el trabajo me causaba placer. Era una embriaguez deliciosa, un encanto irresistible. Es que, realmente, (...) el jardín de la neurología brinda al investigador espectáculos cautivadores y emociones artísticas incomparables. En él hallaron, al fin, mis instintos estéticos plena

satisfacción. ¡Como el entomólogo á caza de mariposas de vistosos matices, mi atención perseguía, en el verjel [sic] de la substancia gris, células de formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental!...

(Ramón y Cajal, 1917, p. 155-156).⁴⁶

De este testimonio podemos destacar, además del uso de metáforas y del placer estético que Santiago Ramón y Cajal describe como parte de su trabajo (y que nos remite a la experiencia estética), la referencia a la obtención de comprensión a partir de la creatividad. En su autobiografía, el científico expuso la importancia de las imágenes en su aprendizaje y es posible advertir la importancia que ejercieron su creatividad y sus ilustraciones en sus descubrimientos. Un poco más adelante, el científico continúa explicando cómo, en ocasiones, la solución a un problema se le ocurría de una forma inesperada y repentina fruto de ese despliegue de creatividad anteriormente mencionado:

¡Cuan á [sic] menudo, tras una tarea agotante y un letargo profundo, de esos que, liquidando atrasos fisiológicos, limpian de nubes la pizarra cerebral, surgió con la aurora, como escrita por invisible mano, la solución á [sic] un problema de morfología ó [sic] de conexión ansiosamente perseguido!

(Ramón y Cajal, 1917, p. 156).

La gran creatividad de Ramón y Cajal es bien conocida debido a las ilustraciones de las que acompañaba sus publicaciones, ilustraciones que se consideran elementos con valor, tanto artístico como científico y que se han recopilado en obras como Newman et al. (2017). En esta los autores sostienen que:

⁴⁶ He dejado las citas (tanto esta como la que recojo un poco más adelante) tal y como aparece en la obra original (Ramón y Cajal, 1917) a pesar de que poseen errores gramaticales (vergel) o grafías obsoletas (como la preposición “a” o la conjunción adversativa “o” acentuadas).

It's possible that his most famous drawing, the pyramidal neuron (...), was based on a specific cell in a single brain slice, but it is more likely that he composed it after looking at hundreds of brain slices: It shows evidence of many of the same aesthetic decisions an idealized portrait does. (Newman et al., 2017, p. 24).

Estas ilustraciones son tanto representaciones con valor estético y exhibiciones de la creatividad del científico, como también argumentos que ofrecen explicaciones y anotaciones detalladas que pueden aportar comprensión (a los espectadores y, como su autobiografía pone de manifiesto, a él mismo, puesto que estos dibujos eran una forma de aclarar sus ideas).

Figura 5

Ejemplos de ilustraciones de Ramón y Cajal

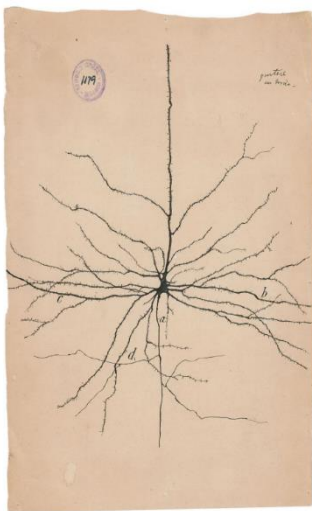


Ilustración de una neurona piramidal de la corteza cerebral (Newman et al., 2017, p. 36)

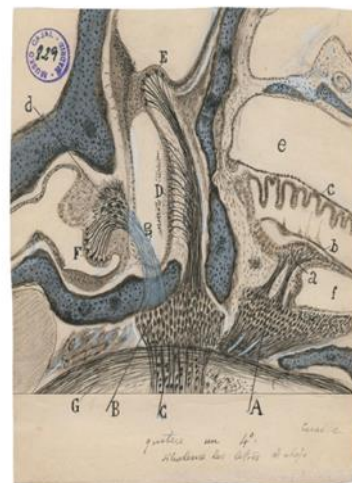


Ilustración de laberinto del oído interno (Newman et al., 2017, p. 100)

Un caso de acto creativo que pone de relieve especialmente la relación entre creatividad y comprensión en la ciencia es el uso de metáforas. Por ejemplo, de modo similar a lo que

sucedía con las ilustraciones de Ramón y Cajal, Gruber & Bödeker (2005) defienden, tras un exhaustivo análisis de los cuadernos de Darwin, que sus diagramas y metáforas poseen carácter estético y que estas, lejos de ser anecdóticas, desempeñan una función epistémica relevante para la ciencia, en tanto que indicadoras de comprensión.

Otras funciones epistémicas relevantes que pueden desempeñar las metáforas en la ciencia, siguiendo a Donato & Arroyo (2011), son: contribuir a obtener explicaciones, a realizar inferencias acerca de los fenómenos estudiados y a construir nuevas teorías:

(...) the metaphor is a tool used to fulfill three major goals: 1) as an epistemic device seeking to provide a satisfactory explanation (...), 2) as an inferential device that can help infer new aspects of the phenomenon under investigation, and, finally, 3) as an important theory-construction device. (Donato & Arroyo, 2011, p. 89)

Como ya hemos visto, en casos como los que manifiestan los ejemplos que suponen los testimonios de Ramón y Cajal y de Darwin, podemos afirmar que la creatividad contribuye a la comprensión. Por lo tanto, en estos casos la estética desempeña una función epistémicamente justificada que puede contribuir a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos.

Como ya he mencionado, esto no significa que la creatividad (ni la imaginación) desempeñe siempre una función epistémica en la ciencia, tampoco que la única función epistémica posible sea aportar comprensión (por ejemplo, pueden contribuir a la explicación). Aquí me he centrado en la comprensión porque es uno de los objetivos principales de la ciencia y porque es frecuente encontrar referencias a ella en los testimonios de los científicos.

Que en otras ocasiones, los actos creativos no desempeñen una función epistémica tampoco significa que sean anecdóticos o que no posean relevancia para la ciencia. Pueden, de forma heurística, contribuir positivamente en la misma (como veíamos, por ejemplo, en el caso de los preparadores fósiles que detalla Wylie, 2015).

Además, igual que sucedía en el caso de los actos imaginativos, los actos creativos tampoco son siempre y por sí mismos estéticos (considero estéticos los actos creativos que satisfacen las condiciones 1. suelen juzgarse de forma estética y 2. provocan una experiencia estética).

4.3 La función motivacional de la estética en la ciencia

Como señalé en el apartado 3.3 (y como se puede advertir en las citas que recogí allí) es innegable que la estética desempeña una función motivacional en la ciencia. La historia de la ciencia nos aporta numerosos ejemplos de cómo la estética con frecuencia sirve de motivación para la investigación científica. La belleza, por ejemplo, generalmente sirve de aliciente a los científicos para estudiar la naturaleza (Ivanova, 2020, p. 87).

Tradicionalmente, la justificación epistémica que se otorgaba a esta predilección por la belleza tenía que ver con la creencia de que estaba vinculada con la verdad/adecuación empírica de una teoría. Científicos como Dirac, Eddington, Heisenberg o Chandrasekhar apelan en sus escritos a esa confianza en que la belleza de una teoría sea indicadora de su verdad (Ivanova, 2020, p. 88). Sin embargo, del mismo modo que sucedía con el resto de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia, la motivación también puede justificarse teniendo en cuenta su aportación a la comprensión.

Siguiendo a Ivanova (2020), considero que la estética que sirve de motivación científica puede desempeñar una función epistémica, en la medida que responde a un deseo de comprensión. De acuerdo con la autora, la química aporta un ejemplo de esto: aunque la

motivación de los teóricos puede ser estética (al buscar una representación elegante y unificadora), la descripción teórica que se busca resulta epistémicamente relevante, al contribuir a aumentar la comprensión:

Theorists in chemistry search for the best organization of the elements even though they know all the elements, their atomic properties and structural patterns. What guides their enquiry is the idea that a more elegant representation of the elements would provide more understanding. A theoretical description fitting with our aesthetic ideals seems better disposed to attain our epistemic aims. (Ivanova, 2020, p. 99)

La comprensión puede justificar epistémicamente la función motivacional de la estética en la ciencia. Cuando esta función de la estética en la ciencia aporta comprensión, podemos afirmar que está epistémicamente justificada, en tanto que contribuye a ese objetivo epistémico de la ciencia. Esto no significa que la estética que sirve de motivación para la ciencia siempre atienda a un deseo de comprensión. No podemos olvidar que las personas que se dedican a la ciencia son personas con inquietudes, gustos, tendencias, etc. particulares y que, como tal, poseen sus propias motivaciones.

Como ya hemos visto, la motivación estética no siempre toma la forma de una búsqueda de la belleza y el estudio de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia tampoco puede quedar reducido al estudio de las funciones de la belleza en la misma. Como anticipé, nociones como el juego, la maravilla o el asombro, entre otras, forman parte de la estética y contribuyen a la motivación estética de las personas que se dedican a la ciencia (Zinkernagel, 2022).

Esta función motivacional no siempre es una función de la estética epistémicamente justificada, pues no resulta evidente que siempre contribuya a que la ciencia obtenga

comprensión. Sin embargo, ello no impide que la función motivacional que puede desempeñar la estética en la ciencia sea relevante (en un sentido positivo) para esta. No se trata únicamente de que los científicos se sientan emocionalmente implicados con su trabajo o que lo juzguen de forma estética. En ocasiones, como sostiene Root-Bernstein (1996), la estética constituye su motivación para dedicarse a la ciencia y es en este sentido que podemos afirmar que contribuye de forma positiva en la misma.

En dicho artículo, el autor recopila testimonios de diversos científicos que sirven para ejemplificar esta idea: Entre otros, como ya hemos visto, el físico Albert Michelson reconoció la importancia que tenía para él la dimensión estética de su trabajo y confesó dedicarse al estudio de la luz debido a la fascinación que sentía por la misma, Santiago Ramon y Cajal escribió que se dedicó a estudiar el cerebro motivado por la belleza visual que ofrecía la neurobiología y Robert Burns Woodward expresó que eligió dedicarse a la química por motivos estéticos relacionados con su fascinación por los cristales, sus formas y sus formaciones: “Much as I might think about chemistry, it would not exist for me without these physical, visual, tangible, sensuous things” (Woodward; en Root-Bernstein, 1996, p. 58).

A modo de conclusión de los capítulos 3 y 4, sostengo que las funciones principales que puede desempeñar la estética a lo largo de todo el proceso científico, además de contribuir a la ciencia de forma positiva, pueden contribuir a que la misma alcance sus objetivos epistémicos debido a que pueden aportar comprensión. No obstante, como hemos visto, esto no significa que toda estética que desempeña una función positivamente relevante para la ciencia suponga una contribución a la comprensión.

5. La apreciación estética en la ciencia

Con anterioridad ya he justificado que en la ciencia pueden darse juicios estéticos. No obstante, debido a que (como mencioné en el capítulo 1) algunos autores se han mostrado críticos acerca de la posibilidad de apreciar estéticamente la ciencia, en este capítulo analizaré explícitamente si puede darse una apreciación estética de la ciencia, clarificando (de forma más detallada que hasta ahora) a qué se refiere esta expresión, centrándome en qué elementos científicos se pueden apreciar de forma estética, en qué consiste esa apreciación y en qué casos se produce.⁴⁷ Posteriormente, sostendré que la apreciación estética de la ciencia (y las experiencias estéticas que puede provocar) son relevantes para la ciencia y pueden contribuir, del mismo modo que algunas de las funciones de la estética en la ciencia que hemos visto, a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos.

Como establecí en el apartado 2.2, entiendo que apreciar estéticamente algo implica atribuirle valor estético, adoptando una actitud estética (forma específica de contemplar el mundo caracterizada por una actitud desinteresada) que suele ir acompañada de un sentimiento de placer (que puede dar lugar a una experiencia estética, aunque no lo hace de forma necesaria).

La apreciación estética, por lo tanto, lleva consigo un juicio estético: al apreciar estéticamente algo, como podría ser una determinada teoría científica, hago un juicio estético y le atribuyo valor estético (como belleza). Por poner otro ejemplo, apreciamos estéticamente un paisaje cuando, sintiéndonos fascinados por el mismo, lo contemplamos de forma desinteresada y le atribuimos belleza (u otro valor estético, como ser

⁴⁷ Es preciso matizar que el hecho de que la ciencia se pueda apreciar estéticamente no significa que la ciencia sea un objeto estético en el sentido anteriormente expuesto, sino que, algunos de sus elementos se pueden juzgar estéticamente (adoptando esa actitud estética que caracteriza la apreciación estética).

impresionante, sublime, etc.). Esa misma apreciación estética puede dar lugar a una experiencia estética si se le añade un sentimiento de “trascendencia”.

Ese carácter trascendente tiene que ver con el carácter casi místico que se puede apreciar en una experiencia estética y que Dewey califica como “ideal” y “espiritual”. En Dewey (1934), recoge a los testimonios del naturalista William Henry Hudson y el escritor Ralph Waldo Emerson y sostiene que en las experiencias que describen (experiencias estéticas) podemos percibir ese carácter trascendente:

'El follaje suelto, en noches de luna, tiene un peculiar aspecto canoso que hace parecer a este árbol más intensamente vivo que otros, más consciente de mí y de mi presencia (...) Semejante al sentimiento que una persona hubiera tenido si fuera visitada por un ser sobrenatural, y estuviera perfectamente convencida de que estaba ahí en su presencia, aunque silencioso e invisible, mirándolo atentamente y adivinando cada pensamiento de su mente'. Emerson es a menudo considerado como un pensador austero, pero fue Emerson como adulto el que dijo (...): 'Cruzando un prado, enlodado de nieve, en el crepúsculo, bajo un cielo nublado, sin tener en mi pensamiento ninguna idea especial de buena fortuna, he gozado de un perfecto regocijo. Estoy alegre hasta el borde del temor' (...). No hay límite en la capacidad de las experiencias sensibles inmediatas para absorber en sí mismas significados y valores que -en lo abstracto- serían designados como 'ideales' y 'espirituales'. (Dewey, 1934, pp. 32-33).

Por lo tanto, entiendo que la diferencia entre la apreciación estética y la experiencia estética es este sentimiento de trascendencia que acompaña a la última y que hace que el sentimiento de placer que acompaña a la apreciación estética se vea incrementado en la experiencia estética.

Hemos visto que en los testimonios de los matemáticos y científicos a menudo podemos encontrar referencias al sentimiento de placer al que esas personas hacen referencia cuando contemplan una teoría, una demostración, o un experimento. ¿Es legítimo pensar que están haciendo referencia a una apreciación estética de la ciencia?

Algunos autores consideran que no. Volviendo a las tesis que expuse en el apartado 1.1.1, autores como Harré (1958) o Todd (2008) se muestran reticentes a afirmar que pueda tener lugar estética en la ciencia y también a que pueda producirse una apreciación estética de la misma. En esto último me centraré a continuación.

Para Todd (2008), si no podemos diferenciar entre el placer estético y el placer intelectual, no podemos saber con seguridad si ese placer al que los científicos hacen referencia es en realidad un placer estético genuino. Por este motivo, sostiene que tenemos motivos para dudar de que la estética desempeñe alguna función relevante en la ciencia.

How can we be sure that when scientists appeal to the simplicity and symmetry of theories they are expressing aesthetic pleasure, as opposed to, say, intellectual pleasure in empirical success or the satisfaction of their own practical interests? How do we decide when a term is being used aesthetically and when not (...)? (Todd, 2008, p. 71)

No obstante, para defender esta tesis el autor entiende las consideraciones estéticas de una forma que, como explicaré, resulta problemática: Todd entiende que un científico está realizando una consideración de carácter estético (es decir, está atribuyendo valor estético a algo) si posee la intención de hacerlo, para lo que el contexto resulta decisivo.

Debido a que considera que en la ciencia no podemos garantizar que los científicos tengan la intención de atribuir valor estético cuando realizan un juicio aparentemente estético, el autor encuentra dudoso poder afirmar que hay consideraciones estéticas en la ciencia.

Todd (2008) sostiene que cuando nos encontramos con que un científico está juzgando algo de forma estética deberíamos examinar cuidadosamente si su intención es realmente atribuir valor estético, o si simplemente está señalando un cierto placer en la obtención de datos, una conformidad entre las hipótesis y lo observable, etc.

El problema de este enfoque radica en que, al hacer depender así el carácter estético de la pretensión del sujeto de designar valor estético, se complica en exceso la posibilidad de determinar si los científicos realizan juicios estéticos sobre teorías científicas, ya que habitualmente su intención no es algo que podamos dilucidar. No parece haber razones suficientes para dudar del testimonio de los científicos o para sospechar que cuando aprecian estéticamente, en realidad no están manifestando una auténtica apreciación estética, sino que exclusivamente lo están apreciando epistémicamente (porque tampoco hay motivos para exigir que no puedan darse ambos al mismo tiempo, lo que de hecho parece ser el caso como veremos a continuación).

Como señalé en Gutiérrez-Alejos (2022) esta forma de entender los juicios estéticos depende en gran medida del enfoque estético que adopta el autor. Para el subjetivismo (enfoque que adopta Todd) el valor estético reside en una relación entre el objeto juzgado y el sujeto que juzga estéticamente (en lugar de residir en el propio objeto, como sucede en el enfoque denominado objetivismo).

Comparando el enfoque de Todd (2008) con el de McAllister (1996), la discrepancia entre ambos que mencioné con anterioridad se puede entender a la luz de la noción de estética que adoptan sus autores. McAllister adopta un enfoque de tipo proyectivista: el valor estético tampoco reside en el objeto juzgado, pero el sujeto lo proyecta sobre el mismo cuando lo evalúa de forma estética.

Sobre la base de esta diferencia de caracterización de la estética, Todd (2008) critica que el enfoque de McAllister no es capaz de permitir diferenciar cuando un científico realiza un juicio estético de cuando simplemente utiliza términos estéticos de un modo “metafórico” (puesto que, como he dicho, para él la intención es clave, pero para McAllister no).⁴⁸

Otra dificultad derivada del enfoque de Todd (2008) es que podría llevarnos a pensar que solo lo artístico es realmente estético (aunque el autor reconozca que no es imposible apreciar estéticamente teorías científicas), ya que en el contexto artístico no parece tan controvertido como en el ámbito de la ciencia afirmar que los sujetos sí poseen la intención de atribuir valor estético a las obras. En este ámbito no sería habitual pensar que cuando alguien admira, por ejemplo, una obra de arte y realiza un juicio estético sobre ella en realidad no está apreciándola estéticamente, sino simplemente atribuyéndole valor epistémico.

Como ya he mencionado con anterioridad, siguiendo a Kivy (1991), considero que los juicios estéticos que llevan a cabo los científicos son los mismos tipos de juicios que tienen lugar en ámbitos indudablemente estéticos: juicios que emplean términos como simetría, simplicidad, orden, unidad, coherencia, elegancia, armonía o belleza. Este enfoque no impide la posibilidad de en la ciencia se den juicios estéticos y permite analizar si esos juicios estéticos que realizan los científicos son realmente estéticos (hacen referencia a una genuina apreciación estética), en lugar de rechazar de antemano que esto sea posible debido a que su no podemos determinar si esa es su intención.

⁴⁸ Más información acerca de las diferencias entre subjetivismo, objetivismo y proyectivismo en Tatarkiewicz (1976), Rønnow-Rasmussen (2003) o Beardsley & Hospers (2007).

Además, como adelantaba hace un momento, la apreciación estética y la epistémica no son excluyentes. Por ejemplo, cuando un científico aprecia la elegancia de una teoría no tiene que escoger si apreciarla de forma estética o epistémica, puede hacer ambas al mismo tiempo (Kivy, 1991, p. 324).

De hecho, a menudo la apreciación estética en la ciencia lleva consigo también una apreciación epistémica (y al contrario), debido al vínculo entre la estética y la comprensión que ya he señalado. En Root-Bernstein (1996) encontramos testimonios que ejemplifican esta idea. Por ejemplo, las siguientes palabras del etólogo Nikolaas Tinbergen ponen de manifiesto como la apreciación epistémica no impide (e incluso, en ocasiones, posibilita) la apreciación estética:

We often felt that there is not less, and perhaps even more, beauty in the result of analysis than there is to be found in mere contemplation. (...) I believe that I myself am not at all insensitive to an animal's beauty, but I must stress that my aesthetic sense has been receiving even more satisfaction since I studied the function and significance of this beauty. (Tinbergen; en Root-Bernstein, 1996, p. 55)

Asimismo, puede suceder al contrario y que sea la apreciación estética la que lleva consigo (o posibilita) la apreciación epistémica:

He who has once seen the intimate beauty of nature cannot tear himself away from it again. He must become either a poet or a naturalist and, if his eyes are good and his powers of observation sharp enough, he may well become both. (Root-Bernstein, 1996, p. 56).

Es por este motivo que Root-Bernstein señala la importancia de evitar pensar en lo epistémico y lo estético como aspectos diametralmente opuestos: “To think is to feel. (...)”

The integration of thought and emotion, analysis and feeling is as typical in science as in poetry, music, or painting, and many scientists have been explicitly clear on this matter” (Root-Bernstein, 1996, p. 55). En la ciencia, como sucede en el arte, no es incompatible evaluar epistémicamente algo y apreciarlo estéticamente.⁴⁹ Por lo tanto, considero que es razonable hablar de una genuina apreciación estética en la ciencia.

Si atendemos a la literatura existente podemos encontrar algunas referencias a la apreciación estética de la ciencia, aunque no se especifica en qué consiste dicha apreciación. Por este motivo, apoyándome en las principales obras que han tratado esta cuestión, voy a esclarecer, de una forma sistemática los interrogantes anteriormente mencionados; a saber: qué elementos científicos se pueden apreciar de forma estética, en qué consiste dicha apreciación y cuándo se produce. El listado que elaboraré a continuación no pretende ser definitivo, ni agotar los motivos de apreciación estética en ciencia. Su objetivo es explicitar a qué hacemos referencia al afirmar que los científicos pueden apreciar de forma estética la ciencia.

1. ¿Qué elementos científicos se puede apreciar de forma estética?

Siguiendo a Arcangeli & Dokic (2020), al considerar las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia podemos diferenciar tres niveles en los que la estética puede tener

⁴⁹ Con respecto a la posibilidad de evaluar epistémicamente el arte, comparto con Elgin la creencia de que el arte puede aportar comprensión. En palabras de la autora: “We ought not too quickly dismiss art from the cognitive realm (...) Understanding here comes not through passively absorbing new information, but through incorporating it into a system of thought that is not, as it stands, quite ready to receive it” (Elgin, 2002, pp. 1-2). El arte, considera, aporta formas alternativas de ver, representar y comprender fenómenos, invitándonos a considerar si esas alternativas mejoran o empeoran las perspectivas que adoptamos de forma ordinaria o las creencias que adoptamos normalmente (Elgin, 2002, p. 11). Por lo tanto, es posible apreciar estéticamente una obra de arte y, al mismo tiempo, evaluarla epistémicamente. Por ejemplo: podemos leer una novela o un poema que, además de ser bellos, encierran alguna enseñanza que nos aporta comprensión acerca de algún tema o de nosotros mismos, como es el caso de *Niebla* de Miguel de Unamuno (Unamuno, 1914). Y lo mismo puede suceder al contemplar una pintura como *Vir*, *Heroicus*, *Sublimis* (Barnett Newman, 1950) o escuchar una obra musical como *4'33''* (John Cage, 1952). El primer caso nos aporta comprensión acerca de las inquietudes teológico-existenciales propias de la naturaleza humana, el segundo acerca de la conciencia de nosotros mismos (Danto, 2003, pp. 219-223) y el tercero acerca del silencio (o la imposibilidad de este) y la escucha.

lugar: los elementos u objetos de estudio de la ciencia (por ejemplo, los fenómenos naturales), los productos de la ciencia (como teorías o modelos) y la práctica científica (por ejemplo, el diseño de experimentos) (Arcangeli & Dokic, 2020, p. 104). Utilizando este esquema y en consonancia con los ejemplos que nos aporta la literatura existente, podemos afirmar que estos son los elementos científicos que se pueden apreciar de forma estética (los fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia, los productos de esta y los experimentos científicos).

2 ¿Cuándo se produce la apreciación estética de esos elementos científicos?

2.1) Los fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia. En ocasiones, los elementos o fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia se juzgan de forma estética (generalmente se les atribuye belleza). Por poner un ejemplo, Holmes (2008) menciona los avances en meteorología de Luke Howard y señala que, a pesar de que su trabajo no logró culminar en una teoría consistente, es relevante porque puso de manifiesto la belleza (que había pasado inadvertida) de las nubes:

Howard was elected to the Royal Society in 1821, but did not achieve a consistent theory of atmospheric pressures and gradients (high- and low-pressure systems), upon which all weather forecasting would ultimately be based, although he outlined this in his last work, *Barometrographia* (1847). But he called new attention to the formation and transformation of clouds, their seasonal varieties and characteristics, and above all perhaps to their astonishing beauty. (Holmes, 2008, cap. 3).

Asimismo, el descubrimiento o la comprensión de los objetos de estudio de la ciencia puede provocar a los científicos sentimientos como la maravilla o el asombro que, a su vez, conllevan una apreciación estética de los mismos. Estos sentimientos, normalmente

vinculados con la experiencia estética de lo sublime, se han estudiado con mayor detalle en el ámbito del arte, pero también pueden darse en la ciencia:

It is not only poets and philosophers who have written of the sublime; scientists have also described experiences that convey these same feelings [*awe and wonder*] (...) It is only through a deep understanding of a phenomenon that one can appreciate its true complexity, and these understandings, when mixed with the emotion of reverence, are sublime. (Cavanaugh, 2014, pp. 61-62).⁵⁰

En ocasiones, la comprensión de fenómenos (o también de teorías y demostraciones) puede dar lugar a una experiencia estética de este tipo. Como Cavanaugh (2014) o Zinkernagel (2022) mencionan, aunque los científicos no usen de forma explícita el concepto sublime, es posible encontrar en sus obras referencias a un sentimiento que encaja con las características principales de este tipo de experiencia.⁵¹ Un claro ejemplo es la siguiente cita de Heisenberg en la que, haciendo referencia a un cálculo que hizo en 1925 y que supuso el comienzo de la mecánica cuántica, la experiencia descrita encaja con una experiencia estética:

I became rather excited, and I began to make countless arithmetical errors. As a result, it was almost three o'clock in the morning before the final result of

⁵⁰ Las palabras en cursiva no están en la cita original.

⁵¹ El concepto de lo sublime, si bien ya existía desde el antiguo tratado *Sobre lo Sublime* escrito por Pseudo-Longino, comienza a ocupar una posición central en el pensamiento estético a partir del siglo XVIII (Tatarkiewicz, 1976, p. 173). Es en este momento cuando Burke establece una definición similar a la vigente en la actualidad: "Whatever is fitted in any sort to excite the ideas of pain, and danger, that is to say, whatever is in any sort terrible, or is conversant about terrible objects, or operates in a manner analogous to terror, is a source of the sublime; that is, it is productive of the strongest emotion which the mind is capable of feeling. When danger and pain press too nearly, they are incapable of any delight, and are simply terrible; but at certain distances, and with certain modifications, they may be, and they are delightful, as we every day experience" (Burke; en Hoffmann & Whyte, 2011, p. 4). En la ciencia, lo sublime adquiere un cariz ligeramente diferente, al desempeñar una posición relevante la comprensión como se puede advertir en la cita de Cavanaugh que acabamos de ver.

my computations lay before me. (...) At first, I was deeply alarmed. I had the feeling that through the surface of atomic phenomena, I was looking at a strangely beautiful interior, and felt almost giddy at the thought that I now had to prove this wealth of mathematical structure nature had so generously spread out before me. I was far too excited to sleep. (Heisenberg, 1971, p. 61).

2.2) Los científicos y científicas suelen apreciar estéticamente las teorías científicas y demostraciones matemáticas cuando advierten en ellas propiedades estéticas como, por ejemplo, simplicidad y simetría: “Physical scientists frequently cite symmetry properties as grounds for regarding theories as beautiful” (McAllister, 1996, p. 44).

La apreciación estética de las teorías científicas y demostraciones matemáticas también puede darse al detectar esa uniformidad entre la variedad que da lugar a la comprensión de la que he hablado con anterioridad. Esta uniformidad se corresponde con una cualidad estética (la de ser una red armónica y coherente de elementos interconectados). La cualidad estética de la coherencia y la interconexión se corresponde con aquello a lo que los físicos hacen referencia a menudo cuando juzgan de forma estética una teoría. En palabras de Kosso:

The aesthetic quality of coherence and interconnection matches what physicists often mean when they describe theories as beautiful. Heisenberg, for example, (...) specifies the relevant aesthetic concept to be, 'Beauty is the proper conformity of the parts to one another and to the whole'. Richard Feynman clarifies an aspect of the physicist's sense of beauty by explaining that when you see 'two laws are connected so that reasoning alone will bring you from one to the other ... you will appreciate the beauty of the relationship of the statements'. (Kosso, 2002, p. 41).

Esta detección de uniformidad y obtención de comprensión se pueden juzgar de forma estética y también pueden dar lugar a una experiencia estética. Por ejemplo, cuando un científico descubre que, después de años trabajando en un problema, la respuesta está finalmente ahí y unifica o conecta fenómenos que hasta el momento parecían estar desconectados entre sí. En estos casos, los científicos suelen expresar un placer estético que se corresponde con la experiencia estética (aunque no necesariamente utilicen estos términos de forma explícita, como veíamos en la cita de Heisenberg).

Como ya hemos visto, esto pone de manifiesto que podemos encontrar una relación entre la apreciación estética de la ciencia y la comprensión, por lo que podemos afirmar que esta función de la estética en la ciencia también es relevante para la ciencia y sus fines.

2.3) Los experimentos científicos. De acuerdo con Parsons (2000) e Ivanova (2021), los científicos pueden apreciar de forma estética los experimentos científicos. Según estos autores, la apreciación estética de los experimentos tiene que ver con sus propiedades internas (si exhiben propiedades estéticas, como sucedía con las teorías científicas, aunque en este caso se suelen considerar especialmente relevantes la simplicidad, la economía y la elegancia), además de con su éxito manifestando la creatividad de la persona que los diseñó.

A modo de ejemplo, Parsons menciona el proceso denominado por Rutherford como desintegración artificial y el experimento mediante el cual el físico llegó a su descubrimiento:

With regard to the artificial disintegration of atomic nuclei, performed by Rutherford in the early twentieth century, for instance, Peter Kapitsa could 'not help but be astonished by this simplicity of the posing of the questions, by this most simple experiment'. (Parsons, 2000, p. 408).

3. ¿En qué consiste dicha apreciación estética de la ciencia?

3.1) En los fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia, la apreciación estética suele hacer referencia a un reconocimiento de belleza o a los sentimientos que estos fenómenos provocan: maravilla, asombro, etc. y, en ocasiones, a la experiencia estética que generan (un ejemplo en la cita de Cavanaugh, 2014 que vimos hace un momento).

3.2) En las teorías científicas y demostraciones matemáticas, la apreciación estética a menudo consiste en juzgar dichas teorías o demostraciones como bellas (por ejemplo, véase McAllister, 1996, p. 33).

3.3) En los experimentos científicos, la apreciación estética de los mismos habitualmente consiste en juzgarlos como bellos o en apreciar la creatividad que manifiestan (como por ejemplo veíamos en Ivanova, 2021).

Es pertinente recordar (véase la página 79) que la apreciación estética posee un carácter de “recompensa” que le permite desempeñar diversas funciones en la ciencia (independientemente de si está vinculado a una experiencia estética o no): puede motivar (para dedicarse a la ciencia, no abandonar una investigación, estudiar cierto fenómeno, etc.), servir de guía, contribuir a la divulgación de la ciencia (y a la educación científica) haciéndola más atractiva para el público en general, etc.⁵²

Por último, cabe destacar que la apreciación estética de la ciencia y las experiencias estéticas que puede suscitar, como ya he adelantado, también poseen un vínculo relevante

⁵² La estética puede resultar ventajosa en la enseñanza de la ciencia como ponen de manifiesto múltiples estudios en los que, para no alejarme del tema que aquí me ocupa, no voy a profundizar en este trabajo. Para más información véase, por ejemplo, Girod (2007), Pugh & Girod (2007), Hadzigeorgiou (2016), Østergaard (2017) o Zinkernagel (2020). De acuerdo con este último, incorporar la estética en la educación científica puede traducirse en un incremento de la motivación para el aprendizaje. Además, puede contribuir a que se obtenga una mayor comprensión. Como también señala Girod: “This paper (...) is, however, a call for science educators to more systematically attend to, study the results of, assist teachers in teaching for, and weighing effectiveness as, at least in part, the recognition of the relationship between aesthetics and science. (...) With Root-Bernstein, I believe that understanding must incorporate elements of aesthetics and aesthetic appreciation through aesthetic experience to maximize powerful learning” (Girod, 2007, p.57).

con la comprensión científica. Por ejemplo, las experiencias estéticas (ya estén relacionadas con lo bello o con lo sublime) actúan como motivadoras para los científicos y pueden contribuir a la comprensión. De acuerdo con Arcangeli & Dokic (2020), las experiencias estéticas de lo sublime que tienen lugar en la ciencia son relevantes para esta porque contribuyen a la comprensión, especialmente debido a que alertan de los límites de lo que nos resulta cognoscible en tanto que humanos:

We now see that aesthetic considerations pertaining to sublimity can also motivate the scientist to form other judgements of understanding, which involve the feeling that the theory or set of hypotheses under consideration has been pushed towards the limits of what we may cognitively encompass as human beings. This is what happens when, for instance, we grasp the deep meaning of General Relativity. Sublimity experiences are limit-experiences, but limit-experiences also play a role in the pursuit of understanding, which again may point to a common psychological core. (Arcangeli & Dokic, 2020, pp. 120-121).

Asimismo, existe una relación más profunda entre la comprensión y la experiencia estética. De acuerdo con Root-Bernstein (1996), en ocasiones la comprensión científica se acompaña de una experiencia de “asimilación de conocimiento” tan completa que acarrea una sensación de pérdida de identidad del sujeto que la experimenta. Esta caracterización concuerda con las características que se suelen atribuir a las experiencias estéticas (Dewey, 1934; Shusterman, 1997). Un testimonio que ejemplifica esta experiencia es la cita de la científica McClintock que vimos en la página 75.

Si bien es cierto que la comprensión en la ciencia no siempre está caracterizada por una experiencia de este estilo, algunos testimonios de científicos sí evidencian ese sentimiento de “pérdida de identidad” al estudiar cierto fenómeno, lo que denota, además de

comprensión científica, la vivencia de una experiencia estética. En palabras de Root-Bernstein:

In short, science (...) must look simultaneously inward to the mind-soul and outward to the universe and find harmony in the juxtaposition to be aesthetically satisfied. It is only thus that we can understand the importance of Einstein's remark that, 'I am a little piece of Nature' (...). I become what I study, and when the I and It merge, understanding has been achieved. (Root-Bernstein, 1996, p. 69).

En el caso de las experiencias estéticas relacionadas con lo sublime, a menudo a estas características se les suele añadir una sensación abrumadora de inmensidad o de poder que se entremezcla con la admiración, pero que tiñe la experiencia con algunos sentimientos negativos relacionados con la inquietud o el miedo. Por ejemplo, Cavanaugh recoge las siguientes palabras de Heisenberg a Einstein: “You must have felt this too: the almost frightening simplicity and wholeness of the relationships which nature suddenly spreads out before us and for which none of us was in the least prepared” (Heisenberg; en Cavanaugh, 2014, p. 62). Otros ejemplos son el ya varias veces mencionado testimonio de Heisenberg (páginas 119-120) y la cita de Feynman (página 72).

Por lo tanto, resulta relevante que la comprensión científica, entendida como una aprehensión de las conexiones entre las ideas (comprensión como unificación, tal y como propuse en el capítulo 2), en ocasiones se puede dar acompañada de una apreciación estética (cuando los científicos adoptan una actitud estética y atribuyen valor estético a aquello que comprenden) que puede dar lugar a una experiencia estética.

A su vez, debido a ese carácter de transcendencia del que ya he hablado, esta experiencia estética puede transformar nuestra experiencia y percepción del mundo, tal y como señala

Zinkernagel: “(...) aesthetic experiences in science are also moving or even transforming, in the sense of changing our perception or view of (aspects of) the world” (Zinkernagel, 2022, p. 3).

En definitiva, existe una relación entre la comprensión y la apreciación y las experiencias estéticas, lo que nos permite afirmar que estas también pueden desempeñar una función epistémicamente justificada en la ciencia. En Girod & Schepige (2003), extrapolan esta idea a la educación científica. Esto resulta relevante porque nos pone sobre la pista de que la apreciación estética de la ciencia no está limitada a las personas que se dedican a ella (cualquiera puede apreciar estéticamente la ciencia adoptando la disposición adecuada), lo que puede ser de utilidad en la educación y la difusión científica. Según los autores:

The world looks so different after learning science. For example, trees are made of air, primarily. When they are burned, they go back to air, and in the flaming heat is released the flaming heat of the sun which was bound in to convert the air into tree. (...) These are beautiful things, and the content of science is wonderfully full of them. They are very inspiring, and they can be used to inspire others. (Feynman; en Girod & Schepige, 2003, p. 575).

Basándose en la concepción estética de Dewey, Girod & Schepige (2003) proponen que la enseñanza de la ciencia debería estar guiada por las experiencias estéticas, experiencias con significado que nos conectan con el mundo y con la ciencia y que en última instancia nos aportan comprensión (p. 577). Las distintas funciones que la estética puede desempeñar en la ciencia no son anecdóticas, sino que son relevantes para los fines

epistémicos de la ciencia (del mismo modo que lo son también para la educación científica).⁵³

A modo de resumen de este capítulo, véase la figura 6.

Figura 6

La apreciación estética de la ciencia

¿Qué elementos científicos se pueden apreciar estéticamente?	¿Cuándo se produce esa apreciación estética?	¿En qué consiste esa apreciación estética?
Los fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia	Se les puede atribuir valor estético (especialmente belleza).	Se realizan juicios estéticos sobre ellos y se utilizan términos estéticos.
	Su descubrimiento (o comprensión) puede provocar sentimientos (como maravilla o asombro).	Esos sentimientos pueden provocar una experiencia estética relacionada con lo sublime o con la belleza.
Las teorías científicas y demostraciones matemáticas	Generalmente se aprecian estéticamente cuando se detectan en ellas ciertas propiedades internas: simetría, simplicidad, ... (propiedades estéticas).	Habitualmente, al detectar propiedades estéticas en las teorías científicas se suelen juzgar esas teorías como bellas.
	Los científicos aprecian estéticamente dichas teorías cuando advierten en ellas la uniformidad (“unidad en la variedad”) que produce comprensión.	La unidad en la variedad puede hacer que la teoría que la exhibe se juzgue como bella, y/o puede dar lugar a una experiencia estética.
Los experimentos científicos	Los experimentos científicos se aprecian estéticamente cuando exhiben la propiedad estética de la simplicidad y manifiestan la creatividad de su autor.	Habitualmente se suelen juzgar como bellos los experimentos científicos que exhiben esas propiedades.

⁵³ Como mencioné con anterioridad, no voy a entrar en esta cuestión en este trabajo para no alejarme del tema que aquí me ocupa, pero todavía queda mucho por decir acerca de las funciones de la estética en la educación científica, por lo que queda planteada esta dirección de trabajo para estudios ulteriores.

6. Resultados

En este capítulo, a modo de recapitulación, voy a compilar las principales tesis que he ido defendiendo a lo largo de este trabajo y a señalar en qué sentido constituyen un avance con respecto a la literatura existente y, por lo tanto, una aportación al propósito de comprender la funciones (y su justificación epistémica) que puede desempeñar la estética en la ciencia.

6.1 Clarificaciones conceptuales y propuestas de caracterización de términos

En primer lugar, en este trabajo he realizado una clarificación conceptual de las nociones más relevantes para el estudio de las funciones de la estética en la ciencia, con el objetivo de facilitar su posterior estudio y evaluación, así como de evitar ambigüedades o dificultades (como las que señalé con anterioridad respecto a los enfoques de McAllister, 1996 y Todd, 2008).

Tras analizar de qué manera se suelen utilizar las nociones de comprensión científica, ciencia y estética en los estudios acerca de este tema, he defendido qué concepción de cada una de esas nociones resulta más apropiada para el estudio que aquí realizo y por qué motivo. Así, he especificado algunos de los principales problemas derivados de la asunción de nociones diferentes y defendido las que adopto en este trabajo.

- Ciencia. Sostengo que la obtención y acumulación de conocimiento no es el único objetivo epistémico relevante de la ciencia, sino que la comprensión resulta fundamental. Además, adopto una posición de la ciencia que, sin distinción rígida de contextos, otorga relevancia a todas sus etapas y procesos de esta.

- Estética. Adopto una noción en línea con Beardsley & Hospers (2007) y con el significado original del término Baumgarten (1750/58). Entiendo que la estética es el ámbito de estudio de todos los objetos estéticos (y problemas derivados de su contemplación), por lo que no puede quedar reducida al estudio del arte, ni tampoco centrarse exclusivamente en la belleza.

Asimismo, por objeto estético entiendo aquellos objetos (no necesariamente físicos) que suelen juzgarse estéticamente (y, por tanto, a los que se les puede atribuir valor estético o propiedades estéticas, utilizando términos estéticos, entendidos como términos finales) y que pueden provocar una experiencia estética. También he explicitado la diferencia entre apreciación estética, actitud estética y experiencia estética.

- Comprensión científica. En consonancia con Gijsbers (2013) definiendo una noción general de comprensión científica basada en la unificación que considera que comprender consiste en advertir el patrón o las conexiones que subyacen entre las ideas y los fenómenos. Esta noción es lo suficientemente general como para incluir varios tipos diferentes de comprensión (por ejemplo, la comprensión explicativa, la comprensión objetual y la comprensión práctica) y cuenta con el respaldo de la evidencia empírica (concuerda con lo que podemos advertir en los testimonios de los científicos).

De igual modo, nos permite estudiar las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia de una forma más detallada que otras nociones que encontramos en la literatura existente (debido a que, en ciertas condiciones, la comprensión científica entendida de este modo se suele juzgar de forma estética). Especialmente debido a que este enfoque no impide de antemano la posibilidad de analizar si la estética desempeña una función (epistémicamente justificada) en la ciencia, lo que sí ocurre al adoptar enfoques como, por ejemplo el de Todd (2008).

Gracias a estas clarificaciones conceptuales he podido conformar un marco teórico que ha hecho posible realizar una recopilación sistemática de las principales tesis en la literatura existente acerca de las funciones que desempeña la estética en la ciencia y que me ha permitido clasificar dichas propuestas, con el objetivo de poder compararlas, analizarlas y evaluarlas, a pesar de adoptar enfoques diferentes.

Tras este análisis, he señalado las principales fortalezas y debilidades de esos estudios para, posteriormente, contrastarlos con los testimonios de los científicos y elaborar mi propia argumentación al respecto. En breve: la estética puede desempeñar diversas funciones a lo largo de todo el proceso científico y estas pueden contribuir positivamente en la ciencia, pero, además, también pueden contribuir a uno de sus objetivos epistémicos principales: la obtención de comprensión.

6.2 La estética puede desempeñar funciones relevantes en todas las etapas de la ciencia

El estudio de las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia que he realizado se basa sobre todo en una concepción de la ciencia diferente a la que tradicionalmente se ha tendido a adoptar para estudiar este tema. Por un lado, evitando la distinción de contextos, defiendo la necesidad de analizar la estética en todas las fases del proceso científico y, por otro lado, sostengo que la ciencia no solo tiene como objetivo epistémico relevante la acumulación de conocimiento.

La estética desempeña funciones relevantes en la ciencia en sus primeras etapas (lo comúnmente llamado contexto de descubrimiento), pues sirve de motivación y contribuye a la creación de hipótesis, diseño de experimentos y, posteriormente, desarrollo de teorías científicas mediante el uso de la imaginación y la creatividad, entre otros. Pero, además, la estética también contribuye a la elección entre teorías científicas rivales, supone una

motivación para no abandonar la investigación, ayuda a la difusión y la educación científica y sirve de gratificación cuando se alcanzan resultados.

No solo, por tanto, se trata de reivindicar la relevancia de la estética más allá del contexto de descubrimiento, sino de evitar establecer una distinción rígida de contextos y de reconocer su importancia en todas las etapas de la ciencia, incluidas las dimensiones “prácticas” (relacionadas con el diseño y la evaluación de experimentos). Si bien estas dos afirmaciones no son originales por sí mismas, la tesis que defiende en este trabajo (y que sí constituye una aportación a la literatura existente) es que esas funciones que puede desempeñar la estética a lo largo de todo el proceso científico, además de contribuir positivamente a la ciencia, pueden ayudar a la misma a que alcance sus objetivos epistémicos, en tanto que aportan comprensión.

A pesar de que en la actualidad han comenzado a cobrar relevancia otros elementos, hasta hace unos años la mayoría de la literatura existente acerca de las funciones de la estética en la ciencia se ha tendido a centrar en la estética (especialmente la belleza o propiedades estéticas como la simetría o la simplicidad) en la elección entre teorías científicas (especialmente en el ámbito de la matemática o la física).

No obstante, la presencia de estética (objetos estéticos como la creatividad o la imaginación, términos estéticos como el asombro, valores estéticos como lo sublime, actitudes estéticas como la del juego, etc.) en todas las fases y dimensiones de las ciencias no es algo anecdótico y merece ser analizada con detenimiento, tal y como he comenzado a hacer aquí.

En este trabajo he introducido la distinción entre funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia de forma positivamente relevante (para la ciencia) y funciones que están epistémicamente justificadas en la ciencia. Sostengo que las funciones relevantes

son aquellas que pueden contribuir, de forma heurística, positivamente a la ciencia. Esas funciones relevantes están también epistémicamente justificadas cuando, además de ser relevantes, contribuyen a que la ciencia pueda alcanzar sus fines epistémicos. Sobre esta base, de forma sistemática he examinado cuáles son las principales funciones que la estética puede desempeñar en la ciencia y que contribuyen positivamente en esta y si contribuyen a la comprensión.

6.3 La estética en ciencia no se limita a la noción de belleza

Del mismo modo que sucedía en el apartado anterior con la defensa de que la ciencia no se puede reducir a la evaluación de teorías, que la estética no puede limitarse a la noción de belleza no es en sí misma una tesis original de este trabajo. En el siglo XIX la estética dejó de centrarse casi exclusivamente en ella y se introdujeron en el ámbito de estudio nociones como el arte, la experiencia estética o lo sublime y en el siglo XX la belleza se desvinculó del arte.

Puede que la estética contemporánea haya desligado el arte de la belleza, como afirma Danto (2003), pero es asimismo relevante tener presente que la estética no se limita al estudio del arte. En línea con la concepción original del término acuñado por Baumgarten (estética como conocimiento sensible, por contraposición al conocimiento propio de la lógica), he propuesto atender a una definición de estética como la esbozada en Beardsley & Hospers (2007). De este modo, se entiende que la estética es la rama de la filosofía dedicada al estudio de los conceptos y los problemas derivados de la contemplación de objetos estéticos.

Por lo tanto, la defensa de que la estética no se reduce al estudio del arte, ni tampoco al estudio de lo bello no es, como decía, original de este trabajo. Sin embargo, mi contribución aquí ha consistido en adoptar este enfoque y explicitarlo de forma

sistemática para, en conjunto con los argumentos que expuse en el apartado anterior, la clasificación de la literatura existente acerca del tema que aquí me ocupa y la clarificación conceptual de los términos clave, conformar un marco teórico coherente desde el que estudiar las funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia de una forma más amplia que la que podemos encontrar en la literatura existente.

Para analizar las funciones de la estética en la ciencia, resulta adecuado adoptar un enfoque pluralista que reconozca que la belleza no el único valor estético relevante que entra en juego en la ciencia. Comparto con Arcangeli & Dokic (2020) que lo sublime es un valor estético (y puede darse en la ciencia) tan relevante como lo bello. Que los valores estéticos intervienen en la ciencia es algo que tanto la historia de la ciencia, como los testimonios de las personas que se dedican a la ciencia ponen de manifiesto.

De este modo, no se trata solo de afirmar que la estética no se reduce a lo bello, sino que he analizado la presencia de estética en la ciencia, más allá de la noción de belleza. Hay en la literatura existente algunas propuestas en esta dirección, no obstante, todavía son minoritarias y requieren mayor sistematicidad y clarificación

Además, he defendido que la creatividad y la imaginación pueden ser objetos estéticos y que, como tales, pueden desempeñar funciones relevantes y epistémicamente justificadas en la ciencia. La estética (ya sean las propiedades estéticas, los valores y los objetos estéticos, la actitud estética o la experiencia estética) puede servir de motivación para la investigación científica, de recompensa tras la misma o pueden contribuir a la difusión y la educación científica haciendo la ciencia más atractiva para el público en general.

Estas funciones están epistémicamente justificadas debido a la relación que existe entre esos elementos estéticos y la comprensión. Esto, no obstante, no significa que la comprensión siempre se juzgue, de forma automática, de forma estética. He sostenido que

esto ocurre cuando la comprensión satisface los mismos criterios que caracterizan los objetos estéticos: suele juzgarse estéticamente y puede provocar una experiencia estética. A su vez, la comprensión se suele juzgar estéticamente cuando cumple ciertas condiciones como resultar inesperada, sorprendente, o ser fruto de un arduo trabajo, entre otros. Por ejemplo, un científico puede juzgar como bella una teoría científica que manifiesta una unificación de fenómenos que resulta inesperada. Dicha unificación aporta comprensión, pero además se juzga de forma estética (y puede dar lugar a una experiencia estética).

Por último, he analizado si es posible apreciar estéticamente la ciencia y en qué sentidos se ha defendido (y criticado) esta tesis en la literatura existente, a la luz de la cual he propuesto caracterizar la apreciación estética como una atribución de valor estético que se realiza tras adoptar una actitud estética, que suele ir acompañada de un sentimiento de placer y que puede dar lugar a una experiencia estética.

Debido a la ambigüedad de la noción de apreciación estética, he establecido una caracterización de esta atendiendo a los usos principales que encontramos en la literatura existente. He defendido que los testimonios de los científicos y científicas nos ponen de manifiesto que sí es posible apreciar estéticamente la ciencia y he aclarado qué significa esta afirmación, explicitando qué elementos científicos se pueden apreciar de forma estética, en qué consiste dicha apreciación y cuándo se produce.

7. Conclusiones

En este trabajo he analizado algunas de las principales funciones que puede desempeñar la estética en la ciencia y, posteriormente, he especificado cuál es su justificación epistémica, es decir, por qué motivo puede considerarse que contribuye a que la ciencia alcance sus objetivos epistémicos.

Para realizar dicho análisis he trazado un “mapa” de la literatura existente acerca de la cuestión que aquí me concierne y, mediante la clarificación de los conceptos clave, he elaborado un marco teórico que me ha permitido establecer relaciones y hacer comparaciones entre las propuestas de distintos autores para analizarlas y evaluarlas, a pesar de que sus tesis tomen como punto de partida enfoques diferentes.

Tras esa clarificación conceptual de los términos equívocos cuya variedad de significados o formas de uso puede dar lugar a malentendidos, he señalado en qué sentido las utilizo en este trabajo y por qué motivo considero que entenderlas de esa forma resulta lo más adecuado.

En cuanto a las funciones de la estética en la ciencia, he destacado las principales: contribuir a la elección entre teorías científicas rivales, ayudar a la elaboración de hipótesis, teorías o experimentos, servir de motivación (para dedicarse a la ciencia, para estudiar ciertos fenómenos, hechos, hipótesis o para persistir en su trabajo y no abandonar el estudio), contribuir a su difusión o funcionar como “recompensa” (lo que a su vez también sirve de motivación o incluso de guía en la ciencia, ayuda a que la ciencia sea más atractiva para la población contribuyendo a su divulgación, etc.).

Estas funciones pueden resultar relevantes y contribuir de forma positiva en la ciencia y, además, pueden contribuir a la comprensión científica (lo que supone uno de los principales objetivos epistémicos de la ciencia). En la actualidad las funciones que puede

desempeñar la estética en la ciencia es una cuestión que recibe una atención creciente, lo que evidencia su importancia.

El enfoque del que he dotado a esta investigación (que no reduce la ciencia únicamente a la elaboración/justificación de teorías ni a lo “observacional”) perfila una imagen de la ciencia que resulta más atractiva para la población en general, lo que contribuye de forma positiva a la educación y la divulgación científica. Y, lo que no es menos importante, se ajusta mejor a la realidad de la práctica científica, tal y como podemos deducir a partir de los testimonios de los científicos, lo que permite a la filosofía de la ciencia comprender mejor la ciencia.

Índice de figuras

Figura 1. <i>¿Desempeña la estética alguna función en la ciencia?</i>	29
Figura 2. <i>Clarificación de términos clave en el ámbito de la estética</i>	47
Figura 3. <i>Principales funciones de la estética en la ciencia</i>	57
Figura 4. <i>Ejemplo de pintura de Alexander Fleming</i>	85
Figura 5. <i>Ejemplos de ilustraciones de Ramón y Cajal</i>	106
Figura 6. <i>La apreciación estética de la ciencia</i>	126

Bibliografía⁵⁴

Aliseda, A. (2006). *Abductive reasoning: Logical investigations into discovery and explanation*. Springer.

Aliseda, A. (2014). *La Lógica como Herramienta de la Razón: Razonamiento Ampliativo en la Creatividad, la Cognición y la Inferencia*. (Vol. 6). College Publications.

Arcangeli, M., & Dokic, J. (2020). A Plea for the Sublime in Science. En M. Ivanova & S. French (Eds.), *The Aesthetics of Science* (pp. 104-124). Routledge.

Ayer, A. J. (Ed.). (1959). *El Positivismo Lógico* (1981). Fondo de Cultura Económica.

Baumgarten, A. G. (1750/58). *Theoretische Ästhetik: Die grundlegenden Abschnitte aus der «Aesthetica»*. Lateinisch-Deutsch (H. R. Schweizer, Ed.) (1983). F. Meiner.

Baker, A. (2022). Simplicity. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Recuperado 03 de enero de 2023, de: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/simplicity/>

Beaney, M. (2010). *Imagination and Creativity*. Open University Worldwide.

Beardsley, M. C., & Hospers, J. (2007). *Estética: Historia y fundamentos*. Cátedra.

Benovsky, J. (2016). Against Aesthetic/Sensory Dependence. *The Nordic Journal of Aesthetics*, 25(51). <https://doi.org/10.7146/nja.v25i51.25158>

⁵⁴ En las referencias en las que aparecen dos fechas con la primera hago la referencia al año de publicación de la obra original, mientras que la fecha que aparece tras el título hace referencia al año de la edición que manejo.

Bird, A. (2019). The aim of belief and the aim of science - El objetivo de la creencia y el objetivo de la ciencia. *Theoria: An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 34(2), 171-193. <https://doi.org/10.1387/theoria.19351>

Bird, A. (2022). *Knowing Science*. Oxford University Press.

Breitenbach, A. (2013). Aesthetics in Science: A Kantian Proposal. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 113, 83-100. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9264.2013.00346.x>

Breitenbach, A. (2020). On Imagination in Experiences of Beauty and Achievements of Understanding. *The British Journal of Aesthetics*, 60(1), 71-88. <https://doi.org/10.1093/aesthj/ayz048>

Bronowski, J. (1956). *Science and human values* (1975). Harper & Row.

Brown, J. R. (2004). Why Thought Experiments Transcend Empiricism. En C. Hitchcock (Ed.), *Contemporary Debates in Philosophy of Science* (pp. 23-43). Blackwell.

Burke, E. (1756). *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello* (2014). Alianza Editorial.

Cage, J. (1952). 4'33'' [composición musical/arte conceptual]

Caamaño Alegre, M. de la C. (2015). Prácticas, contextos y racionalidad epistémica: Un estudio crítico sobre «Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia. Hacia una epistemología plural» de S. Martínez, X. Huang y G. Guillaumin. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 47(139), 93-118. <https://doi.org/10.22201/iifs.18704905e.2015.535>

Cavanaugh, S. (2014). Science Sublime: The Philosophy of the Sublime. Dewey's Aesthetics and Science Education. *Education and Culture*, 30(1), 57-77. <https://doi.org/10.1353/eac.2014.0001>

Cellucci, C. (2015). Mathematical Beauty, Understanding, and Discovery. *Foundations of Science*, 20(4), 339-355. <https://doi.org/10.1007/s10699-014-9378-7>

Chandrasekhar, S. (1979). Beauty and the Quest for Beauty in Science (2010). *Physics Today*, 63, 57-62. <https://doi.org/10.1063/1.3529003>

Chandrasekhar, S. (1984). The pursuit of science. *Minerva*, 22(3/4), 410-420. <https://doi.org/10.1007/BF02207374>

Creatividad. (s. f.). En ASALE & RAE (Eds.), *Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario*. Recuperado 12 de enero de 2022, de: <https://dle.rae.es/creatividad>

Creativity. (s. f.). En Cambridge University Press (Ed.), *Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus*. Recuperado 10 de enero de 2022, de: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/creativity>

Currie, A. (2023). Epistemic Engagement, Aesthetic Value, and Scientific Practice. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 74(2), 313-334. <https://doi.org/10.1086/714802>

Danto, A. C. (2003). *El Abuso De La Belleza. La estética y el concepto del arte* (2005). Paidós Ibérica.

Davies, D. (1998). McAllister's aesthetics in science: A critical notice. *International Studies in the Philosophy of Science*, 12(1), 25-32. <https://doi.org/10.1080/02698599808573580>

De Regt, H., Leonelli, S., & Eigner, K. (Eds.). (2009). *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives*. University of Pittsburgh Press.

De Regt, H. W. (2013). Understanding and explanation: Living apart together? *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 44(3), 505-509. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2012.12.002>

De Regt, H. (2017). *Understanding Scientific Understanding*. Oxford University Press.

De Regt, H., & Gijsbers, V. (2017). How false theories can yield genuine understanding. En S. R. Grimm, C. Baumberger, & S. Ammon (Eds.), *Explaining Understanding: New Perspectives from Epistemology and Philosophy of Science* (pp. 50-75). Routledge.

Dewey, J. (1934). *El arte como experiencia* (J. Claramonte, Trad.) (2008). Paidós.

Di Gregory, M. C., & Ransanz, A. R. P. (2010). Las emociones en la ciencia y el arte. En S. Castro & A. Marcos (Eds.), *Arte y Ciencia: Mundos convergentes* (pp. 273-308). Plaza y Valdés.

Diéguez, A. (2005). *Filosofía de la ciencia*. Biblioteca Nueva; Universidad de Málaga.

Diéguez, A. (2013). When do Models Provide Genuine Understanding, and Why does it Matter? *History and Philosophy of the Life Sciences*, 35(4), 599-620.

Diéguez, A. (2015). Scientific Understanding and the Explanatory Use of False Models. En M. Bertolaso (Ed.), *The future of scientific practice: «bio-techno-logos»* (pp. 161-178). Pickering & Chatto.

Dirac, P. A. M. (1980). Why We Believe in the Einstein Theory. En B. Gruber & R. S. Millman (Eds.), *Symmetries in Science* (pp. 1-11). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3833-8_1

Donato, X., & Arroyo, A. (2011). The Function of Scientific Metaphors: An Example of the Creative Power of Metaphors in Biological Theories. En S. Castro & A. Marcos (Eds.), *The Paths of Creation. Creativity in Science and Art* (pp. 81-96). Peter Lang.

Dutton, D., & Krausz, M. (Eds.). (1981). *The Concept of Creativity in Science and Art*. Springer.

Edson, L. (2005). Two Men in Search of the Quark. En M. Feynman (Ed.), *Perfectly Reasonable Deviations from the Beaten Track* (pp. 457-468). Basic Books.

Elgin, C. Z. (2002). Art in the Advancement of Understanding. *American Philosophical Quarterly*, 39(1), 1-12.

Elgin, C. Z. (2007). Understanding and the facts. *Philosophical Studies*, 132(1), 33-42. <https://doi.org/10.1007/s11098-006-9054-z>

Elgin, C. Z. (2009). Is Understanding factive? En D. Pritchard, A. Miller, & A. Hadock, *Epistemic Value* (pp. 322-330). Oxford University Press.

Elgin, C. Z. (2014). Fiction as Thought Experiment. *Perspectives on Science*, 22(2), 221-241. https://doi.org/10.1162/posc_a_00128

Elgin, C. Z. (2017). *True enough*. MIT Press.

Elliott, K. C., & McKaughan, D. J. (2014). Nonepistemic Values and the Multiple Goals of Science. *Philosophy of Science*, 81(1), 1-21. <https://doi.org/10.1086/674345>

Engler, G. (2001). Quantum field theories and aesthetic disparity. *International Studies in the Philosophy of Science*, 15(1), 51-63. <https://doi.org/10.1080/02698590020029305>

Fernández-Rañada, A. (1995). *Los muchos rostros de la ciencia*. Ediciones Nobel.

Frigg, R., & Hunter, M. C. (Eds.). (2010). *Beyond Mimesis and Convention. Representation in Art and Science*. Springer.

Gaut, B. (2003). Creativity and Imagination. En B. Gaut & P. Livingston (Eds.), *The Creation of Art: New Essays in Philosophical Aesthetics* (pp. 148-173). Cambridge University Press.

Gaut, B. (2010). The Philosophy of Creativity: Philosophy of Creativity. *Philosophy Compass*, 5(12), 1034-1046. <https://doi.org/10.1111/j.1747-9991.2010.00351.x>

Gijssbers, V. (2013). Understanding, explanation, and unification. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 44(3), 516-522. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2012.12.003>

Girod, M. & Schepige, A. (2003). Appreciating the beauty of science ideas: Teaching for aesthetic understanding. *Science Education*, 87(4), 574-587. <https://doi.org/10.1002/sce.1054>

Girod, M. (2007). A Conceptual Overview of the Role of Beauty and Aesthetics in Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 43(1), 38-61. <https://doi.org/10.1080/03057260708560226>

Grimm, S. R., Baumberger, C., & Ammon, S. (Eds.). (2017). *Explaining understanding: New perspectives from epistemology and philosophy of science*. Routledge, Taylor & Francis Group.

Gruber, H., & Bödeker, K. (Eds.). (2005). *Creativity, Psychology and the History of Science* (Vol. 245). Springer.

Gurova, L. (2022). The Uses of Truth: Is There Room for Reconciliation of Factivist and Non-Factivist Accounts of Scientific Understanding? *International Studies in the*

Philosophy of Science, 35(3-4), 211-221. <https://doi.org/10.1080/02698595.2022.2084329>

Gutiérrez-Alejos, V. G. (2022). Función y legitimidad de las consideraciones estéticas en la ciencia. *Teorema: Revista internacional de filosofía*, 41(1), 93-111.

Hacking, I. (1983). *Representar e intervenir* (1996). Paidós.

Hadzigeorgiou, Y. (2016). *Imaginative Science Education: The Central Role of Imagination in Science Education*. Springer International Publishing.

Hannon, M. (2021). Recent Work in the Epistemology of Understanding. *American Philosophical Quarterly*, 58(3), 269-290. <https://doi.org/10.2307/48616060>

Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science* (1965). Cambridge University Press.

Harré, R. (1958). Quasi-Aesthetic Appraisals. *Philosophy*, 33, 132-137. <https://doi.org/10.1017/S0031819100038249>

Hegel, G. W. F. (1835). *Aesthetics. Lectures on Fine Art*, 2 vols. (T. M. Knox, Trad) (1975). Oxford University Press.

Heisenberg, W. (1971). *Physics and Beyond. Encounters and Conversations*. Harper & Row.

Hills, A., & Bird, A. (2019). Against Creativity. *Philosophy and Phenomenological Research*, 99(3), 694-713. <https://doi.org/10.1111/phpr.12511>

Hoffmann, R., & Whyte, I. B. (2011). *Beyond the Finite: The Sublime in Art and Science*. Oxford University Press.

Holmes, R. (2008). *The Age of Wonder: How the Romantic Generation Discovered the Beauty and Terror of Science*. Pantheon Books.

Hossenfelder, S. (2018). *Lost in math: How beauty leads physics astray*. Basic Books.

Hoyningen-Huene. (1987). Context of Discovery and Context of Justification. *Studies in History and Philosophy of Science*, 18(4), 501-515. [https://doi.org/10.1016/0039-3681\(87\)90005-7](https://doi.org/10.1016/0039-3681(87)90005-7)

Huizinga, J. (1954). *Homo ludens* (2007). Alianza.

Hutcheson, F. (1973). *Francis Hutcheson: An Inquiry Concerning Beauty, Order, Harmony, Design* (P. Kivy, Ed.). Martinus Nijhoff. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-2454-9>

Imaginación. (s. f.). En ASALE & RAE (Eds.), *Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario*. Recuperado 12 de enero de 2022, de: <https://dle.rae.es/imaginación>

Imagination. (s. f.). En Cambridge University Press (Ed.), *Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus*. Recuperado 10 de enero de 2022, de: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/imagination>

Ivanova, M. (2017). Poincaré's Aesthetics of Science. *Synthese*, 194(7), 2581-2594. <https://doi.org/10.1007/s11229-016-1069-1>

Ivanova, M. (2020). Beauty, Truth and Understanding. En M. Ivanova & S. French (Eds.), *The Aesthetics of Science: Beauty, Imagination and Understanding* (pp. 86-103). Routledge.

Ivanova, M., & French, S. (Eds.). (2020). *The aesthetics of science: Beauty, imagination and understanding*. Routledge.

Ivanova, M. (2021). The aesthetics of scientific experiments. *Philosophy Compass*, 16(3), e12730. <https://doi.org/10.1111/phc3.12730>

Ivanova, M. (2023). What is a Beautiful Experiment? *Erkenntnis*, 88(8), 3419-3437. <https://doi.org/10.1007/s10670-021-00509-3>

Kant, I. (1790). *Crítica del juicio seguida de las observaciones sobre el asentimiento de lo bello y lo sublime* (1876). Librerías de Francisco Iruviedra.

Kepler, J. (1619). *The Harmony of the World* (1997). American Philosophical Society.

Khalifa, K. (2017). *Understanding, Explanation, and Scientific Knowledge*. Cambridge University Press.

Kieran, M. (2019). Creativity as an Epistemic Virtue. En H. D. Battaly (Ed.), *The Routledge Handbook of Virtue Epistemology* (pp. 167-177). Routledge.

Kind, A. (2017). *The Routledge Handbook of Philosophy of Imagination*. Routledge.

Kivy, P. (1975). What Makes «Aesthetic» Terms Aesthetic? *Philosophy and Phenomenological Research*, 36(2), 197-211. <https://doi.org/10.2307/2107036>

Kivy, P. (1991). Science and Aesthetic Appreciation. *Midwest Studies in Philosophy*, 16, 180-195. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4975.1991.tb00238.x>

Koestler, A. (1964). *The Act of Creation*. Hutchinson & Co.

Koestler, A. (1967). The three domains for creativity. En D. Dutton & M. Krausz (Eds.), *The concept of creativity in science and art* (1981), (pp. 1-18). Springer.

Kosso, P. (2002). The Omniscient: Beauty and Scientific Understanding. *International Studies in the Philosophy of Science*, 16(1), 39-48. <https://doi.org/10.1080/02698590120118819>

Krausz, M., Dutton, D., & Bardsley, K. (Eds.). (2009). *The idea of creativity*. Brill.

Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (2012). University of Chicago Press.

Kuhn, T. (1977). *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. University of Chicago Press.

Kuhn, T. (2000). Commensurability, Comparability, Communicability. En T. Kuhn, *The Road Since Structure, Philosophical Essays* (pp. 33-57). Chicago University Press.

Laudan, L. (1984). *Science and Values: The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*. University of California Press.

Laudan, L. (2004). The Epistemic, the Cognitive, and the Social. En P. Machamer & G. Wolters (Eds.), *Science, values, and objectivity* (pp. 14-23). University of Pittsburgh Press.

Levinson, J. (Ed.). (2003). *The Oxford Handbook of Aesthetics*. Oxford University Press.

Levy, A., & Godfrey-Smith, P. (Eds.). (2020). *The Scientific Imagination*. Oxford University Press.

Liao, S., & Gendler, T. (2020). Imagination. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Recuperado 10 de enero de 2022, de: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/imagination/>

Mach, E. (1911). *History and Root of the Principle of the Conservation of Energy*. The Open Court Publishing Co.

Machamer, P. K., & Wolters, G. (Eds.). (2004). *Science, values, and objectivity*. University of Pittsburgh Press.

Marcos, A. (2014). El pulso de la ciencia. En A. Villar & A. Sánchez (Eds.), *Una ciencia humana. Libro homenaje a Camino Cañón Loyes* (pp. 169-182). Universidad de Comillas.

Martínez, S., Huang, X., & Guillaumin, G. (2011). *Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia. Hacia una epistemología plural*. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa.

McAllister, J. W. (1996). *Beauty and Revolution in Science*. Cornell University.

McLeish, T. (2019). *The Poetry and Music of Science: Comparing Creativity in Science and Art*. Oxford University Press.

Medawar, P. B. (2008). *Advice To A Young Scientist*. Basic Books.

Miller, A. I. (1996). *Insights of genius: Imagery and creativity in science and art*. Copernicus.

Montano, U. (2013). Beauty in science: A new model of the role of aesthetic evaluations in science. *European Journal for Philosophy of Science*, 3(2), 133-156. <https://doi.org/10.1007/s13194-013-0064-3>

Montano, U. (2014). *Explaining Beauty in Mathematics: An Aesthetic Theory of Mathematics*. Springer.

Murphy, A. (2020). The aesthetic and literary qualities of scientific thought experiments. En M. Ivanova & S. French (Eds.), *Aesthetics of science: Beauty, imagination and understanding* (pp. 146-166). Routledge.

- Murphy, A. (2022). Imagination in science. *Philosophy Compass*, 17(6), e12836
<https://doi.org/10.1111/phc3.12836>
- Murphy, A. (2023). Form and Content: A Defence of Aesthetic Value in Science. *Philosophy of Science*, 1-26. <https://doi.org/10.1017/psa.2023.46>
- Newman, B. (1950). *Vir, Heroicus, Sublimis* [Óleo sobre tela]. Museo de arte moderno de Nueva York. <https://www.moma.org/collection/works/79250>
- Newman, E. A., Araque, A., & Dubinsky, J. M. (Eds.). (2017). *The beautiful brain: The drawings of Santiago Ramón y Cajal*. Abrams.
- Newton-Smith, W. (Ed.). (2000). *A companion to the philosophy of science*. Blackwell Publishers.
- Nielsen, H. K. (2005). Totalizing Aesthetics? Aesthetic theory and the aestheticization of everyday life. *The Nordic Journal of Aesthetics*, 17(32), 60-75. <https://doi.org/10.7146/nja.v17i32.2976>
- Niiniluoto, I. (2019). Scientific Progress. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Recuperado 10 de noviembre de 2021, de: <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-progress/>
- O'Loughlin, I., & McCallum, K. (2019). The Aesthetics of Theory Selection and the Logics of Art. *Philosophy of Science*, 86(2), 325-343. <https://doi.org/10.1086/701953>
- Osborne, H. (1986). Symmetry as an aesthetic factor. *Computers & Mathematics with Applications*, 12(1/2), 77-82. [https://doi.org/10.1016/0898-1221\(86\)90140-9](https://doi.org/10.1016/0898-1221(86)90140-9)

Østergaard, E. (2017). Earth at Rest. Aesthetic Experience and Students' Grounding in Science Education. *Science & Education*, 26(5), 557-582. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9906-2>

Parsons, G. (2000). The epistemic significance of appreciating experiments aesthetically. *The British Journal of Aesthetics*, 40(4), 407-423. <https://doi.org/10.1093/bjaesthetics/40.4.407>

Pickering, A. (Ed.). (1992). *Science as practice and culture*. University of Chicago Press.

Poincaré, H. (1914). *Science and Method* (2003). Dover Publications.

Popper, K. R. (1972). *Objective knowledge: An evolutionary approach*. Oxford University Press.

Potochnik, A. (2015). The diverse aims of science. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 53, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.05.008>

Potochnik, A. (2020). *Idealization and the Aims of Science*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/I/bo27128726.html>

Pugh, J. K., & Girod, M. (2007). Science, Art, and Experience: Constructing a Science Pedagogy From Dewey's Aesthetics. *Journal of Science Teacher Education*, 18(1), 9-27. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9029-0>

Ramón y Cajal, S. (1917). *Recuerdos de mi vida. Tomo II. Historia de mi labor científica*. Imprenta y librería de Nicolás Moya.

Rànciere, J. (2010). Schiller y la promesa estética. En A. Rivera García (Ed.), *Schiller, arte y política* (pp. 91-108). Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.

Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction. An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*. The University of Chicago Press.

Rieger, A. (2018). The Beautiful Art of Mathematics. *Philosophia Mathematica*, 26(2), 234-250. <https://doi.org/10.1093/philmat/nkx006>

Rooney, P. (1992). On Values in Science: Is the Epistemic/Non-Epistemic Distinction Useful? *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 13-22. <https://doi.org/10.1086/psaprocbienmeetp.1992.1.192740>

Root-Bernstein, R. S. (1996). The sciences and arts share a common creative aesthetic. En A. I. Tauber (Ed.), *The Elusive Synthesis: Aesthetics and Science* (pp. 49-82). Springer.

Root-Bernstein, R. S. (1997). Art, Imagination and the Scientist. *American Scientist*, 85(1), 6-9.

Root-Bernstein, M., & Root-Bernstein, R. S. (1999). *Sparks of Genius. The Thirteen Thinking Tools of the World's Most Creative People*. Houghton Mifflin Company.

Rønnow-Rasmussen, T. (2003). Subjectivism and Objectivism. En W. Rabinowicz & T. Rønnow-Rasmussen (Eds.), *Patterns of Value: Essays on Formal Axiology and Value Analysis* (Vol. 1). Lund University.

Sánchez-Dorado, J. (2020). Novel & worthy: Creativity as a thick epistemic concept. *European Journal for Philosophy of Science*, 10(3), 40. <https://doi.org/10.1007/s13194-020-00303-y>

Savojardo, V. (2022). Imaginative Resistance in Science. *Foundations of Science*. <https://doi.org/10.1007/s10699-022-09857-x>

Schickore, J., & Steinle, F. (Eds.). (2006). *Revisiting discovery and justification: Historical and philosophical perspectives on the context distinction*. Springer.

Schickore, J. (2014). Scientific Discovery. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. (2018). Recuperado 10 de enero de 2022, de: <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-discovery>.

Schiller, F. (1794). *Kallias. Cartas sobre la educación estética del hombre* (1990). Anthropos.

Shusterman, R. (1997). The End of Aesthetic Experience. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 55(1), 29-41. <https://doi.org/10.2307/431602>

Shusterman, R. (2006). Aesthetic Experience: From Analysis to Eros. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 64(2), 217-229. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8529.2006.00243.x>

Stadler, F. (Ed.). (2003). *The Vienna Circle and Logical Empiricism* (Vol. 10). Springer Netherlands.

Steinle, F. (2002). Experiments in History and Philosophy of Science. *Perspectives on Science*, 10(4), 408-432. <https://doi.org/10.1162/106361402322288048>

Stokes, D. (2016). Imagination and Creativity. En A. Kind (Ed.), *The Routledge Handbook of the Philosophy of Imagination* (pp. 247-261). Routledge.

Stuart, M. T. (2017a). How thought experiments increase understanding. En M. T. Stuart, Y. Fehige, & J. R. Brown (2017). (Eds.), *The Routledge Companion to Thought Experiments* (pp. 526-544). Routledge.

Stuart, M. T. (2017b). Imagination: A Sine Qua Non of Science. *Croatian Journal of Philosophy*, 17(49), 9-32.

Stuart, M. T., Fehige, Y., & Brown, J. R. (Eds.). (2017). *The Routledge Companion to Thought Experiments*. Routledge.

Stuart, M. T. (2020). The Productive Anarchy of Scientific Imagination. *Philosophy of Science*, 87(5), 968-978. <https://doi.org/10.1086/710629>

Tatarkiewicz, W. (1976). *Historia de seis ideas. Arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética* (2001). Tecnos.

Todd, C. S. (2008). Unmasking the Truth Beneath the Beauty: Why the Supposed Aesthetic Judgements Made in Science May Not Be Aesthetic at All. *International Studies in the Philosophy of Science*, 22(1), 61-79. <https://doi.org/10.1080/02698590802280910>

Todd, C. S. (2018). Fitting Feelings and Elegant Proofs: On the Psychology of Aesthetic Evaluation in Mathematics. *Philosophia Mathematica*, 26(2), 211-233. <https://doi.org/10.1093/philmat/nkx007>

Turner, D. D. (2019). *Paleoaesthetics and the Practice of Paleontology*. Cambridge University Press.

Unamuno, M. (1914). *Niebla* (2007). Cátedra.

Veit, W., & Net, M. (2021). Metaphors in arts and science. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(2), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00351-y>.

Viau, R. (2007). *La motivation dans la création scientifique*. Presses de l'Université du Québec.

Weisberg, S. D. (2020). Is imagination constrained enough for science? En A. Levy & P. Godfrey-Smith (Eds.), *Scientific imagination* (pp. 250-261). Oxford University Press.

- Weisskopf, V. (1990). *The Joy of Insight: Passions of a Physicist*. BasicBooks.
- Welsch, W. (1996). Aestheticization Processes: Phenomena, Distinctions and Prospects. *Theory Culture Society*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.1177/026327696013001001>
- Weyl, H. (1952). *Symmetry*. Princeton University Press.
- Wylie, C. D. (2015). 'The artist's piece is already in the stone': Constructing creativity in paleontology laboratories. *Social Studies of Science*, 45(1), 31-55. <https://doi.org/10.1177/0306312714549794>
- Yetisen, A. K., Davis, J., Coskun, A. F., Church, G. M., & Yun, S. H. (2015). Bioart. *Trends in Biotechnology*, 33(12), 724-734. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.011>
- Zangwill, N. (2001). *The Metaphysics of Beauty*. Cornell University Press.
- Zee, A. (1986). *Fearful Symmetry: The Search for Beauty in Modern Physics* (2007). Princeton University Press.
- Zellner, A., Keuzenkamp, H. A., & McAleer, M. (Eds.). (2001). *Simplicity, Inference and Modelling: Keeping It Sophisticatedly Simple*. Cambridge University Press.
- Zinkernagel, H. (2020). Cosmología, Estética y Educación. En C. Rodríguez Martín (Ed.), *Arte y Naturaleza* (pp. 9-28). Comares.
- Zinkernagel, H. (2022). Aesthetic Motivation in Quantum Physics: Past and Present. *Annalen Der Physik*, 534(9). <https://doi.org/10.1002/andp.202200283>