

# Índice

**INTRODUCCIÓN 5**

**CAPÍTULO 1. De qué hablamos cuando hablamos de vacío 9**

**CAPÍTULO 2. Evolución del concepto de vacío a través de la historia 23**

**CAPÍTULO 3. Ingeniería de vacío 37**

**CAPÍTULO 4. El vacío en las grandes instalaciones científicas 60**

**CAPÍTULO 5. El vacío en la tecnología actual 76**

**CAPÍTULO 6. El vacío en el universo 94**

**CAPÍTULO 7. El vacío para el transporte y la energía del futuro 110**

**CAPÍTULO 8. Las sociedades científicas del vacío 115**

**ANEXOS 123**

**EPÍLOGO 131**

**BIBLIOGRAFÍA 135**

## Introducción

Cuando escuchamos la palabra *vacío*, lo primero que nos viene a la mente es el vacío existencial, causante de que nuestra vida carezca de sentido, o en un ámbito más extenso, el vacío como sentimiento negativo y relacionado con desórdenes emocionales y soledades interiores. Si buscamos el término en Google y lo escribimos en inglés, *vacuum*, nos encontramos con que la mayor parte de las entradas se refieren a aspiradoras, *vacuum cleaners*. La Real Academia Española (RAE) incluye catorce acepciones distintas para la palabra vacío, que van desde un adjetivo que se refiere a “falta de contenido físico o mental” hasta sustantivos relacionados con la danza o la anatomía. En este libro vamos a hablar de la decimotercera de ellas: “Espacio carente de materia”. Esta definición puede parecer extraña, ya que liga el concepto de espacio al de la materia que lo ocupa. ¿Puede existir espacio sin materia que lo llene? O, dicho de otro modo, si esta desapareciese, ¿se llenaría inmediatamente el espacio de alguna otra sustancia invisible? Si el lector profundiza en estas cuestiones, se dará cuenta de que la respuesta no es trivial. Unos pensarán que un universo vacío se desmoronaría como una construcción sin estructura; otros, sin embargo, que no es necesario un esqueleto, porque el vacío es el lugar donde reside la materia.

Comprender la naturaleza del vacío ha sido una de las aventuras más apasionantes del conocimiento humano. Veremos en

los capítulos que siguen que, desde los tiempos más antiguos, la idea de estudiar algo que no existe entusias mó tanto a filósofos como a científicos y artistas. Por ejemplo, Eduardo Chillida, un escultor español del siglo XX, realizó múltiples esculturas en las que el vacío era la obra. Sus creaciones son una contraposición materia-vacío y solo comprendiendo esta antítesis, se puede profundizar en el significado de sus esculturas. Al igual que en las creaciones de Chillida, los primeros filósofos que reflexionaron sobre la naturaleza del vacío se dieron cuenta de que este solo se podría comprender en contraposición a la materia. Aristóteles acuñó el término *horror vacui* para referirse al hecho de que la naturaleza intenta llenar todo el espacio disponible. Esta máxima gozó de tal aceptación que en el siglo XVII se convirtió en una ley natural necesaria para comprender el funcionamiento del cosmos. Además, el concepto de horror al vacío fue aplicado a otras artes, como la arquitectura o la cartografía antigua, que sentían la necesidad de ocupar toda la extensión disponible. Desde entonces, el concepto de vacío fue evolucionando desde una entelequia hasta convertirse hoy en una tecnología capaz de mover millones de euros. Gracias a la ciencia y tecnología de vacío se consiguen alimentos que se conservan mejor, se desarrollan nuevos fármacos o se fabrican la mayor parte de los dispositivos electrónicos de nuestros ordenadores. Sin lugar a dudas, podemos afirmar que es indispensable en multitud de áreas y transversal a todas ellas.

Pero el vacío no solo es importante desde el punto de vista tecnológico, sino que también juega un papel primordial en la concepción del mundo que nos rodea. Aprendimos en el bachillerato que todo está hecho de átomos y estos, a su vez, de *quarks*. Sin embargo, el conocimiento de la composición última de la materia es muy reciente y todos los modelos que han intentado explicar su estructura primordial han recurrido al concepto que se tenía del vacío en esa época.

Más aún, podemos afirmar que el vacío no solo juega un papel importante como una plataforma transversal en la ciencia y tecnología actuales, sino también en la sociedad. El vacío

es un ejemplo claro de círculo virtuoso en el que una disciplina se apoya en otra para avanzar, de manera que los resultados que genera una son utilizados por la otra y viceversa. Es decir, la ciencia ha ido generando conceptos nuevos sobre el vacío que han permitido desarrollos tecnológicos importantes, los cuales, a su vez, han posibilitado progresos sociales, que han derivado en nuevos descubrimientos científicos. Esta rueda se repite como si del mito de Sísifo se tratase. Para ilustrarlo, baste un ejemplo. A principios del siglo XX (capítulo 2) se desarrollaron nuevas bombas de vacío que se utilizaron para extraer el aire de las incipientes bombillas incandescentes. Gracias a esta mejora sustancial, los filamentos duraban mucho más tiempo y su uso se pudo extender a toda la sociedad. Disponer de forma fácil de luz durante la noche cambió los hábitos sociales. La sociedad comenzó a demandar una tecnología todavía más avanzada para producir bombillas más eficientes. Este fue uno de los grandes impulsos para desarrollar lo que se conoce hoy como *ingeniería de vacío*.

La diversidad de aplicaciones y contextos en los que aparece esta palabra hace que su definición no sea precisa, sino que dependa de quien la aplique. La mayor parte de ellas nos dicen que vacío es la ausencia de materia o, dicho de otra manera, de átomos o elementos químicos en un espacio determinado. Esta definición es sin duda muy ideal, ya que no existe en la naturaleza algo que esté totalmente desprovisto de elementos químicos, sobre todo cuando queremos contenerlo en un volumen definido. Un vacío ideal o absoluto sería aquel que no contuviese radiación electromagnética ni partículas elementales, ya que muchas de estas pueden convertirse en pares de partícula-antipartícula mediante fluctuaciones cuánticas (capítulo 6). No obstante, en tecnología no se hace referencia a un vacío absoluto (ausencia total de materia), sino relativa (menor número de moléculas de un gas respecto a las que hay en la atmósfera). Han aparecido ya tres palabras que ayudarán al lector a comprender mejor qué es el vacío: *ausencia*, *gas* y *espacio*. Si recurrimos a la etimología de

estas palabras, nos encontramos con otras como *hueco*, *caos* y *separación*, cuya relación con el vacío veremos en este libro.

En los párrafos anteriores ha debido quedar claro que el desarrollo de la ciencia y tecnología del vacío ha supuesto un gran avance para la humanidad, ya que está detrás de muchos progresos de nuestra sociedad de bienestar y del conocimiento actual. Sin embargo, poca gente es consciente de ello, y el vacío es el gran desconocido. Sirvan estas páginas para honrar a uno de los héroes anónimos de la historia de la ciencia y la tecnología. No se ha concedido ningún Premio Nobel de Física directamente relacionado con el desarrollo de la idea del vacío o de la tecnología necesaria para su producción y, sin embargo, está directamente conectado con más del 80% de los premios Nobel de Física que se han otorgado hasta el momento, tanto por los conceptos desarrollados como por la instrumentación necesaria para su descubrimiento.

Este libro pretende dar forma a la nada, introducir al lector en el significado último de este concepto a través de un paseo por la historia del pensamiento que nos mostrará cómo ha evolucionado el concepto de vacío y cómo se ha ido materializando en tecnologías que han cambiado la forma de vida de la sociedad.