

Experimento 1: Polvo de bacterias: Una alternativa para alimentarnos en Marte

1. Resumen

Uno de los grandes retos a los que nos vamos a enfrentar durante nuestro viaje a Marte es la obtención de alimento suficiente y balanceado. Han surgido distintas propuestas para resolver esta problemática, como la carne sintética y la Soleina. Esta última es un alimento microbiológico rico en proteínas, obtenido a partir de aire, agua y electricidad, el cual favorece el uso de energías limpias y renovables; reduce el uso de terreno, fertilizantes y plaguicidas, si requerir plantas ni animales. Utilizando la unidad miniatura diseñada por Solar Foods, ajustaremos los requisitos para producir este alimento en Marte, aprovechando su abundante CO₂ atmosférico y radiación solar por medio de paneles solares; descongelando, filtrando y reutilizando el agua que podríamos encontrar durante nuestra exploración y buscando microorganismos que pudieran ser alternativas para aplicar este proceso.

2. Introducción y antecedentes

Las proteínas son un tipo biomoléculas formadas por aminoácidos que generalmente se obtienen de productos de origen animal y vegetal. Las proteínas tienen varias e importantes funciones en nuestro organismo, por lo que son indispensables en la dieta diaria (Coles et al., 2016). Garantizar una dieta correcta es uno de los principales retos para el ser humano ante las consecuencias del cambio climático y para las misiones espaciales.

La agricultura o ganadería celular es una alternativa que permite obtener carne sin necesitar sacrificar animales. En 1991, un científico estadounidense registró la primera patente para la producción de carne de ingeniería de tejidos para el consumo humano. A principios de la década de 2000 muchas universidades e incluso la NASA empezaron a trabajar en esta tecnología.

Mark Post de la Universidad de Maastricht creó en 2013 la primera hamburguesa de carne sintética con su sabor y consistencia, pero con un costo de más de 300.000 dólares y necesitando dos años para su producción. Entre 2013 y 2019, la industria se centró en el desarrollo de prototipos y se crearon más de cincuenta compañías principalmente en Estados Unidos e Israel para producir carne, huevos, lácteos, gelatina y otros productos sintéticos animales como los camarones. (Yahoo! finance, 2022). Pero ha surgido una interesante alternativa por parte de la empresa Solar Foods.

Solar Foods comenzó la producción de un alimento de origen bacteriano que solo requiere de aire y electricidad. Este alimento se llama Soleina, una especie de harina amarilla que tiene una composición de 65 a 70% proteína incluyendo los 9 aminoácidos esenciales para el cuerpo, 10 a 15% fibras dietéticas, 5 a 8% lípidos, y 3 a 5% de micronutrientes como hierro y vitaminas del grupo B.

100 gramos de este ingrediente contienen 385 kilocalorías de energía y más del 100% de la ingesta sugerida de vitamina B2, B9 y B12. Además, según los responsables de Solar Food "el proceso es 20 veces más eficiente en términos energéticos que la fotosíntesis y 200 veces más que la carne" (Marinero, 2023; Solar Foods, 2023).

Las bacterias son capturadas de ecosistemas naturales y se reproducen en condiciones controladas de laboratorio por medio de la fermentación. Posteriormente se colocan en medio acuático dentro de un biorreactor que captura aire para separar el dióxido de

carbono, así como el Hidrógeno y Oxígeno del agua utilizando electricidad proveniente de paneles solares. También se añaden otros nutrientes inorgánicos, como nitrógeno, calcio, fósforo y potasio. Posteriormente la mezcla se deshidrata para obtener la Soleina, que tiene un sabor suave y neutro, por lo que se puede utilizar para elaborar alimentos dulces y salados como pasteles, helados, pasta y pan (Marinero, 2023; Solar Foods, 2020).

Solar Foods también está desarrollando una unidad de producción de Soleina más pequeña para que sea llevada en misiones espaciales de larga duración de la ESA (*European Space Academy*) y la NASA, con el objetivo de cubrir las necesidades alimenticias de los astronautas. Esta unidad, cuyo diseño adjuntamos en un archivo anexo, resultó premiada en el *Deep Space Food Challenge* de la NASA y la Agencia Espacial de Canadá (CSA).

La propuesta está diseñada para una tripulación de 6 astronautas, y debe ser colocada en un espacio cerrado de 72 x 162 x 56 cm, con un consumo promedio de 1.500 Watts. Hasta ahora esta unidad sigue presentando algunos retos, por ejemplo, su peso de 150 kg, pues cada kilogramo enviado al espacio puede costar más de 19,000 euros. Se está planteando cambiar las piezas y estructuras de acero por materiales más ligeros, pero resistentes, duraderos y seguros. El otro reto es su alto requerimiento energético, ya que para producir 1 kilo de Soleina la unidad necesitaría unos 50 kW de energía. También se necesita un depósito de 50 litros de agua, lo que podría tener una doble función como escudo contra la radiación del espacio (Marinero, 2023).

3. Objetivos

Nuestro principal objetivo es obtener alimento completo y suficiente durante nuestro viaje y estancia en Marte. Otro de nuestros objetivos es reducir el peso y volumen de los recipientes, materiales y equipo que necesitaremos para la producción de alimento en esta y próximas misiones a Marte, considerando las limitaciones que imponen el lanzamiento y las características propias del viaje. También queremos que los cosmonautas puedan producirlos con suficiente facilidad para que esto no intervenga ni afecte la misión, generando la menor cantidad de residuos posibles, requiriendo la menor cantidad de recursos limitados y favoreciendo el uso de recursos abundantes en Marte. De igual modo se busca incrementar la cantidad de nutrientes esenciales específicos para nuestro viaje, considerando los cambios fisiológicos que experimentaremos durante la misión.

4. Metodología

5. Se orientarán los paneles solares con los que cuenta nuestra nave para aprovechar adecuadamente la radiación solar, considerando que, a pesar de que Marte se encuentra más alejado del Sol que la Tierra, recibe más radiación por no tener una composición atmosférica como la nuestra (Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, s. f.).

6. El generador eléctrico de los paneles solares será conectado a la unidad de producción de Soleina, así como el extractor de aire se colocará de manera que aproveche la gran concentración de CO₂ disponible en Marte.

7. Se favorecerá la reproducción de nuestro cultivo microbiano por fermentación, para garantizar que sigamos teniendo las bacterias necesarias para seguir produciendo Soleina.

8. Una vez añadidos todos los elementos (cultivo bacteriano, agua, otros nutrientes), se activará la maquinaria para obtener Soleina.

9. Ya que la mezcla debe ser deshidratada antes de consumirla, se recogerá y filtrará el agua obtenida para poder reutilizarla, ya que obtener esta sustancia en Marte es uno de las principales limitantes de nuestra misión.

10. La harina obtenida se mezclará con la cantidad de agua sugerida para su consumo.

11. Por las mismas razones se realizarán exploraciones en busca de agua, la cual probablemente se encontrará congelada por las bajas temperaturas que se registran en el llamado planeta rojo debido a que su atmósfera no retiene la radiación solar (NASA Ciencia, 2023). También se espera que el agua se rica en sales minerales después de la evaporación que se sugiere que experimentó hace miles o millones de años (van den Berg, 2022). Posteriormente el agua se deberá fusionar y filtrar para poder utilizarla.

12. En estos cuerpos de agua se tomarán muestras para buscar microorganismos. Para ello se favorecerá su reproducción en laboratorio para posteriormente observar las muestras en el microscopio. Ya que la radiación ultravioleta que llega a este planeta es tanta, los microorganismos utilizados para producir Soleina, están expuestos a experimentar una mayor tasa de mutaciones y necesitamos identificar cepas alternativas para producir alimentos (TecnoXplora, s. f.).

5. Seguridad y consideraciones éticas

Ya que la Soleina proviene de bacterias no modificadas genéticamente, no tiene las limitaciones bioéticas de los experimentos hechos con plantas, animales, u organismos transgénicos. No necesita de grandes extensiones de tierra, no se aplican pesticidas ni fertilizantes, favorece el uso de energías renovables y limpias, además de que requiere menos agua. Por otro lado, la agricultura, ganadería y otras actividades para obtener alimentos convencionales suelen venir acompañados de maltrato y experimentación animal o necesitan de ciertas sustancias que son recursos no renovables vitales para muchas actividades económicas, sociales y culturales.

Sin embargo, al tratarse de la adaptación de microorganismos a un nuevo planeta, su DNA podría sufrir mutaciones, por lo que las bacterias y sus efectos deberán ser observados cuidadosamente y el lugar escogido para el experimento deberá estar claramente delimitado y alejado de zonas donde pudiera generar una alteración importante. Por ejemplo, fuentes de agua, lugares donde se encuentren rastros de vida o cuevas.

En el planeta Tierra también debemos asegurarnos de que su extracción y manipulación, así como su uso dietético no causen daños a la salud ni al medio ambiente. Es importante que este tipo de productos estén bajo la vigilancia de instituciones certificadas que evalúen sus efectos.

6. Resultados esperados y aplicaciones

El alimento de origen bacteriano nos permitirá satisfacer gran parte de nuestros requerimientos nutricionales durante el viaje a Marte sin requerir grandes extensiones de terreno o materiales dañinos y difíciles de obtener en este Planeta. Sin embargo, al ser largo el periodo de tiempo que estaremos fuera de la Tierra, es importante que consideremos otras formas de obtener y producir alimento para tener una dieta balanceada y completa. La Soleina puede ofrecer muchos beneficios para nuestra exploración y estancia en Marte, para otros viajes al espacio, pero sobre todo para reducir los daños ecológicos y limitaciones que implica la producción de

alimento en nuestro Planeta. Si protegemos los recursos que tenemos en la Tierra, no será necesario buscar otro planeta en el cuál podamos vivir.

Dentro de las ventajas de los alimentos producidos en laboratorio, destacamos las siguientes:

1. Sostenibilidad: Al ser producida en entornos controlados, como cultivos de laboratorio o granjas espaciales, puede cultivarse de manera eficiente, sin depender de recursos limitados o alterar la estructura de los biomas.
2. Nutrición ajustada: Puede ser diseñada para cumplir con nuestros requerimientos nutricionales específicos como astronautas, teniendo en cuenta las demandas físicas y los efectos del espacio en el cuerpo humano. Esto aseguraría una dieta balanceada.
3. Reducción de residuos: La comida artificial puede ser producida con un enfoque mínimo de desperdicio. Esto significa que se pueden utilizar todos los componentes de una planta o animal para la producción alimentaria, evitando la generación de residuos innecesarios.
4. Control y estabilidad: El sabor, textura y calidad pueden ser altamente controlados. Esto garantiza que los alimentos se mantengan comestibles durante largos períodos de tiempo sin deteriorarse, lo cual es esencial para las misiones espaciales que pueden durar meses o incluso años.

Componentes de la unidad de producción de Soleina en miniatura, diseñada por Solar Foods para solucionar los problemas de alimentación de los astronautas en el espacio.



(Marinero, 2023)

Algunas imágenes de parte de la tripulación planeando nuestro viaje a Marte.





Referencias

- Marinero, I. 2023. La revolucionaria comida que se obtiene del aire con energía solar: sustituirá a animales y vegetales – El Español: Omicrono. Recuperado el 28/06/2023 de: https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20230104/revolucionaria-comida-obtiene-energia-sustituir-animales-vegetales/728177276_0.html
- NASA Ciencia- Space Place. 2023. ¿Cómo es el clima en los otros planetas? Recuperado el 03/07/2023 de: <https://spaceplace.nasa.gov/weather-on-other->

[planets/sp/#:~:text=Las%20temperaturas%20diurnas%20en%20Marte,200%E2%84%89%20\(%2D129%E2%84%83\).](https://planets.sp/#:~:text=Las%20temperaturas%20diurnas%20en%20Marte,200%E2%84%89%20(%2D129%E2%84%83).)

- Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación – Universidad Complutense de Madrid. s. f. Recuperado el 02/07/2023 de: https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-10588/2015_12_not04.pdf
- Solar Foods. 2020. Demystifying The Bioprocess – Youtube. Recuperado el 02/07/2023 de: <https://youtu.be/z8zugR95fqA>
- Solar Foods. 2023. Food Out of Thin Air. Recuperado el 28/06/2023 de: <https://solarfoods.com/>
- TecnoXplora, s. f. La radiación, uno de los mayores obstáculos para instalarnos en Marte. Recuperado el 03/07/2023 de: https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoplora/ciencia/ecologia/radiacion-uno-mayores-obstaculos-instalarnos-marte_201906145d0375100cf216f9f6987efb.html
- van den Berg, E. 2022. National Geographic España: En busca de agua en Marte. Recuperado el 03/07/2023 de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/busca-agua-marte_13807
- Yahoo! Finance. 2022. Alimentos sintéticos: ¿ficción o realidad? ODDO BHF opina. Recuperado el 29/06/2023 de: https://es-us.finanzas.yahoo.com/noticias/alimentos-sint%C3%A9ticos-ficci%C3%B3n-realidad-oddo-143000304.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAACMQAEc892VEWJeUZWQhXqtCT7v9rwoPfXpHfRTNjmPnFedwoVzr00ELLqOKoQB3ZtfejoD1edwKbMuTm8Uag-mhWvAeAFTU9Hu25-1E8niGH1jnVHO60oyceGfhw4JFdwr1tp6lY1hC30n-wkVug_uO_3JjKVLfsgR416cy6YO

Experimento 2: Efectos de la gravedad marciana en el cuerpo humano

1. Resumen

El efecto de la gravedad sobre toda la materia en la Tierra ha sido estudiado ampliamente por su importancia en todos los procesos que en ella ocurren. Nosotros nos preguntamos ¿cuáles serán los efectos del cambio en la gravedad que existe en el espacio exterior sobre el cuerpo humano? Los resultados de algunas investigaciones demuestran importantes efectos sobre los sistemas musculoesquelético, nervioso, inmunológico y circulatorio. Nuestro objetivo durante esta expedición a Marte es analizar los efectos de la gravedad marciana sobre el cuerpo humano para garantizar una condición saludable, para ello evaluaremos la condición fisiológica de la tripulación de forma detallada para poder realizar las comparaciones en Marte. Tras la exposición a la gravedad marciana y la realización continua de rutinas para contrarrestar sus efectos, se volverán a evaluar periódicamente parámetros como densidad ósea, masa muscular, función cardiovascular, equilibrio hormonal y respuestas inmunológicas. Finalmente, estas mediciones se seguirán llevando a cabo tras regresar a la Tierra. Esperamos que haya cierto efecto negativo sobre nuestros sistemas corporales, pero que se vean disminuidos por nuestra continua preparación física y dieta balanceada.

2. Introducción y antecedentes

Si bien los efectos gravitacionales han estado presentes en el desarrollo de la humanidad, las antiguas civilizaciones desconocían los motivos por los que ciertos fenómenos se suscitaban y que terminaban maravillándolos. De manera directa, los satélites naturales, las estrellas, los cometas y asteroides, mostraban una relación de movimiento que, si bien no podía ser explicada por las limitaciones numéricas y teóricas en ese entonces, si formulaban preguntas cuyas respuestas permitieron construir una de las leyes más importantes de nuestro universo (hasta ciertas escalas) la ley de gravitación universal. Desde los tiempos en que Aristóteles caminaba sobre la tierra, el movimiento era relevante para todos los seres humanos, de manera específica, el movimiento de los cuerpos celestes. Ellos pensaban que todo giraba en torno al planeta Tierra en círculos perfectos y que cada cuerpo celeste estaba "atrapado" en una de las figuras geométricas tridimensionales perfectas (rombos, cubos, esferas, etc.) (Hewitt, 2002).

Sin embargo, en 1665, Sir Isaac Newton comprendió que estos movimientos tan peculiares se debían a una interacción con la que estaba familiarizados pero ajena a estos rubros hasta es entonces, la gravedad. Si bien Newton no "inventó" la gravedad, cuenta la leyenda popular que este se encontraba bajo un manzano y, al sentir la caída de unos de sus frutos, comprendió que la fuerza de atracción al centro de la Tierra era la misma que hacía girar al cuerpo celeste más cercano e impactante en esa época, la Luna.

Después de algunos cálculos, notó que la fuerza de gravedad entre dos objetos era directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente a la distancia entre estos objetos, en forma de ecuación:

$$F = G \left(\frac{M_1 M_2}{d^2} \right) \quad (ec. 1)$$

Donde M_i es la masa de los objetos, d la distancia y G la constante de gravitación universal.

Si consideramos que el caso específico en el que la masa número 1 es la de la Tierra y la distancia es igual al radio de la masa, el factor resultante puede considerarse como la aceleración de la gravedad dada la segunda ley de Newton.

$$F = G \left(\frac{M_1}{d^2} \right) (M_2) = g_T (M_2) \quad (ec. 2)$$

Así

$$g_T = G \left(\frac{M_T}{d^2} \right) \quad (ec. 3)$$

De la última ecuación, podemos notar que la aceleración de la gravedad depende directamente de la masa del planeta en cuestión y de su radio, de esta manera, podemos afirmar que la gravedad que se presente en el planeta rojo (Marte) cambia, siendo pues que si consideramos la aceleración en la Tierra como la unidad ($9.8 \frac{m}{s^2}$ o 1 G), la gravedad en Marte correspondería a $3.71 \frac{m}{s^2}$ o 0.37 G. (Resnick, 2014).

La pregunta obligada es entonces ¿cuáles sería los efectos en el cuerpo humano de este cambio tan brusco en una constante que permea la existencia de la humanidad? Se han realizado algunas investigaciones en la estación espacial internacional en la que se muestran cambios significativos en el desempeño muscular, disminuyendo la fuerza debido a la atrofia con algunas alteraciones en el control neuromuscular y la estabilidad correspondiente a la lumbar y pelvis (Mantilla, 2018). También se puede considerar que, al cambiar las presiones y flujos corporales debido a la disminución de la fuerza gravitacional, principalmente en las venas craneales, produce una disminución en las capacidades que tiene el cerebro de auto regularse, así como en el desempeño cognitivo y los procesos en los neurotransmisores (Carrillo, 2015).

Además, dadas las presiones que se generan fuera del cuerpo, la sangre tiende a acumularse en el centro de este, dando como resultado la disminución en la masa cardíaca y el incremento que se espera en la presión arterial debido a la acumulación de sangre en ciertas partes del cuerpo (Carillo, 2015).

En cuanto a los afectos inmunológicos y óseos, los resultados obtenidos por la tripulación del Apollo (entre 1960 a 1970) corroboran una disminución en la producción de células importantes para combatir infecciones, tales como los linfocitos y niveles alterados de la inmunoglobulina. También se encontró una disminución del 80% en la masa muscular después de 180 días expuestos a la microgravedad y problemas relacionados con la atrofia

muscular específicamente en los músculos que se encargan de desempeñar una función anti gravitatoria. (Carrillo, 2015).

Un aspecto que no podemos dejar de lado es el sueño en los astronautas pues la oscuridad prolongada y la exposición a luz artificial puede producir alteraciones en el ciclo circadiano y esto, a su vez, reduce el rendimiento físico y mental, aspecto de suma importancia para realizar tareas que requieren de la precisión de un viaje a Marte (Godoy, 2019).

3. Objetivo del experimento:

El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la gravedad marciana en el cuerpo humano, especialmente en términos de cambios fisiológicos, adaptación musculoesquelética y respuesta cardiovascular. El conocimiento de estos efectos es fundamental para la planificación y ejecución exitosa de misiones tripuladas a Marte y para garantizar la salud y el bienestar de los astronautas durante su estancia en el planeta.

4. Diseño experimental y metodología:

Preparación previa al experimento:

- Antes de la misión, realizar mediciones y pruebas de referencia para establecer la línea base de cada participante en condiciones de gravedad terrestre.
- Realizar evaluaciones físicas y médicas exhaustivas, incluyendo análisis de la densidad ósea, composición corporal, función cardiovascular, función muscular y marcadores bioquímicos relevantes.

Estancia en Marte:

- Enviar a un grupo de astronautas a una misión simulada en un ambiente con gravedad marciana durante la duración de la misión.
- Durante su estancia en Marte, los astronautas llevarán a cabo sus tareas y actividades diarias, manteniendo un régimen de ejercicio regular diseñado específicamente para contrarrestar los efectos de la gravedad reducida.
- Se realizarán mediciones periódicas de parámetros fisiológicos y biomarcadores relevantes, como densidad ósea, masa muscular, función cardiovascular, equilibrio hormonal y respuestas inmunológicas.

Comparación de datos:

- Comparar las mediciones tomadas durante la estancia en Marte con los datos de referencia de cada participante en condiciones de gravedad terrestre.

- Analizar y evaluar los cambios observados en la densidad ósea, la composición corporal, la función cardiovascular, la función muscular y otros parámetros relevantes.
- Evaluar la capacidad de adaptación del cuerpo humano a la gravedad marciana y determinar los posibles efectos a largo plazo.

Seguimiento posterior al experimento:

- Después de la misión, realizar un seguimiento continuo a los participantes para evaluar la reversibilidad de los efectos observados durante la estancia en Marte.
- Comprobar si los astronautas pueden volver a adaptarse a la gravedad terrestre y si se producen cambios adicionales a largo plazo.

5. Seguridad y consideraciones éticas

Ya que los efectos en el cambio de la fuerza gravitacional que nuestro cuerpo va a experimentar pueden ser irreversibles o graves, es importante que llevemos a cabo estas mediciones de forma regular y, en caso de notar una consecuencia importante, detengamos las exposiciones lo mejor posible hasta que podamos regresar a la Tierra utilizando nuestra nave y otras estructuras que llegáramos a instalar. También es necesario que sigamos y respetemos todas las medidas sugeridas por los especialistas para mantener una condición fisiológica adecuada.

6. Resultados esperados y aplicaciones:

Se espera que este experimento proporcione información crucial sobre los efectos de la gravedad marciana en el cuerpo humano. Los resultados podrían ayudar a los científicos y a las agencias espaciales a diseñar contramedidas efectivas y estrategias de cuidado de la salud para futuras misiones tripuladas a Marte, garantizando así la seguridad y el bienestar de los astronautas en entornos de baja gravedad. Si bien esperamos que haya un efecto negativo sobre los sistemas musculoesquelético, nervioso, circulatorio e inmunológico; también esperamos que nuestra continua preparación física y dieta balanceada permita disminuir los efectos del cambio gravitacional al máximo.

Bibliografía:

- Carrillo Esper, R., Díaz Ponce Medrano, J. A., Peña Pérez, C. A., Flores Rivera, O. I., Ortiz Trujillo, A., Cortés Antonio, O., ... & Méndez Saucedo, L. M. (2015). Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 58(3), 13-24.
- Dosal, J. A. R., Gil, L. A. M., & Razo, M. D. R. G. 18. Efectos de la microgravedad en el aparato de la visión. *Medicina espacial*, 221.
- Godoy Bas, R. (2019). Revisión sistemática del efecto de la microgravedad en los parámetros farmacocinéticos y farmacodinámicos.
- Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual physics*. Pearson Educación.
- Mantilla, J. I. A., & Santa, J. M. (2018). Efectos de la microgravedad sobre la condición física en astronautas. ¿Existe intervención fisioterapéutica?. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 7(2), 53-60.
- Resnick, R., & Halliday, D. (2014). *Halliday and resnick fundamentals of physics*. Wiley.