

Clima en el planeta «Dune»

David QUINTERO PLAZA

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Delegación Territorial en Canarias

dquinterop@aemet.es

Resumen: El planeta «Arrakis», más conocido como «Dune», es casi un personaje más de la exitosa saga de ciencia ficción que lleva su nombre. Dune es un mundo seco, cubierto en su mayor parte de arena, sin lluvias, y donde el agua es el mayor tesoro que puede existir. Aunque surgido de la imaginación del escritor Frank Herbert, Dune ha sido analizado rigurosamente desde el punto de vista de la ciencia atmosférica por varios geofísicos y climatólogos. Del resultado de este análisis se pueden extraer aprendizajes curiosos sobre cómo aplicar las leyes de la atmósfera a otros mundos. Aunque sin formación científica, Herbert no estuvo muy desacertado en su descripción de Dune.

Palabras clave: atmósfera; planeta; clima; ciencia ficción.

1. UNA EXTENSA Y EXITOSA SAGA

Frank Herbert, autor de Dune, era un periodista prácticamente desconocido que un día empezó a documentarse para escribir un artículo sobre las dunas de arena de un parque recreativo en el estado de Oregón (figura 1). El tema le apasionó tanto que acumuló mucho material, y aunque nunca llegó a escribir aquel artículo, decidió que podía empezar una novela con todo aquello. Necesitó varios años de trabajo, durante los cuales el apoyo de su mujer, Beverly, fue fundamental, ya que ella fue la que sostuvo económica y emocionalmente a la familia.

Dune, la primera de las novelas de lo que luego fue una extensa saga, se publicó primero en dos partes, entre 1963 y 1965, que fueron compiladas posteriormente en un solo libro en el año 1965. En un principio fue rechazada por veintitrés editores (BOSTON, 2024). ¿Los motivos? Según el hijo de Frank Herbert, Brian, los editores no estaban nada convencidos de la extensión, lo que dispararía los costes de impresión, ni veían con buenos ojos la complejidad de la historia, los neologismos, el elevado número de personajes, etc. Los comienzos nunca fueron fáciles, como suele decirse. Sin embargo, la novela ganó el premio Hugo en 1966 (*ex aequo* con «Tú, el Inmortal», de Roger Zelazny), considerado el galardón más importante de la ciencia ficción. A dicho premio se le unió el Nebula, también de gran relevancia en el género.



Figura 1. Las dunas del Área recreativa nacional de dunas de Oregon, inspiración para Dune.

(Fuente: Rebecca Kennison - Trabajo propio, CC BY 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1634308>).

El éxito del primer libro fue espectacular, no solo por la cosecha de premios, sino también por las ventas, que siguen siendo elevadas sesenta años después. Además, la crítica se deshizo en elogios, y no son pocos quienes lo consideran el libro más importante de la ciencia ficción (opinión no exenta de polémica). Herbert continuó escribiendo, y a Dune le siguieron «El Mesías de Dune» e «Hijos de Dune». Este conjunto de novelas forma una trilogía que luego fue expandida con otros tres libros más. Frank Herbert tenía notas para una séptima parte, pero falleció antes de poder completarla. Su hijo, Brian Herbert, quedó como promotor del universo de Dune, y junto con el escritor Kevin Anderson continuó la saga, no solo hacia adelante en el tiempo, sino también cubriendo huecos entre libros y explicando detalles del pasado. La opinión más extendida es que la calidad de los libros de Dune decae tras el primer libro. Quien esto escribe ha leído los tres primeros y considera buenos los dos primeros, algo más flojo pero legible el tercero.

¿Y qué se nos describe en Dune? Pues un imperio que parece dominar una galaxia en estado de *tecnofeudalismo*, es decir, existe una elevada tecnología, pero los habitantes viven con muy pocos derechos (o ninguno) bajo el control de grandes señores que poseen mundos enteros. El planeta Arrakis (Dune) es clave para el imperio, pues es el que produce la llamada especia «melange», una sustancia que alarga la vida, permite vislumbrar el futuro y es esencial para que pueda haber viajes espaciales por la galaxia en un tiempo razonable. Dune es un mundo seco, inhóspito, recalentado por el sol y cubierto de grandes desiertos de arena. Hay zonas montañosas también, entre las que destaca una formidable cadena al norte del planeta (el *Shield Wall*). El agua es el bien máspreciado. Los habitantes salen a la intemperie con trajes llamados «destilajes», que

evitan que se pierda cualquier gota de agua del cuerpo. Cabe decir que, a medida que avanza la saga, se intenta modificar (*terraformar*) Dune, haciéndolo más habitable.

Otra característica importante de Dune son los gusanos de arena, monstruos en ocasiones descomunales que resultan ser una pieza básica para el ecosistema del planeta, pues producen la especie «melange»; tienen además la característica de ser dañados por exceso de agua, y de hecho en formar larval son los que inician el proceso de desertificación de un planeta.

2. DUNE COMO SISTEMA ATMOSFÉRICO. ANÁLISIS HEURÍSTICO

Quizá lo más destacable de Dune sea su ausencia de cualquier agua líquida en su superficie. En la Tierra, los océanos transportan parte del calor ecuatorial a latitudes altas, lo que templá las temperaturas de estas latitudes y suaviza las de los trópicos. Un mundo sin océanos pierde esta propiedad, aunque esto no significa que Dune sea frío en latitudes altas: hay otros factores en juego, como la cercanía a la estrella, el tipo de órbita (circular para Dune), la intensidad del efecto invernadero o la inclinación del eje del planeta, entre otros. De hecho, sobre la inclinación del eje hay un debate abierto entre los aficionados (KHW, 2020). Frank Herbert nunca fue explícito al respecto, y han sido los añadidos posteriores quienes han intentado aclarar la situación. Parece que Dune tendría un eje de rotación perpendicular al plano orbital (eclíptica), aunque su órbita estaría sometida a frecuentes perturbaciones que podrían generar estaciones irregulares. Esto lo complica todo, claro.

Otra dificultad (más) es la información que se nos da de que Dune orbitaría la estrella Canopus, una brillante estrella en nuestros cielos (solo por detrás de la más brillante después del Sol, Sirio). El astrofísico Guillermo Abramson hace un análisis detallado de Canopus como estrella de Dune (ABRAMSON, 2024). Una conclusión a la que llega es que es imposible que Dune esté a la distancia que se nos dice de su astro (87 millones de kilómetros). Con una estrella supergigante amarilla como Canopus, Dune estaría absolutamente calcinado a esa distancia. Abramson hace el cálculo para recibir una radiación como la de Venus y obtiene que Dune debiera estar a la misma distancia que Plutón del Sol.

La composición atmosférica en Dune parece similar a la de la Tierra, con nitrógeno y oxígeno. (Al fin y al cabo tiene que existir oxígeno libre, ya que los humanos respiran sin problemas en Dune). Sí es verdad que el hecho de que haya oxígeno libre (O_2) pudiera sugerir la existencia de vegetación, que lo produciría a través de la fotosíntesis, ya que el oxígeno producido por micro-algas oceánicas no puede considerarse por no existir océanos en Dune. Pero esto no es concluyente; de hecho, se cree que la presencia de oxígeno en la atmósfera de un exoplaneta no necesariamente implica que tenga vida. Existen fuentes abióticas para el oxígeno también. Por ejemplo NARITA y otros (2024) encontraron una reacción química entre la luz ultravioleta, el agua líquida y el óxido de titanio que liberaría oxígeno libre del agua. Aunque sin duda la presencia de oxígeno indica una probabilidad significativa (si bien no concluyente) de vida. De todas formas, uno de los personajes informa de la existencia de pequeñas plantas en latitudes bajas, con algo de humedad. Pero no parece que estas plantas sean suficientes para generar el oxígeno. De hecho, se acaba sabiendo que son los gusanos de Dune los que expulsan el oxígeno (además de desertizar el planeta, como se dijo en el apartado anterior).

En su recomendable breve texto sobre atmósferas en los mundos de la ciencia ficción, el climatólogo y geofísico Raymond T. Pierrehumbert dedica unas líneas a Dune (PIERREHUMBERT, 2005) y precisamente toca el tema del oxígeno. Pierrehumbert sugiere que quizás los gusanos procesan óxido de silicio (componente de la arena) para producir oxígeno. Por otro lado, ya se mencionaba en el apartado anterior que alguna planta podía surgir en latitudes bajas. Es de suponer que estas plantas funcionarían mediante fotosíntesis, absorbiendo CO_2 y emitiendo oxígeno. Por tanto, algo de dióxido de carbono debiera de haber en el aire, probablemente emitido por vulcanismo u otros procesos geológicos internos, salvo que el planeta estuviese «tectónicamente

muerto» (PIERREHUMBERT, 2005). Pierrehumbert señala que sin agua no se podría dar el proceso de mineralización (*silicate weathering*), que es una reacción química que elimina dióxido de carbono de la atmósfera. Por tanto, sin una vegetación ni un proceso de mineralización el dióxido de carbono se acumularía progresivamente hasta dar lugar a un efecto invernadero descontrolado (*runaway greenhouse*). Así que las posibilidades son: o bien el planeta no tenía actividad tectónica alguna, o bien la historia de Dune está ambientada en esos estadios primitivos de acumulación del CO₂, o quizás el problema es solventado de alguna manera por los gusanos de arena, el gran «cajón de sastre» de las novelas. O quizás esto de la acumulación del CO₂ nunca fue tenido en cuenta, claro.

Pierrehumbert menciona otro punto clave en su breve análisis de Dune: el papel del vapor de agua en la atmósfera, ya que si se parte de una atmósfera no saturada no hace falta mucha agua para saturarla, por lo que debiera de haber nubes y precipitación (aunque esta quizás no llegase al suelo). Aquí el análisis de Pierrehumbert es particularmente agudo: si Dune es habitable (inhóspito, sí, pero habitable) y se *terraformase* añadiendo grandes masas de agua, como un océano, esto saturaría la atmósfera y se iniciaría un efecto invernadero descontrolado debido a realimentaciones, esta vez con el vapor de agua como agente, en lugar del CO₂. El vapor de agua produce efecto invernadero: aumentaría la temperatura, lo que permitiría más evaporación de agua, lo que aumentaría la temperatura de nuevo, evaporando más agua aún, etcétera. Ajustar el ciclo para que, como en la Tierra, el vapor de agua no produjese un efecto invernadero descontrolado sería una tarea de gran complejidad. El texto de Pierrehumbert, por cierto, no solo habla de Dune, y es muy recomendable.

Por último, quizás podría decirse algo del ciclo diurno y nocturno de Dune. Sabemos que la temperatura de los desiertos de la Tierra desciende bastante durante la noche por la activa irradación térmica y la ausencia de nubes que contribuyan a captar esa radiación. Esto pasaría en Dune, planeta desierto por excelencia, y de hecho parece que las noches estarían varios grados bajo los cero Celsius. Si además hubiera inclinación del eje (producida por alguna de esas «perturbaciones» de las que hablan los añadidos posteriores) la zona donde no da la luz de la estrella sería excepcionalmente fría.

3. DUNE COMO SISTEMA ATMOSFÉRICO. ANÁLISIS CON MODELIZACIÓN

Aunque los razonamientos físicos relativamente intuitivos y hechos «con las manos» son esenciales para acercarse a comprender un fenómeno, llega el momento en que si uno quiere precisión y rigor debe resolver las ecuaciones. Esto es lo que hicieron (FARNSWORTH y otros, 2021). Estos autores corrieron un modelo atmosférico como los usados actualmente en la predicción del tiempo; eso sí, con los datos adecuados para el planeta Dune (figura 2, sacada de su simulación). En la figura 2 se ve una instantánea y se aprecia que, tal y como sugirió Pierrehumbert, algo de nubes e incluso algo de precipitación tiene que existir.

Los autores de la modelización se basaron en gran medida en datos procedentes de la *Dune Encyclopaedia*, de donde extrajeron por ejemplo la circularidad de la órbita o una concentración de CO₂ de 350 ppm, menos que en la Tierra. Pero sí nos dicen que el ozono es en Dune del 0,5 %, frente a un millonésimo por ciento en la Tierra. El ozono también produce efecto invernadero, es incluso más potente que el CO₂ (FARNSWORTH y otros, 2021).

Los autores obtuvieron un fuerte contraste entre hemisferios según fuera verano o invierno, lo que sugeriría una inclinación del eje de rotación de Dune. Ya se dijo en el apartado anterior que hay un debate considerable en torno a la inclinación o no del eje planetario de Dune. La solución más canónica (eje perpendicular pero con presencia de «perturbaciones») fue modelizada por los autores utilizando una inclinación como la de la Tierra (comunicación personal con A. Farnsworth), solución salomónica que es perfectamente aceptable.

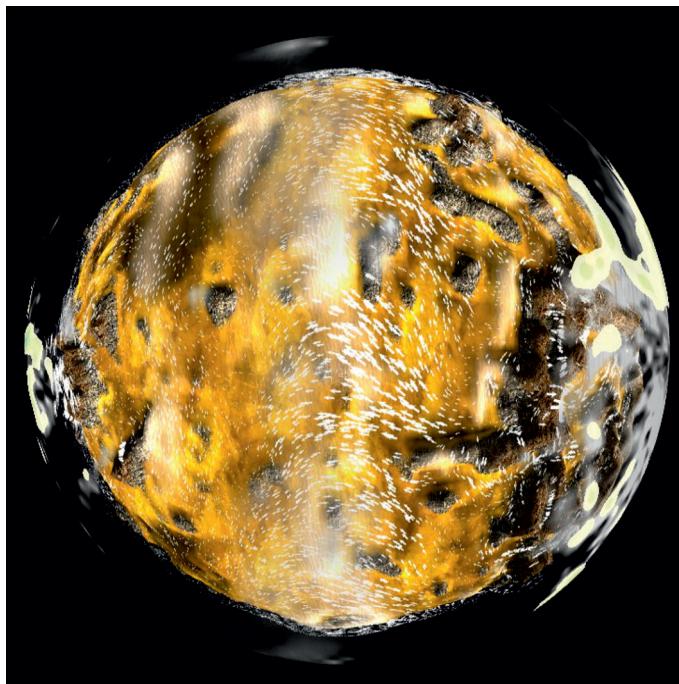


Figura 2. Captura de pantalla extraída de <https://climatearchive.org/dune#>, donde se simulan el viento, la nubosidad y la precipitación. El viento viene indicado por las flechas blancas, la nubosidad por los trazos blancos (representada cuando supera el 30 %) y la precipitación por los colores amarillos y verdes sobre las nubes. La simulación sería para el mes de octubre en Dune.

Tras correr durante tres semanas su modelo en un superordenador, los autores encontraron que la zona ecuatorial oscilaría entre 45 y 15 °C. Para las zonas de latitudes medias y áreas polares las temperaturas oscilarían entre 70 °C para el verano y los -40 °C y -75 °C en invierno. Los autores señalan que, aunque pueda parecer sorprendente que el máximo de temperatura no se dé en el ecuador, esto no es raro ya que las nubes altas (las que tienden a calentar) y el vapor de agua están más presentes en Dune por encima de los trópicos y, como ya sabemos, el vapor de agua realiza un potente efecto invernadero. En la figura 2 se puede ver la lluvia, predicción adelantada por Pierrehumbert, y que según los autores de la modelización, sí contradeciría lo escrito por Herbert de que en Dune nunca llovía. A pesar de lo seco y cálido del planeta, las leyes de la física indican que la lluvia, aunque escasa, debe existir. Eso sí, según (FARNSWORTH y otros, 2021) esta lluvia escasa se centraría fuera de los trópicos y en regiones montañosas.

Aunque según los modelizadores la principal diferencia es que, al contrario de lo que se cuenta, no existirían casquetes de hielo en los polos. En las abrasadoras temperaturas del verano el hielo sería más que fundido y la escasa precipitación en invierno no permitiría de nuevo su formación.

Otra diferencia importante es que, a pesar de lo que se dice en el libro de que la mayor parte de los habitantes de Dune vivían en latitudes medias, (FARNSWORTH y otros, 2021) encontraron que cerca de zonas ecuatoriales era en donde el rango de temperaturas y la ausencia de humedad permitían una temperatura de termómetro húmedo más confortable, así como temperaturas no tan extremas. (La temperatura de termómetro húmedo es la más baja que puede conseguir un organismo por evaporación de su agua: con menor humedad se puede sudar más y así ventilarse).

Por resaltar otra característica que hace a Dune diferente a la Tierra, se puede ver en la figura 3 la ausencia del cinturón de convergencia intertropical (ITCZ por sus siglas en inglés), es decir, un lugar donde los vientos del hemisferio norte y sur convergen. Los vientos de las latitudes tropicales, por ejemplo en invierno, son del noreste en el hemisferio norte y del noroeste en el hemisferio sur (figura 3a). Para el verano se tendrían suroestes en el hemisferio norte y surestes en el sur (figura 3b).

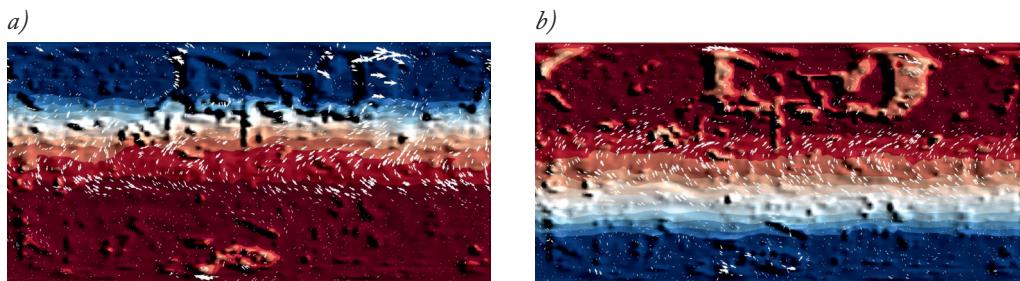


Figura 3. a) Vientos y temperatura en Dune (esfera proyectada al plano) para enero. b) Vientos y temperatura para el mes de agosto. Ambas imágenes extraídas de <https://climatearchive.org/dune#>

La explicación la da la propia figura 3: el gradiente de temperatura es tan tremendo entre el invierno y el verano que la zona más calentada del planeta tiene un elevado ascenso de masas de aire, haciendo que el viento en superficie acuda desde las latitudes más frías a cubrir ese vacío. Por otro lado, también puede apreciarse en Dune el efecto de Coriolis, propio de cualquier sistema físico en rotación: los vientos que van de norte a sur son desviados hacia el nordeste en el hemisferio norte (hacia la derecha) y hacia la izquierda (noroestes) en el hemisferio sur; cuando el viento es de sur a norte (es decir, en verano en el hemisferio norte) Coriolis lo convierte en suroeste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur.

4. CONCLUSIONES

Aunque los mundos sean de ficción, salidos de la imaginación de un escritor, las leyes de la física se les pueden seguir aplicando. De hecho, puede incluso ser muy ilustrativo el aplicar las leyes que rigen el movimiento de la atmósfera, básicamente la dinámica de fluidos y la termodinámica, a sistemas diferentes a los de la Tierra, ya que esto permite comprobar la universalidad de estas leyes, así como entenderlas mejor al verlas actuando en un entorno que no es el habitual.

Dune, tal y como lo imaginó Frank Herbert, es un mundo que no va contra las leyes de la física. Ciento es que algunos detalles (como la ausencia total de lluvia o la práctica imposibilidad de vivir en las latitudes medias) no fueron correctos tal y como los presentó Herbert, pero aun así el autor fue sorprendentemente perspicaz a la hora de mostrar un planeta desértico extremo, aunque habitable por humanos, tal y como los análisis físicos han demostrado.

Por último, es conveniente decir que la web de donde se han extraído las imágenes de Dune, climatearchive.org, alberga otras simulaciones, tanto de mundos de ficción como del pasado y futuro de la Tierra. Visitarla es muy recomendable.

REFERENCIAS

ABRAMSON, G., 2024. La gran estrella del sur. <https://guillermoabramson.blogspot.com/2024/03/la-gran-estrella-del-sur.html>

- BOSTON, J., 2024. Why was it so difficult for Dune to find a book publisher? <https://scifi.stackexchange.com/questions/292786/why-was-it-so-difficult-for-dune-to-find-a-book-publisher>
- FARNSWORTH, A., FARNSWORTH, M. y STEINIG, S., 2021. Dune: we simulated the desert planet of Arrakis to see if humans could survive there. <https://theconversation.com/dune-we-simulated-the-desert-planet-of-arrakis-to-see-if-humans-could-survive-there-170181>
- KHW, 2020. DUNE takes place near the north pole of Arrakis – why no midnight sun? <https://scifi.stackexchange.com/a/236771>
- NARITA, N., ENOMOTO, T., MASAOKA, S. y otros, 2015. Titania may produce abiotic oxygen atmospheres on habitable exoplanets. *Sci. Rep.*, 5, 13977. <https://doi.org/10.1038/srep13977>
- PIERREHUMBERT, R. T., 2005. Science Fiction atmospheres. University of Chicago. https://users.physics.ox.ac.uk/~pierrehumbert/papers/BAMS_SFatm.pdf