



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ENFERMERÍA Y OBSTETRICIA

**ENFERMERÍA ESPACIAL, CUIDADOS AL ASTRONAUTA:
NUTRICIÓN, ELIMINACIÓN, SUEÑO Y DESCANSO, HIGIENE,
OCUPACIÓN Y APRENDIZAJE**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ENFERMERÍA

PRESENTA:

PUENTE DURÁN MIGUEL MARCOS

No Cuenta.

310152136

Asesoría: Mtra. Teresa Sánchez Estrada.

Mtra. Guadalupe Elodia Leyva Ruiz.

Mtra. Bertha Alicia Camacho Villicaña



CDMX 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de la máxima casa de estudios en México, otorgándome así las herramientas necesarias para complementar mi crecimiento personal y profesional.

A la Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia por la formación y enseñanzas recibidas durante los años de estancia, mismos que ahora son fructíferos y dan como resultado la mejora de mis habilidades, tanto físicas como intelectuales, para prestar cuidado de calidad a la población.

A la Maestra Teresa Sánchez Estrada, asesora de esta tesina, por el apoyo que me brindó a lo largo de mi formación académica y sobre todo por el conocimiento y las enseñanzas compartidas que hicieron de mí una mejor persona.

A la Maestra Guadalupe Leyva Ruíz, asesora de esta tesina, por confiar en mis aptitudes y permitirme desenvolver en un espacio libre para el pensamiento crítico- científico, mismo que favoreció, acompañó y apoyó en todo momento.

DEDICATORIAS:

A mis padres, quienes me dieron la Vida, por ser las personas que han guiado mi camino durante tantos años, apoyando incondicionalmente mis aciertos y errores. Sin ellos no sería posible haber culminado esta meta profesional.

A mi hermano por las enseñanzas, la comprensión, la paciencia, la empatía y la protección que me ha dado durante tantos años. Pero sobre todo por la ayuda y apoyo en todas las etapas de mi crecimiento personal y profesional.

A toda mi familia quienes, con esfuerzo y sacrificios, edificaron las bases para sostener e impulsar mi desarrollo académico, sin dejar de lado el amor y la comprensión que me permitieron superar los momentos más difíciles.

CONTENIDO GENERAL

Introducción	5
Objetivos de la tesina.....	8
a. Generales.....	8
b. Específicos.....	8
Metodología	9
I. Capítulo I: Contextualización.....	11
II. Capítulo II: Espacio sin límites.	15
a. Contexto.....	15
b. Viajes espaciales: Evolución.	15
c. El Entorno espacial.	21
i. Capas de la atmósfera:	22
ii. Composición química de la atmósfera:	24
iii. Propiedades físicas de la atmósfera:	25
III. Capítulo III: Fisiopatologías sistémicas inherentes al entorno espacial.....	28
a. Contexto.....	28
b. Oftálmico:	28
c. Célula:	30
d. Neumológico:	30
IV. Capítulo IV: Enfermería Espacial.....	33
a. Proceso de enfermería y el cuidado del astronauta.....	33
i. Afección clase I:.....	34
ii. Afección clase II:.....	34
iii. Afección clase III:.....	34
b. Pertinencia del modelo de las 14 necesidades básicas de Virginia Henderson en el proceso de cuidado al astronauta.....	35
i. Previo al viaje espacial.....	35
ii. A bordo de la nave espacial.....	36
iii. Regreso a la Tierra.	36
V. Nutrición y viajes espaciales.	37
a. Necesidad de nutrición	37
b. La alimentación en el espacio.	38
c. Cuidados de enfermería en la necesidad de Nutrición.....	42
i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.	42
ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.	45

iii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.	49
VI.	El astronauta y la necesidad de eliminación en el espacio.	51
a.	Necesidad de eliminación.....	51
b.	Evolución de los sistemas de eliminación en la astronave.....	52
c.	Cuidados de enfermería en la necesidad de eliminación.....	55
i.	Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial	55
ii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.	61
iii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.	65
VII.	Descanso, sueño y microgravedad.....	68
a.	El ciclo circadiano; un sistema biológico del sueño.	69
b.	Las modificaciones del ciclo circadiano en microgravedad.	70
c.	Cuidados de enfermería en la necesidad de descanso y sueño	71
i.	Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al vuelo espacial.	71
ii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.	73
iii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.	77
VIII.	El viaje espacial: cuidando la higiene e integridad cutánea.	79
a.	Necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea	79
b.	La higiene en microgravedad	80
c.	Cuidados de enfermería en la necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea.....	83
i.	Previo al vuelo espacial.	83
ii.	Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial	84
IX.	Misión espacial: De la ocupación estelar a la autorrealización	87
a.	Necesidad de ocuparse en labores que lleven a la realización personal	87
b.	La ocupación como astronauta.....	87
c.	Roles a bordo de la nave espacial.....	89
X.	El aprendizaje; ciencia y viajes espaciales.....	91
a.	Necesidad de aprendizaje:	91
b.	Previo al vuelo espacial.....	91
c.	A bordo de la nave espacial	93
XI.	Conclusiones.....	95
XII.	Anexos.....	97

Introducción

La presente tesina tiene por objeto proponer e implementar una valoración sistematizada, realizada desde el enfoque de atención sanitaria del profesional de enfermería, en los astronautas cuyas necesidades básicas se ven alteradas por las condiciones de microgravedad.

Para esta investigación documental se consultaron diversas fuentes bibliográficas científicas que dan sustento a la propuesta que aquí se realiza. Esta se desarrolló a lo largo de doce capítulos que a continuación se presentan brevemente:

En el primer capítulo se realiza una contextualización de los temas principales de la tesina. Se revisa la cronología evolutiva del ser humano, misma que le acercó al entendimiento tecnológico. Más adelante se ahonda en las bases de la navegación aeroespacial y en las ciencias que repercute esta aproximación, destacando a las ciencias de la salud, como la medicina espacial. Finalmente se refutan los motivos por los cuales es necesario abordar los cuidados a los astronautas desde la visión de la enfermería, para así, dar paso a la “*Enfermería espacial*”.

En el segundo capítulo se hace una revisión sucesiva de los avances en la exploración espacial, tomando como base los primeros bocetos de máquinas para volar hasta llegar a la actualidad donde se utilizan estaciones espaciales que orbitan el Planeta Tierra. También se contextualiza al lector acerca del entorno en el espacio, permitiendo así dar referencia de las condiciones ambientales variables que ocasionan las alteraciones anatomofisiológicas.

En el tercer capítulo se puntualizan diversas afecciones fisiológicas que son resultado de la exposición humana al entorno espacial y por lo tanto a condiciones de microgravedad. Se abordan las modificaciones del aparato respiratorio debido a la readaptación orgánica, las alteraciones microscópicas a nivel celular ocasionadas por la radiación cósmica y finalmente se rescatan las modificaciones oculares ocasionadas por la redistribución de líquidos y la fuerza de aceleración.

En el cuarto capítulo se analiza la pertinencia de utilizar el modelo de las 14 necesidades básicas de Virginia Henderson para llevar a cabo un proceso de cuidados al astronauta.

A partir de los siguientes capítulos se comienza el abordaje de los cuidados al astronauta desde el rol de enfermería, correlacionando la valoración mediante el método clínico y las investigaciones fisiológicas de las agencias espaciales junto con el proceso de atención de cuidados, a partir de tres tiempos esenciales; previo al viaje espacial, a bordo de la nave y al regreso a la Tierra.

En el quinto capítulo se inicia con la necesidad de “Nutrirse adecuadamente”, rescatando la forma en que se llevan a cabo los procesos digestivos en microgravedad. Se revisarán los mecanismos de aprovechamiento calórico e hídrico en el espacio, así como los sistemas de reciclaje de agua. También se detallará la importancia de la participación del profesional de enfermería en relación a esta necesidad a través de oportunas intervenciones y los cuidados en tres tiempos principales.

En el sexto capítulo se enlistan los sistemas higiénicos de eliminación biológica a bordo de las naves y como estos han evolucionado hasta su perfeccionamiento. Se hace una revisión de las similitudes y diferencias entre los medios de eliminación humana y las adaptaciones de los sistemas de recolección que se incluyen en una nave espacial. Finalmente se detallan las acciones de enfermería entorno a los tres momentos del viaje espacial, para así establecer las etapas de atención sanitaria de los cuidados del astronauta.

En el séptimo capítulo se aclara como se lleva a cabo la necesidad de “Descanso y sueño” en un ambiente de microgravedad, retomando la importancia del ciclo circadiano y la respuesta hormonal fisiológica que llevan al cumplimiento de esta necesidad. Así mismo se correlacionan las principales afecciones y a través de la atención de enfermería, se elaborará un plan de cuidados aplicado al astronauta.

En el octavo capítulo se describe la importancia de la octava necesidad básica propuesta en el modelo de Virginia Henderson, y como esta se realiza en ambientes extraterrestres. Se esclarecen los medios y sistemas de higiene corporal a bordo de una nave espacial y cuál es su repercusión perceptual y fisiológica. Se hace énfasis en las alteraciones más comunes de la integridad cutánea y la higiene corporal, entendiendo la participación activa de enfermería en la valoración previa y durante el viaje espacial.

En el noveno capítulo se aborda la necesidad de “Ocupación”, correlacionando la ocupación espacial para alcanzar la autorrealización y la ejecución consecuente del trabajo como astronauta. También se enlistan las aptitudes y actitudes individuales que caracterizan y hacen única esta labor. Además, se exploran los diversos roles que los tripulantes pueden fungir a bordo de la nave.

En el décimo capítulo se define el proceso de aprendizaje y se retoma su importancia dentro del modelo de las catorce necesidades básicas del ser humano. Se enlistan los aspectos a evaluar en esta necesidad y los requerimientos para alcanzar su cumplimiento. Así mismo, se contextualiza al aprendizaje como una necesidad de índole científico- espacial y se explica cómo esta puede llevarse a cabo previo al viaje y a bordo de la nave espacial. Se concluye el capítulo proponiendo la colaboración activa de enfermería, desde el rol de la enseñanza, para favorecer el aprendizaje de

las técnicas de salud que complementen la investigación fisiológica espacial y por lo tanto la supervivencia de los astronautas.

Finalmente, esta tesina contiene las conclusiones generales y anexos que refuerzan el contenido, mismas que están ubicadas en los capítulos onceavo y doceavo, respectivamente.

Objetivos de la tesina

a. Generales

1. Construir el argumento teórico sobre el cuidado enfermero en la persona: el astronauta.
2. Implementar el proceso de atención de enfermería a la persona, tomando los tres tiempos propuestos: previo, durante y después de las condiciones espaciales.
3. Generar en corto plazo un libro sobre “Enfermería Espacial” auspiciado por las instancias y autores involucrados.
4. Inspirar a los involucrados en el área de enfermería sobre las posibilidades de ampliación en su campo de influencia, fomentando la divulgación científica desde un eje multidisciplinar.

b. Específicos

1. Identificar las necesidades básicas de la persona sometida a condiciones de microgravedad.
2. Establecer el método de valoración a las necesidades básicas de la persona en condición de microgravedad
3. Construir los diagnósticos enfermeros sobre afecciones derivadas de la exposición al espacio exterior.
4. Proponer las intervenciones de enfermería para el cuidado de las necesidades básicas humanas en astronautas y viajeros espaciales.

Metodología

Este documento resume una propuesta que subsume el estado del conocimiento, sobre astronomía y su aplicación al campo de enfermería, de manera que es una plataforma teórica- metodológica sobre cuidados en el espacio, que identifica las bases fisiopatológicas, la valoración, la estructuración de diagnósticos reales y potenciales y las intervenciones pertinentes, y, por lo tanto, sirve de guía para el proceso de enfermería, desde una nueva perspectiva.

Es necesario comentar que esta tesina forma parte de un segundo volumen que en conjunto dará origen a un libro denominado “Enfermería Espacial” (Véase anexo 1).

El documento está estructurado según lineamientos de la teoría de necesidades básicas de Virginia Henderson, una vez analizadas las propuestas posibles en el marco epistemológico del cuidado enfermero. Se escoge la teoría de las necesidades básicas por su pertinencia y congruencia con la evidencia clínica de los efectos fisiológicos sobre el organismo expuesto a condiciones previas, durante y posteriores a la microgravedad.

Para la construcción de esta tesina se hizo una revisión exhaustiva de la literatura nacional e internacional existente sobre el tópico, de igual manera se consultaron expertos en materia de medicina espacial con el fin de direccionar el enfoque de la búsqueda documental y el soporte a la temática. Se considera que el aporte sustantivo de este documento es haber logrado correlacionar una teoría de enfermería ampliamente conocida y clínicamente práctica como lo es la teoría de las necesidades básicas de Virginia Henderson; misma que permite comprender de una manera clara lo que implica el cuidado a la persona en el espacio exterior, tomando en cuenta que este tema es completamente innovador y prospectivo, ya que no existe literatura en el mundo relacionada con este nuevo campo científico.

Como experiencias preliminares que influenciaron este trabajo, asistí al segundo congreso de Medicina Espacial que se celebró en Guadalajara en el año 2016 donde se recogieron las diversas perspectivas y enseñanzas de los expertos de esta materia, donde destaca el Dr. Ramiro Iglesias Leal, considerado el padre de la Medicina espacial en México, investigadores médicos de la Sociedad Mexicana de Medicina Espacial e investigadores de la Agencia Espacial Mexicana y la NASA.

En el plano internacional se asistió al “*67th International Astronautical Congress*” donde se recogieron las enseñanzas de múltiples científicos internacionales en ingeniería, biología, física y el cosmos. En este contexto se pudo dimensionar la importancia y pertinencia de la participación, real y potencial, de enfermería en el cuidado antes, durante y después de los viajes espaciales.

Cabe resaltar que las fuentes y referencias principales han sido traducidas del idioma inglés sobre el estado del conocimiento en medicina espacial, investigado por varias agencias espaciales internacionales como la “*Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio*” (NASA) en sus centros de investigación suborbitales como la “*Estación Espacial Internacional*” (EEI) y terrestres (Johnson Space Center, AMES research Center, Goddard Space flight Center, Kennedy Space Center, entre otros) retomados específicamente de sus programas de investigación humana enfocados en el análisis orgánico de las condiciones espaciales.

Para el enfoque teórico metodológico enfermero, se parte de las necesidades básicas aterrizadas mediante el método enfermero expresando la valoración, diagnóstico, intervención, ejecución y evaluación, para cualquiera de las tres fases; previo al viaje espacial, a bordo de la nave espacial, y al regreso a la Tierra. Como ya se dijo, la construcción teórica y metodológica es un aporte científico a la enfermería ya que no existe literatura relacionada, es decir, se propicia el origen de la *Enfermería Espacial*.

Finalmente se incluye una conclusión global sobre los tópicos abordados acompañándose de los anexos pertinentes.

I. Capítulo I: Contextualización

La característica central de todo ser humano es la capacidad de pensar y esto le diferencia de otros seres. Dicha singularidad es el acto de razonar, reflexionar y llegar al conocimiento. El conocimiento es la facultad del ser humano para comprender la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas por medio de la inteligencia. A través de esta comprensión del entorno, se llega al saber, haciendo una distinción evolutiva como *homo sapiens*, del latín “hombre sabio”. La necesidad del ser humano por el saber, lo ha acompañado durante toda su vida y es el eje central de su evolución.

La inquietud de saber es impulsada por la curiosidad natural en el hombre, de esta manera, podríamos definirla como el deseo de entender y conocer. Pascal decía “Una de las principales enfermedades del hombre es su inquieta curiosidad por conocer lo que no puede llegar a saber.” La curiosidad del individuo se asocia a la inquietud de comprender y a la necesidad de constituirse con el medio, es decir, del crecimiento.

A través de la curiosidad es como el ser pensante intenta revelar y comprender el entorno donde vivimos. El ser humano, por naturaleza, se interesa por el descubrimiento de nuevas tecnologías y territorios, mismos que le llevan a la exposición de cambios ambientales. Estas modificaciones a las que se ve sometido en su impulso de exploración le llevan a un significativo proceso de adaptación que se traduce paulatinamente en una configuración genética y concluye con la evolución de la especie. La evolución está sujeta al medio en el que se desarrolla el ser, ejemplo de esto es el *homo habilis* y su destacada adaptación al medio con el uso de herramientas, posibilitado por el desarrollo del pulgar oponible, otro ejemplo es el *homo- erectus*, quien se diferenció del resto de *homos* por dejar de ser cuadrúpedo, desplazándose en bipedestación y dando lugar al desarrollo de cambios anatómicos y fisiológicos del sistema osteomioarticular que le permitían desplazarse durante largos viajes en la Tierra. Así es como la evolución ha estructurado de modificaciones al hombre de la actualidad, esta habituación ha dado lugar al ser con características que le permiten comunicarse, relacionarse, desplazarse, y pensar.

Más adelante, en la cronología de la historia moderna, a partir de la implementación de nuevas técnicas de producción, se llevaron a cabo distintos avances tecnológicos que estratifican las posibilidades del desplazamiento, y por lo tanto de generar nuevo conocimiento, lo que creó nuevos métodos de transporte; marítimo: conociéndose los primeros barcos a la par de diversas enfermedades, tales como el escorbuto, las enfermedad descompresivas en buzos, la desorientación de espacio- tiempo, mareo, vértigo, etc., terrestres: como el primer vehículo autopropulsado por vapor creado en 1771 ¹ donde se pudieron observar distintos factores, tales como, vibración, ruido, fuerzas de aceleración aplicadas al cuerpo humano, entre otros., y de aviación:

¹ Cernuschi, E. (2005). *Cuatro siglos en cuatro ruedas* (1st ed., p. 14). Montevideo: Spanish Art Library. Obtenido 12, 2017, de https://www.somosamigosdelatierra.org/17_cuentos/4ruedas/4s4r.pdf

impulsado por primera vez por los hermanos Wright en el año de 1903 con el “*Flyer1*”, donde se comienzan a observar los cambios fisiológicos a partir de cambios de presión atmosférica dada la elevación de las aeronaves. Indirecta y causalmente a través de la investigación y progreso en aviación, se estableció un estrecho lazo con el estudio de la Medicina Aeroespacial.

Una vez que el hombre logró el primer acercamiento a la aeronavegación, se realizaron múltiples aproximaciones al espacio extraterrestre. Esto se pudo conseguir mediante la puesta en órbita de distintos satélites artificiales durante los años 1957-1969. A partir de ese momento la incógnita no era ¿Qué había en el espacio exterior? sino ¿podría el hombre salir de la órbita terrestre? ¿sobrevivir en este ambiente externo? y ¿cuáles serían sus cambios fisiológicos?

La acción de volar tiene la capacidad de exponer al ser humano a diversos factores estresantes que superan la capacidad de adaptación. La disminución del oxígeno disponible o la disminución de la presión barométrica, junto con las bajas temperaturas y la acción de las fuerzas de aceleración sobre los sistemas de equilibrio, son sólo algunos de dichos factores estresantes. Esto se constató cuando el hombre alcanzó la exploración espacial, el miércoles 12 de abril de 1961 ², día que el cosmonauta *Yuri Gagarin* logró ser el primer humano en viajar al espacio exterior, a bordo de la *Vostok 1* que circunvaló el planeta Tierra durante una órbita. Otro ejemplo de los cambios y adaptaciones fisiológicas durante el periodo de microgravedad (o gravedad cero) se pudo comprobar el 20 de Julio de 1969 durante la misión estadounidense “*Apollo XI*” la cual consiguió alunizar por primera vez en la historia de la humanidad ³. Esto supuso uno de los más grandes avances en la tecnología aeroespacial y lógicamente en el estudio de los cambios de salud; fisiológicos y anatómicos, de los cosmonautas.

Los retos que ofrecen las tecnologías de viaje es lo que ha motivado al hombre al desarrollo de métodos de investigación que buscan comprender y tratar la adaptabilidad del hombre a los diferentes territorios a medida de su exploración. En el siglo XXI la exploración estará centrada en el espacio interestelar y su cohabitación, motivando así al ser humano al estudio de las ciencias de la salud en el espacio. Debido a esto es como hoy en día se han logrado grandes avances en el estudio de las alteraciones humanas; antes, durante y después de la exposición a microgravedad. De esta manera proponemos que dichos trastornos sean explorados mediante el sustento médico espacial con el desarrollo de la visión a los cuidados a la salud abordados desde la perspectiva de enfermería, misma que proporciona un campo de asistencia más amplio y complementando holísticamente la atención sanitaria en los cosmonautas.

² Millan, G. *La conquista del espacio* (1st ed., p. 215). Madrid: Real academia de ciencias exactas, físicas y naturales. Obtenido 12, 2016, de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00335.pdf>

³ Ibid. P. 214- 215

La investigación de los cuidados médicos en materia de enfermería ha evolucionado desde los avances en investigación de enfermería en Estados Unidos en conjunto con el esfuerzo para llevar a cabo la instauración en 1962 del "*Programa de Enfermería Espacial*" de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), fue como en 1991 se fundó la "*Sociedad de Enfermería Espacial*" por la Dra. Linda Plush con la ayuda de la Dra. Martha Rogers. El principal objetivo de dicha sociedad fue encaminado a la búsqueda de estrategias de cuidado en astronautas, con un enfoque inicial basado en el modelo teórico del "*Ser unitario*", y que actualmente tiende al lado de la "Medicina Espacial"

Desde la primera misión espacial de vuelo tripulado humano, "*Vostok 1*" en 1961, surgió la intención de las agencias espaciales de todos los países por analizar y estudiar la adaptación fisiológica del ser humano en el ámbito espacial, muestra de este interés científico de grado médico es la creación en 1949 por El Dr. Armstrong, en Estados Unidos, del primer departamento de Medicina Espacial. En el que participó el Dr. Strughold que posteriormente sería considerado el "*padre*" de esta rama de la Medicina.

La Medicina Espacial, tiene así el enfoque de estudio en los cuidados médicos y la fisiología de adaptación en el entorno espacial, puesto que los problemas de salud relacionados con el viaje aeroespacial afectan integralmente al ser humano, desde la descalcificación ósea hasta el sistema cardiovascular, en aquellos viajes que implican fuerzas de aceleración, presión o ingravidez. Dichos problemas están relacionados con las, cada vez más constantes, misiones espaciales, que implican retos para la anatomía humana y que desde las agencias espaciales internacionales se han buscado soluciones en la investigación fisiológica debido a las condiciones extremas a las que se ven sometidos los astronautas; esto se ve reflejado en la creación de la estación espacial MIR, Estación Espacial Internacional (*ISS* por sus siglas en inglés) y la estación espacial Skylab, centradas, entre otras cosas, al estudio biomédico espacial.

Las líneas que inciden sobre el desarrollo en materia de enfermería espacial están relacionadas con los ejes teóricos de estudio de la salud por los científicos representantes de estas ramas, por un lado el Dr. Strughold en Estados Unidos, con el análisis de aceleración sobre el cuerpo humano y por otro su colega el Dr. Ramiro Iglesias Leal, cardiólogo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quien es considerado el padre de la Medicina espacial en México, por su contribución con la tele electrocardiografía, y la atención al cuidado cardiovascular del astronauta Anders, que tripulaba la nave "*Apolo 8*" en 1968. Siendo este el inicio de la investigación médica espacial en México y los horizontes trazados por la ciencia en materia de medicina del futuro.

El impacto social de los actuales viajes espaciales y las perspectivas de viaje interestelar e interplanetario como la reciente misión a Marte, han abierto un campo

de estudio para todas las ciencias, entre las que se incluyen biología, química, física, astronomía, ingeniería y medicina primordialmente. Dado que las ciencias espaciales como física o química estudian el ámbito espacial y la ingeniería y la robótica los accesorios espaciales, es deber de la medicina y la enfermería incursionar en el campo de la ciencia enfocada en el ser humano y su salud; de aquí el interés científico de postular una tesis que busque encontrar la correlación de los modelos clínicos de atención especializada en materia de enfermería, con el ámbito de investigación ya realizado por los organismos internacionales dedicados a la medicina espacial y los laboratorios de fisiología espacial, como lo es la centrífuga humana de la NASA.

Es así que en el 2016 el impacto de la investigación espacial ha sido retomado como un tema eje para los gobiernos del mundo, no solo la NASA en Estados Unidos también la agencia espacial europea (ESA por sus siglas en inglés), la agencia aeroespacial de exploración japonesa, la agencia espacial de la Federación Rusa y por supuesto la Agencia Espacial Mexicana (AEM); cuya contribución se ha centrado en materia de Medicina, y ha generado un gran impacto político y social en la investigación mexicana. Incentivando a los científicos a ahondar en este sentido, dada esta relación, la intención de la aportación clínica en materia de atención y entendimiento de los cuidados a la salud en el espacio. A partir de esto la incursión de enfermería espacial, para buscar dicha correlación teórica en la atención e implementación de planes de cuidado en astronautas previos al viaje espacial, durante la estancia en el cosmos y de adaptación gravitacional posteriores.

Ante todo, esto y con la visión en materia de salud que hay sobre los horizontes cósmicos, es que esta tesina integra campos de la ciencia como es Medicina Espacial, Aeronáutica, y Fisiología espacial entre otros, para servir al enfoque y entendimiento de la propuesta de instauración en "*Enfermería Espacial*" y su concepción a través del modelo teórico de Virginia Henderson que contempla catorce necesidades biológicas, sociales y espirituales. Con el fin de entender de una manera holística al astronauta en los viajes espaciales. Siendo este solo uno de los nuevos escenarios que todas las ciencias, pero en especial la Enfermería debe atender, si pretende evolucionar a la modernidad y mantenerse a la vanguardia de acción con una visión prospectiva y una misión clara, en un contexto social, cultural, político y económico sobre los que influye en los distintos campos científicos de interés nacional e internacional.

II. Capítulo II: Espacio sin límites.

a. Contexto.

El hecho científico más relevante en el siglo XX podría ser el lanzamiento del ser humano a la conquista del espacio, no obstante, este suceso ha sido impulsado por avances científicos muy trascendentales, tales como: los antibióticos, la teoría de la relatividad general, el descubrimiento del genoma humano, el reconocimiento de la expansión del Universo y la mecánica cuántica. Aun a pesar de estos avances, que incluso han sido ganadores de premio Nobel, el atractivo de la exploración de lo desconocido y la aventura de viajes espaciales serán consideradas como el mayor de todos los hallazgos. Ejemplo de esto, es el reconocimiento científico que otorgó la Asociación Internacional para la Mujer del Año, establecida en 1955, decidiendo como vencedora, tras largas deliberaciones para “Mujer del siglo” a Valentina Tereshkova; la primera mujer en salir al espacio.

Es entonces que en el siglo XXI la ciencia se enfoca más allá de la exploración próxima del espacio profundo, en un esfuerzo por lograr el entendimiento de las condiciones del espacio y la atmósfera para generar conocimiento que otorgue la posibilidad de desarrollar sistemas que contiendan con la compatibilidad fisiológica humana en el espacio.

El Espacio es comprendido por la ciencia como uno de los mayores logros y retos para la humanidad, donde se establece, una cada vez más clara, interacción del hombre con los viajes espaciales, los retos que representa para su salud y las condiciones de adaptación diferentes a la atmósfera terrestre.

b. Viajes espaciales: Evolución.

El sueño incansable del ser humano por llegar al espacio exterior ha estado presente desde hace muchos siglos, incluso quizá desde hace miles de años, manteniéndose latente a través del tiempo, hasta llegar al estudio científico contemporáneo. Eventualmente la inquietud por la comprensión de los medios que faciliten alcanzar esta meta ha correspondido al desarrollo tecnológico y, por lo tanto, a la creación y perfeccionamiento de medios que permiten al hombre conocer el Universo en el que habita (Véase anexo 1). Sin embargo, este camino no fue nada fácil.

Uno de los principales precursores de la creación de artefactos para poder volar, fue Leonardo Da Vinci, un erudito cuyo estudio científico y exploración de la naturaleza, lo llevó a sentar las bases de las máquinas de vuelo⁴. Su interés en el diseño de artilugios y el estudio de los fenómenos de la naturaleza, le sirvió para dirigir algunos

⁴ Tomasini, M. (2012). Las máquinas de Leonardo Da Vinci. *Revista Ciencia Y Tecnología*, 12 (Primera edición), 28. Obtenido 12, 2016
http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2013/12/12CyT_02lasmaquinasdeleonardo.pdf

de sus dibujos a la producción de bocetos⁵ que explicaban y detallaban minuciosamente los mecanismos y herramientas necesarias para conseguir el vuelo. Basado en las alas de las aves, la mayoría de sus esquemas proponían la utilización de alas articuladas para conseguir volar, sin embargo, en esa época no se tomaba en cuenta que era necesario contemplar la diferencia de presiones y sustentación del aire, mecanismo que utilizan actualmente los aviones⁶. Aparte de innovar en artefactos para el vuelo horizontal, propuso la primera máquina que anticipaba un vuelo vertical: el “*Tornillo aéreo*”⁷, cuya forma helicoidal giraba en torno a un eje vertical, esto estableció los principios del helicóptero. Desafortunadamente ninguna de sus propuestas pudo demostrar su funcionamiento y mucho menos la capacidad para elevarse desde el suelo pues era imposible alcanzar la aceleración necesaria para vencer la gravedad ya que la propulsión en aquella época era de muy baja potencia.

En 1706, Emanuel Swedenborg en uno de sus estudios de aviación “*Sketch of a Machine for Flying in the Air*” (Esbozo de una máquina para volar por el aire), escribió que parecía más viable hablar de una máquina con la capacidad de volar que la facilidad de construir una máquina capaz de despegar y elevarse. Esto claramente se atribuye a las condiciones tecnológicas de la época, las cuales no permitían al hombre producir y generar una aceleración que fuera capaz de vencer a la fuerza gravitacional. A pesar de las condiciones y conocimientos que se tenían en el S. XVIII, hubo muchos avances en la navegación aérea. Ejemplo de esto fue uno primeros vuelos que realizó el humano, los cuales datan del año de 1783⁸, cuando los hermanos Montgolfier⁹ consiguieron el vuelo en un globo. Este se hizo mediante la creación de una máquina que lograba concentrar aire, mismo que se calentaba con la ayuda de una hoguera de madera, dentro de un globo. Evidentemente, este artefacto logró establecer las bases de lo que hoy se conoce como “globo aerostático” y permitió profundizar la relación de conocimientos entre la altitud y la atmósfera terrestre.

Durante la Revolución Industrial (1750- 1914), se desencadenó un desarrollo de nuevas tecnologías, por lo que fue necesaria la expansión de conocimiento científico-tecnológico, lo cual ofreció una oportunidad para mejorar e innovar los productos de consumo. Esto se pudo observar con la implementación de medios de comunicación como el teléfono, radio, fotografía, cine; la utilización de fuentes de energía, tales como, carbón, petróleo, electricidad, entre otros y la implementación de nuevos

⁵ Tomasini, M. Op cit. P30

⁶ Gavilan, F. & Esteban, S. (2010). *Aeronaves y vehículos espaciales* (1st ed., pp. 6, 11- 16). Sevilla: Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos Obtenido 01, 2017, de <http://aero.us.es/AVE/archivos/Y0910/Tema2.pdf>

⁷ Tomasini, M. Op cit., P30

⁸ Fortier, R. (2004). *The balloon era* (1st ed., pp. 3- 6). Ottawa, Canada: Canada Aviation Museum. Obtenido 01, 2017, de http://casmuseum.techno-science.ca/doc/research/casm/e_Balloons.pdf

⁹ Warleta, J. (2002). Hace cien años: la invención del aeroplano. *Aeroplano. Revista De Historia Aeronáutica*, 21(Primera edición), 6. Obtenido 01, 2017, de <http://www.ejercitodelaire.mde.es/stweb/ea/ficheros/pdf/9F769B64D5D25C55C125770B002794E5.pdf>

medios de transporte; tren de vapor, automóvil, tranvía y avión¹⁰. Sin duda esta aproximación con los nuevos recursos para el traslado fue el precedente para la obtención de avances en la navegación aérea.

A mediados del S. XIX, en el año de 1852, Henri Giffard¹¹, ingeniero francés, diseñó e inventó el dirigible. Este artefacto era una máquina cuya característica esencial era poder ser más ligera que el aire y por lo tanto tenía la capacidad de volar, además tenía beneficios como la adaptación de un timón y un motor a vapor, consiguiendo así dirección y control del mismo. A partir de esta evolución y aprovechamiento científico se obtuvieron más acercamientos del humano para explorar el espacio aéreo. Otro adelanto importante que precedió a las máquinas modernas de aviación fueron los planeadores. En el año de 1891, Otto Lilienthal¹² construyó varios prototipos de alas, basados en diseños gráficos de Leonardo Da Vinci, los cuales estaban hechos principalmente de mimbre y tela. Con dichos planeadores consiguió hacer más de 2000 vuelos durante los cuales logró superar los 300 metros de recorrido. Claro está, dicha creación fue la precursora del avión. Pero ocurrió hasta 1903 que se logró el primer acercamiento con la navegación aeroespacial: el primer vuelo controlado en un avión con motor. Fueron los hermanos Wilbur y Orville Wright quienes consiguieron tal hazaña al crear una máquina más pesada que el aire, misma que pudo elevarse del plano terrestre durante doce segundos con una velocidad media de 48 km/h. Esta peculiar máquina fue conocida como “Flyer”¹³.

Paradójicamente, los siguientes años, es decir, durante la 1ra Guerra mundial, el periodo de entreguerras y el final de la 2da Guerra mundial, fueron muy fructíferos para la investigación aeroespacial, pues se consiguieron mayores alcances en la exploración de nuevas tecnologías debido a la utilización de artefactos aéreos, los cuales tuvieron gran aplicación en el uso estratégico militar utilizado durante la época. De esta manera, se sentaron las bases de la navegación aérea con la innovación e implementación de aditamentos que hicieron más factible la exploración, mismos que lograron el perfeccionamiento en la ingeniería aeroespacial. Se consolidaron las características específicas que se necesitaban para lograr vencer la fuerza gravitacional y conseguir salir de la órbita terrestre. Dichas características fueron: calcular la potencia y rendimiento de la nave, llegar a una velocidad estable a partir del escape de gases, alcanzar una velocidad máxima dada por la relación de masas totales y masas útiles y conseguir una fuerza de empuje e impulso necesaria para salir de órbita.

¹⁰ Chávez, J. (2004). Desarrollo tecnológico en la Primera Revolución Industrial. *Norba. Revista De Historia*, 17(Primera edición), 96, 109. Obtenida 12, 2016.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1158936>

¹¹ Warleta, J. Op. Cit. P.6

¹² Donovan, B. *Otto Lilienthal. Aviation pioneer* (1st ed., pp. 6- 8). Estados Unidos de América: Hartcourt School Publishers. Obtenido 01, 2017, de
<https://mrsuzun.wikispaces.com/file/view/Otto+Lilienthal+--+Aviation+Pioneer.pdf>

¹³ Warleta, J. Op cit., P 4

A inicios de 1950, la comunidad científica internacional proponía la utilización de nuevas tecnologías que permitiesen ampliar los conocimientos sobre la Tierra y la atmósfera en la que habita el ser humano. Para llevar a cabo esta tarea, se requería desarrollar un satélite artificial que orbitara el Planeta Tierra y así poder facilitar el estudio de la Ionosfera. Los intereses cruzados de varios países, entre los cuales destacan Estados Unidos y la URSS, dieron el impulso para participar en esta labor de reconocimiento, y fue así que el presidente estadounidense Eisenhower, en el año de 1955, decide tomar ventaja y anunciar su participación. La respuesta soviética no se hizo esperar y en agosto del mismo año, durante el *6th International Aeronautical Congress* (IAC) celebrado en Copenhague, el académico ruso *Leonid I. Sedov* comentó: “*La realización de proyecto Soviético puede esperarse para el futuro próximo*”. Aunque entonces no pareciera un discurso trascendental, se estaba iniciando una lucha, no armada, entre dos potencias mundiales: *La carrera espacial*.¹⁴

La Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y Estados Unidos de América (EE.UU.) fueron precursores de la exploración espacial que tuvo lugar en la segunda mitad del Siglo XX. El primer gran logro, se obtuvo el 4 de octubre del año de 1957, la URSS (ahora Federación Rusa) consiguió poner en órbita al primer satélite artificial no tripulado; “*Sputnik I*”¹⁵. Este satélite, parecido a una esfera metálica, pesaba entre 80- 85 kg y consiguió mantener una trayectoria elíptica alrededor de la atmósfera terrestre en aproximadamente 95 minutos¹⁶. Su objetivo fue recoger datos sobre la Tierra. Tan solo tres meses después, la URSS volvió a sorprender al mundo, enviando a órbita terrestre al “*Sputnik II*”, primer satélite tripulado por un ser vivo; Laika (“*Ladradora*” en español). A pesar de haber conseguido ser el primer mamífero en llegar a la órbita terrestre, desafortunadamente no regresó con vida a casa¹⁷, sin embargo, este suceso tuvo gran trascendencia en la recopilación de datos para la monitorización de los efectos fisiológicos durante el viaje de un ser vivo al orbitar la Tierra.

Los hallazgos obtenidos por la Unión Soviética desencadenaron una respuesta inmediata por parte de los Estados Unidos de América, quienes audazmente apostaron por la investigación y exploración aeroespacial, logrando gran apogeo entre 1957- 1959. Durante 1957 construyeron el primer satélite artificial no tripulado; “*Vanguard 1*”¹⁸. Sin poder conseguir su cometido, este tuvo desperfectos que le hicieron estallar en la plataforma de lanzamiento, representando el primer fracaso tecnológico de los estadounidenses. Contradictoriamente, este descalabro fue el precursor de diversos avances durante los años siguientes. Tan sólo 2 meses, en

¹⁴ Casado, J. (2011). *Rumbo al cosmos. Los secretos de la astronáutica* (1st ed., pp. 23). España.

¹⁵ Herrera, F. (2000). Viajes espaciales. *Números, Revista Didáctica De Las Matemáticas*, 43 y 44, (Primera edición), 344. Obtenida 12, 2016 <http://www.sinewton.org/numeros/numeros/43-44/Articulo69.pdf>

¹⁶ Herrera, M. (2002). La exploración del espacio. *¿Cómo Ves?*, 38(Primera edición), 12 Obtenida 12, 2016 de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/38/exploracion-espacial.pdf>

¹⁷ *Ibid.*, P. 12

¹⁸ Casado, J. Op. Cit., P. 31

enero de 1958, después del “*Vanguard 1*”, se construyó un nuevo satélite no tripulado; el “*Explorer 1*”¹⁹. Dicho vehículo fue enviado con éxito al espacio y permitió el descubrimiento de los “*Cinturones de Van Allen*”²⁰ los cuales están íntimamente relacionados con las radiaciones magnéticas que afectan al astronauta. En Julio del mismo año, 8 meses después, el presidente estadounidense Eisenhower fundó la “*National Aeronautics and Space Administration*” (NASA)²². Una de sus primeras acciones fue la implementación del Proyecto *Mercury* que tuvo cabida entre los años de 1961- 1963.

Continuando con las labores de exploración espacial para el reconocimiento e investigación de las alteraciones fisiológicas en los seres vivos, los estadounidenses llevaron a cabo más misiones tripuladas por animales. En mayo de 1959, el mundo volteo la mirada al cohete *Jupiter AM-18*, el cual puso en órbita a *Able* (“Capaz”) y *Baker*²³; los primeros monos que lograron volver con vida al Planeta Tierra. Este hecho, sin duda alguna, acercaría cada vez más al ser humano a tripular una nave espacial.

Por otro lado, la Unión Soviética realizaba investigaciones científicas mediante la observación controlada, para comprender las respuestas fisiológicas en los mamíferos, adquiriendo así el entendimiento de las condiciones idóneas para enviar al hombre al espacio. Para el año de 1961, se puso en atmósfera terrestre al primer ser humano; *Yuri Gagarin*, quien, a bordo de la nave “*Vostok 1*”²⁴, paso a la historia el día 12 de abril por realizar el primer viaje espacial tripulado por un cosmonauta²⁵. Ante tal hito mundial, EEUU no podía quedarse atrás, por lo que el 5 de mayo (23 días después del vuelo soviético) durante las misiones *Mercury*, *Alan Shepard* se convierte en el primer astronauta estadounidense²⁶ en completar un vuelo suborbital a bordo del “*Freedom 7*”²⁷. Estos sucesos además de establecer un parteaguas en la exploración espacial, dan lugar al perfeccionamiento de los vuelos tripulados donde se estudiaban las afecciones biológicas en el ser humano. En adelante todos los viajes orbitales que le precedieron, materializaban los resultados de investigaciones científicas que demostraban las condiciones permisibles para el traslado del hombre.

Durante los años 60's sobresalen importantes misiones espaciales: en 1962 *John H. Glenn* consigue ser el primer astronauta estadounidense que navegó hasta la órbita

¹⁹ Grant, R. (2002). *Flight* (1st ed., p. 340). London: Dorling Kindersley.

²⁰ Herrera, M. Op Cit., P. 12

²¹ Herrera, F. Op. Cit., p.345

²² León, J. (2014). La carrera Espacial: recuerdo a Neil Amstrong. *Pasaje A La Ciencia*, 15(1), 15. Obtenido 01, 2017, de <http://www.pasajealaciencia.es/2013/pdf/03Leon.pdf>

²³ Burgess, C. & Dubbs, C. (2007). *Animals in space* (1st ed., pp. 130- 140). New York: Springer.

²⁴ Grant, R. Op. Cit. P. 342- 343

²⁵ Herrera, F. Op. Cit., p.345

²⁶ Grant, R. Op Cit., p. 341- 344

²⁷ Grant, R. Op Cit., p. 344

terrestre²⁸, realizando 3 vueltas alrededor del planeta a bordo de la nave “*Friendship 7*”. En 1963 la Unión Soviética consigue enviar a *Valentina Tereshkova* en el “*Vostok 6*” para convertirse en la primera mujer en viajar al espacio²⁹. En 1965 el cosmonauta *Alexei Leonov*, en la misión rusa “*Voskhod 2*”³⁰, alcanza un hecho histórico por realizar la primer “*caminata espacial*”, unido a la nave con el uso de una correa especial que media alrededor de 5 metros, realizando actividad extravehicular durante más de 12 minutos.³¹

Pero fue hasta el año de 1969 que, dentro del programa norteamericano “*Apollo*”³², el hombre concluyó uno de los más grandes descubrimientos científicos y tecnológicos; la llegada y permanencia del ser humano en la Luna³³, hallazgo que marca un adelanto en la capacidad para controlar las condiciones compatibles con la vida. Este hecho muestra el nuevo desarrollo de elementos que permiten establecer la conquista del espacio. Durante estos años, el límite ya no era el cielo.

A partir de los años 70’s el reto espacial no solo consistió en enviar personas fuera de la órbita terrestre sino poder asegurar su permanencia aprovechando las condiciones para la comprobación e instauración de nuevas tecnologías amigables con la estancia y supervivencia humana. De esta manera es como se iniciaron los diseños de las “*Estaciones espaciales*”. Como resultado, en el año de 1971 se pone en órbita la primera estación espacial en órbita terrestre; el “*Salyut 1*”, enviada por la Unión Soviética. Esta compleja estación contaba con características ambientales similares al resto de las naves rusas: atmósfera de presión, 80% Nitrógeno y 20% de O₂ y humedad, temperatura estable y contenido de CO₂ compatible para la estancia de los tripulantes. Durante esta y las demás misiones de *Salyut*, en especial 6 y 7, se llevan a cabo distintos estudios médicos que ampliaron el entendimiento de la salud de los viajeros. Tales estudios fueron: ecocardiograma, electrocardiograma, ultrasonido, oscilometría, ejercicios en la banda sin fin, mediciones de la masa muscular, estudios de psiconeurología, microbiología, recolección de productos de desecho, microbiología, entre otros.³⁴

Los avances científicos y tecnológicos realizados por la Unión Soviética, repercutieron en las investigaciones estadounidenses. Fue así como en 1973, dos años después,

²⁸ Grant, R., Op Cit P. 345

²⁹ Velazquez, A. (2013). Valentina Tereshkova: 50 años de una hazaña pionera. *Acción Telefónica*, 13 (1), 16- 20. Obtenido 01, 2017, de <http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gabinete%20del%20Rector/Resumen%20de%20prensa/2013/07/16-20%20Repor%20Valentina%20.pdf>

³⁰ Casado, J. (2011). *Op. Cit.*, p 419

³¹ Portree, D. & Treviño, R. (1997). *Walking to Olympus: An EVA chronology* (1st ed., pp. 1-2). Washington: NASA. Obtenido 01, 2017, de <https://history.nasa.gov/monograph7.pdf>

³² Grant, R. Op Cit. p 352- 355

³³ Segura, A. (2009). La luna que pisamos. *¿Cómo Ves?*, 128(1), 11- 12. Obtenido 01, 2017, de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/128/la-luna-que-pisamos.pdf>

³⁴ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial* (1st ed., p. 137). México: Limusa.

enviaron la primera estación espacial estadounidense: “*Skylab*³⁵”. Este fue un laboratorio espacial que se mantenía orbitando la Tierra y cuyo principal fin era el estudio de la fisiología humana en un entorno de microgravedad.

Todas las misiones espaciales antes mencionadas, coadyuvaron al entendimiento actual de los cambios fisiológicos del ser humano en el espacio, por lo que es importante recalcar que debido al avance tecnológico, el tiempo de estancia de los astronautas fuera de las condiciones terrestres se había incrementado, y en consecuencia, la alteración fisiológica sería extensa, obligando a la adaptación del individuo.

La nueva tendencia internacional apuntaba a la exploración del espacio y al reconocimiento de las consecuencias ocasionadas por la exposición humana a lapsos prolongados en microgravedad. Esta inquietud reflejaba la necesidad de crear un ambiente artificial, hermético y ecológico que recibiera y asegurara la permanencia humana y la de otros seres vivos como las plantas o los parásitos. Es así como se llegó al auge de las *Estaciones espaciales*. De esta manera, se diseñó y construyó la Estación Espacial Internacional (EEI) donde países del mundo (EEUU, Rusia, Canadá, Brasil, Unión Europea, y Japón) se volvieron participantes activos con un común acuerdo: crear y organizar dicha estación y que esta tuviera la capacidad de contener en su interior laboratorios de investigación, servicio médico, instalaciones para la recreación y deporte del astronauta, medios para la comunicación terrestre y sobre todo para la implementación de nuevas técnicas para la medicina espacial.

Sin duda a la par del descubrimiento e investigación aeroespacial, se llegó a la creación de diversas tecnologías que hoy en día son utilizadas cotidianamente, tales como; la navegación satelital, la comunicación inmediata, el internet, las gafas de realidad virtual, etc. Y más allá de dichos avances, se perfeccionaron los medios de desarrollo y estancia en ambientes incompatibles con la vida, los cuales revelan el mejoramiento por la navegación fuera de las condiciones a las que el hombre está habituado.

c. El Entorno espacial.

El concepto de lo que actualmente se conoce como Vida ha tenido una transformación progresiva desde hace miles de años, la cual ha estado condicionada por el entorno en el que evolucionó: las condiciones terrestres durante el origen del Sistema Solar eran completamente distintas e incompatibles con la existencia de seres vivos. El comienzo de la vida, hace alrededor de 3.5 millones de años³⁶, se estableció en un complejo ambiente químico mismo que carecía de elementos fundamentales para la

³⁵ Grant, R. Op Cit., p. 360

³⁶ Barahona, A. (2001). Origen y evolución del ser humano. *¿Cómo Ves?*, 32(1), 11- 13. Obtenido 01, 2017, de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/32/origen-y-evolucion-del-ser-humano.pdf>

existencia e inclusive para la misma protección terrestre. Sin embargo, durante millones de años hubo modificaciones progresivas que posibilitaron la transformación del entorno y de las necesidades del ser vivo a partir de la acumulación y adquisición de nuevas características que se complementaron, hasta conseguir la peculiar atmósfera terrestre a la que hoy en día estamos habituados.

Las condiciones indispensables para la vida se han puntualizado en distintas publicaciones sobre la evolución y adaptación de los seres vivos. En dichos textos se concreta en común acuerdo cuales son los requerimientos esenciales para el entorno terrestre; la existencia de agua, elementos químicos, energía y la presencia de una atmósfera que brinde estabilidad terrestre.

i. Capas de la atmósfera:

Se considera como atmósfera a la capa que rodea a un cuerpo celeste y está constituida por una mezcla de diversos gases³⁷. La atmósfera terrestre está organizada en una serie de capas superpuestas y, para su estudio y conocimiento, se clasifica según diversas variaciones; temperatura, altura, composición, hechos climatológicos, densidad de gases, exploración aeroespacial, presión barométrica, etc. Su clasificación, desde la Tierra hacia el espacio, es: Tropósfera, Estratósfera, Mesósfera y Termosfera o Ionosfera³⁸ (Véase Anexo 2). A continuación, se mencionan las principales características de cada una.^{39 40 41}

Tropósfera:

El término *tropósfera* proviene etimológicamente de “*tropos*” que significa “*girar*” pues se caracteriza por los movimientos convectivos y de mezcla. Esta capa es la más próxima a la superficie terrestre. El límite superior se conoce como “*Tropopausa*”, y este tiene variaciones espaciales, es decir, dependiendo de la altitud y latitud terrestre; por ejemplo, sobre los polos varía entre los 9 km sobre nivel del mar (SNM) y sobre el ecuador alrededor de los 18 km SNM.

Esta capa contiene la mayoría de los gases atmosféricos y por lo tanto el 75% de la masa total de la atmósfera. También incluye elevadas concentraciones de vapor de agua lo cual tiene gran repercusión en la captación de rayos infrarrojos, permitiendo la regulación de la temperatura y favoreciendo la sobrevivencia humana. Por otra

³⁷ Ortega, I. (2009). *Espectroscopia FTIR de absorción solar y lunar para la determinación en columna de CO en la capa de mezcla de la Ciudad de México* (Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

³⁸ NASA,. (2013). *Earth's Atmospheric Layers*. NASA. Obtenido 01, 2017, de, from https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/atmosphere-layers2.html

³⁹ Martínez, I. (2010). *Termodinámica de la atmósfera* (1st ed., pp. 3- 4). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido 01, 2017, de <http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/Env/Atmospheric%20thermodynamics.pdf>

⁴⁰ Iglesias, R. Op Cit., P. 15- 17

⁴¹ Ortega, I. Op. Cit., P. 3

parte, hay importantes flujos convectivos de aire, producidos por la energía térmica y la diferencia de presión, permitiendo dar lugar a los fenómenos meteorológicos; prácticamente aquí se desarrollan y presentan todos los eventos climatológicos: nubes, lluvia, turbulencias de aire, ciclones, neblina, tornados, relámpagos, etc.

El aire de la tropósfera recibe el calor de la superficie de la Tierra, haciendo la temperatura variante e inversamente proporcional a la altura, esto quiere decir que es máxima en la parte inferior (alrededor de 15°C de media) y a partir de ahí comienza a descender con la altura según el Gradiente Térmico Vertical (GTV) que establece un descenso aproximado de 6.5°C por cada Km de altura.

Estratósfera:

La palabra “*Estratósfera*” proviene del vocablo “*Stratum*” que significa “*capa estratificada*”. Esta capa se extiende desde la tropopausa hasta una altura de 50 km SNM: este límite superior se conoce como “*estratopausa*”. En este espacio se genera la mayor parte del Ozono atmosférico, por lo tanto, sobresale la participación del Ozono (O₃) y el Oxígeno (O₂), dichos elementos filtran la llegada de Rayos UV⁴²: la capa de Ozono, cerca de los 20- 30 km SNM, estabiliza la temperatura y absorbe la radiación UV mediante un proceso foto disociativo que repele la entrada y consume la mayor parte de la luz UV (luz de onda larga). En términos sencillos una parte de la luz UV transforma el Oxígeno en Ozono y otra parte de esa misma luz realiza el proceso inverso. Esta captación de energía luminosa regula la temperatura, misma que varía con el ascenso.

Mesósfera:

El término “*mesósfera*” proviene del griego “*meso*” que significa “*media*”. Esta capa comienza en la estratopausa y se extiende hasta los 80 km de altura SNM, donde se conoce como “*mesopausa*”. A lo largo de esta capa la temperatura disminuye hasta que alcanza cerca de -140°C: esta es la zona más fría de la mesósfera. En esta capa se observa un sorprendente fenómeno espacial: las estrellas fugaces, ocasionadas por la desintegración de los meteoroides debido al rozamiento con las partículas que se encuentran en esta capa.

Ionosfera/ termosfera:

Esta capa se extiende desde la “*mesopausa*” (alrededor de los 80 km SNM) hasta llegar al límite superior, la “*termopausa*”, localizada entre 600- 700 km SNM aproximadamente. El nombre “*ionosfera*” hace alusión a la ionización de las partículas atómicas y moleculares provocadas por la absorción de la radiación UV, los rayos gamma y los rayos X provenientes del sol, lo que ocasiona que el Nitrógeno y Oxígeno pierdan electrones quedando con una carga positiva (+), así los electrones que se han desprendido permiten que se produzcan campos eléctricos alrededor de la capa. La interacción de partículas subatómicas y estos átomos ionizados, dan lugar a un

⁴² Herrera, F. Op Cit. 345

fenómeno llamado *aurora polar* (en el polo norte *aurora boreal* y en el polo sur *aurora austral*). El calor en la termosfera es directamente proporcional a la altura debido a la absorción de radiaciones de alta energía por lo que se puede llegar a más de 1000°C, sin embargo, el aire se encuentra tan rarificado que resulta imposible conceptualizar a la temperatura.

Exosfera:

Algunos autores consideran una quinta capa: la exosfera. Esta va desde los 600- 700 km SNM hasta los 10 000 km. Tiene como particularidad que la distribución de gases es muy dispersa por lo tanto la densidad llega a ser similar a la del espacio exterior, tal como las condiciones de vacío. Asimismo, se caracteriza por la ausencia de luz (también conocido como oscuridad total) debido a la dispersión de las partículas que no permite la captación luminiscente.

ii. Composición química de la atmósfera:

Los componentes químicos que se encuentran en la atmósfera terrestre se clasifican en dos grupos: mayoritarios y minoritarios o también conocidos como gases permanentes y variables⁴³: Por una parte, los compuestos mayoritarios ocupan una cantidad superior en la distribución de elementos en el espacio atmosférico (de ahí deriva su nombre). Dichos elementos son: Nitrógeno (N₂) 78.083%, Oxígeno (O₂) 20.945%, Argón (Ar) 0.934%, Vapor de agua (H₂O) y Dióxido de carbono (CO₂) 0.035%, los cuales representan un 99.007% de la composición total.⁴⁴ El 0.003% restante lo ocupan otros elementos conocidos como componentes minoritarios, mismos que aparecen en pequeñas cantidades que inclusive deben ser medidas en partes por millón como el Neón (Ne), Helio (He), Criptón (Kr), Hidrógeno (H₂), Xenón (Xe), metano (CH₄), Ozono (O₃), Óxidos de nitrógeno (NO_x),⁴⁵ entre otros (Véase anexo 3).

Aproximadamente, entre los primeros 80- 100 kilómetros SNM, la composición atmosférica es homogénea, es decir, se mantienen proporciones uniformes en la distribución de los gases, por lo tanto, esta capa, con base en la distribución de elementos químicos, es conocida como *Homosfera*. Pasando esta altura, es decir, más allá de los 100 km SNM, la composición y concentración de los gases tiene distintas variaciones, notándose la predominancia de ciertos gases; Nitrógeno molecular (N₂) localizada entre 100 y 200 km SNM, Oxígeno atómico (O) entre 200 y 1000 km SNM, Helio (He) predominante entre los 1000- 35 000km, haciendo que la distribución de gases sea inversamente proporcional entre la altura y la masa atómica

⁴³ Ortega, I. Op. Cit. P. 2-3

⁴⁴ UCAR,. *The Sun- Earth systema* (1st ed., p. 12). Boulder, Colorado: University corporation for atmospheric research. Obtenido 01, 2017, de

<https://www.ucar.edu/communications/gcip/m7ssystem/m7pdfc3.pdf>

⁴⁵ Ortega, I. Op Cit. P 3

del gas, por lo tanto, esta cambia según la altura determinada. Esta capa se conoce como *Heterosfera*⁴⁶.

iii. Propiedades físicas de la atmósfera:

Son dos las propiedades físicas esenciales con las que cuenta la atmósfera terrestre: temperatura y presión atmosférica.

La temperatura:

En física, la temperatura se conceptualiza como una cantidad obtenida por la medición de la energía interna de la materia; frío si hubiera poca energía y caliente en el caso contrario. Ahora bien, el calor se entiende como la energía que es transmisible desde un cuerpo hacia el entorno o hacia otro cuerpo que esté asociado a este último, todo esto en virtud y relación a una diferencia térmica del sistema. Además, se debe agregar que, según el principio de la conservación de la energía, está no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Como resultado, en la atmósfera terrestre podemos encontrar a la temperatura en diversas formas: energía cinética, potencial, química y/o calorífica, sin embargo, toda procede en última instancia de la energía solar y una parte pequeña del movimiento de rotación de la Tierra. Como se mencionó anteriormente, la temperatura de un cuerpo indica el nivel de energía y, por lo tanto, necesita una unidad de medida: los grados centígrados (C°) o grados Kelvin (K°).⁴⁷

En la Tierra, la temperatura de los distintos sitios dentro del sistema climático; océano, aire, nivel del mar, atmósfera, etc., se determina a través de la cantidad de calor (y, por lo tanto, energía) que está almacenada y las variaciones dependen del balance entre adquisición y pérdidas de calor. En la atmósfera terrestre, la temperatura cursa un proceso cambiante al estar sujeta al calor terráqueo y la energía calórica solar.⁴⁸ Dichas variantes obedecen dos circunstancias: tiempo y espacio:

Por una parte, las modificaciones temporales corresponden a la variabilidad de la radiación solar. Podemos ver que el régimen térmico diario es muy parecido en distintas partes del globo terráqueo, es decir, se caracteriza por presentar un máximo después del mediodía y un mínimo poco después de la salida del sol. Esto se mantiene atado a distintos factores; nubosidad, corrientes cálidas o frías, cambios climatológicos, entre otras. El régimen térmico anual o estacional se distingue por

⁴⁶ Inzunza, J. *Meteorología descriptiva* (1st ed., p. 31). Chile: Departamento de geofísica Obtenido 01, 2017, de http://old.dgeo.udec.cl/~juaninzunza/docencia/metodologia_descriptiva/cap1.pdf

⁴⁷ Peña, M. (2007). *Temperatura* (1st ed., pp. 1-2). San Salvador, el Salvador: Universidad de el Salvador. Obtenido 01, 2017, de https://academica.ues.edu.sv/uiu/elementos_estudio/ciencias_naturales/fisica/termodinamica/termodinamica.pdf

⁴⁸ Echarri, L. (2007). *El planeta Tierra* (1st ed., pp. 10- 13). Navarra, España: Universidad de Navarra. Obtenido 01, 2017, de <http://www.unav.es/ocw/ecologiaing0708/Tema%201%20El%20planeta%20Tierra07.pdf>

ofrecer un máximo durante el solsticio de verano y presentar un mínimo en el solsticio de invierno.

Por otra parte, las variaciones espaciales dependen de factores geográficos como la distribución de tierras y mares, la continentalidad, las corrientes marinas, entre otras. Esto se observa en las isotermias anuales que disminuyen del Ecuador a los Polos. En el hemisferio Norte sucede un hecho interesante pues la distribución territorial y marítima producen amplias desviaciones por lo tanto los Océanos y las costas occidentales de los continentes con latitud media y alta, son más templados que el interior continental y las costas orientales, esto es producto de los vientos y las corrientes marítimas cálidas. En cuanto a las latitudes bajas, sucede el proceso inverso; los vientos de noreste a sureste (alisios) y las corrientes son distintas. Otra variación espacial es debida a la latitud pues se puede observar una asimetría según las pendientes más cálidas, que son aquellas que reciben una cantidad mayor de calor solar. Aparece también un gradiente altitudinal que puede ser variable en función de las condiciones del relieve.

La temperatura atmosférica varía con la altitud. La relación que hay entre altitud y temperatura tiene cambios dependiendo de la capa atmosférica, la concentración de moléculas de O₂, la densidad de las partículas de O₃, condiciones climatológicas, entre otras⁴⁹. A esto se le conoce como “*Gradiente térmico atmosférico*”.

En la tropósfera el aire se calienta a partir de la energía calórica que la superficie terrestre emite. Tomando esto en cuenta, la temperatura máxima a nivel del mar gira alrededor de los 15°C en promedio y conforme la altura SNM comienza a descender con respecto al *Gradiente Térmico Vertical* (GTV) descendiendo 6.5°C cada km que se asciende (se establece que cada 100 m, la temperatura baja 0.65°C) hasta que, a los 12 km de altura, llega hasta -70°C. En este punto, paradójicamente, la temperatura incrementa con la altura hasta que llega próximo a los 0°C en los 50 km. Como se mencionó en párrafos anteriores, esta elevación en la energía térmica se debe a la absorción de la radiación ultravioleta por la capa de Ozono. De los 50 hasta los 80 km, la temperatura disminuye hasta alcanzar los -140°C. Es aquí donde la temperatura vuelve a elevarse proporcionalmente con la absorción de la radiación de alta energía, logrando alcanzar en cierto punto hasta 1000°C (alrededor de los 600 km SNM), al cruzar esta altura, la densidad de las partículas de gas, impide la transmisión de calor y resulta imposible establecer un valor conciso de temperatura.

⁴⁹ Nols, V. (2014). *Cálculo y análisis de la inversión térmica y el espesor de la capa de aire comprendida entre 500 y 1000 hPa* (1st ed., pp. 9- 10). Tenerife, España: Departamento de física de la facultad de física. Obtenido 01, 2017, de <http://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/429/Calculo%20y%20analisis%20de%20la%20inversion%20termica%20y%20el%20espesor%20de%20la%20capa%20de%20aire%20comprendida%20entre%20500%20y%201000%20hPa%20en%20Canarias%20para%20los%20ultimos%2030%20anos..pdf?squence=1>

Presión atmosférica:⁵⁰

Se define a la presión atmosférica como la fuerza que ejerce el aire de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. También se conoce como la “*columna de aire*” que se encuentra sobre cualquier objeto que está situado en la superficie terráquea. La masa de aire que cubre la Tierra, por ser materia, tiene un peso pues el aire pesa como cualquier otro cuerpo. Esta presión se puede calcular con un barómetro y para su medición se estableció el parámetro estándar de 1 atmósfera a nivel del mar o su equivalente, el peso de una columna de mercurio de 760 mm de altura. Dicha fuerza actúa inversamente proporcional a la altitud, es decir, casi la totalidad de la masa (y por lo tanto de la fuerza) atmosférica se encuentra en los primeros kilómetros a partir del nivel del mar (esto se debe a la fuerza gravitacional que actúa sobre los gases). Siguiendo dicho principio, la presión atmosférica disminuye con la altura. Para tener noción de la fuerza atmosférica, si medimos la presión atmosférica que se ejerce sobre un humano de talla y complexión promedio (con una superficie corporal de 17 000 cm²) será de 17 000 kg. Esta persona no es aplastada por la columna de aire pues los gases al interior del cuerpo mantienen la misma presión, pero actúan como una fuerza contraria.

⁵⁰ Metas y metrólogos asociados,. (2017). Presión atmosférica, presión barométrica y altitud Conceptos y aplicaciones. *La Guía Metas*, 2, 1- 2. Obtenido 01, 2017, de <http://www.metas.com.mx/guiamet/As-05-02-presion-atmosferica.pdf>

III. Capítulo III: Fisiopatologías sistémicas inherentes al entorno espacial.

a. Contexto.

Durante el vuelo espacial, y bajo las condiciones de microgravedad se produce un fenómeno trascendental para el organismo, puesto que cruza por un periodo de adaptación diferente a las condiciones gravitacionales en la Tierra. Sobre todo, en la función cardiopulmonar, neurosensitiva, y musculo esquelética. Sin dejar de lado las repercusiones endocrinas, renales, respiratorias, oftálmicas e inmunológicas. Y contemplando la exposición crónica a las condiciones espaciales, se añaden factores como la radiación, y riesgos aledaños que comprometen la salud del astronauta aún después de llegar a la Tierra.

Los estudios más avanzados en materia de fisiología espacial han logrado obtener datos representativos para el análisis fisiológico en condiciones de adaptación que genera y caracteriza el vuelo espacial (Véase anexo 4). Entre los datos más relevantes en investigación médica espacial durante el viaje se rescata; El desplazamiento de los fluidos orgánicos en sentido cefálico, hipovolemia y redistribución de líquidos cuando un astronauta adopta la posición para el despegue, la reducción de volumen total de agua corporal, alcalosis transitoria, aumento de la secreción de Adrenalina y mineralocorticoides y exacerbación de la respuesta simpática. Como respuesta adaptativa en la aceleración y cinetosis del viaje espacial, para más tarde en el ambiente de ingravidez encontrar una adaptación orgánica diferente.

En este capítulo se abordarán algunos de los efectos fisiológicos de adaptación orgánicos y sistémicos durante el viaje al entorno espacial.

b. Oftálmico: ⁵¹ ⁵² ⁵³

Resulta inherente la capacidad sensorial que requieren los astronautas durante el viaje espacial. Gozar del buen funcionamiento de los sentidos favorece el cumplimiento de los objetivos de cada misión y evita riesgos que peligran la vida de los tripulantes. Sin embargo, durante la exposición a microgravedad, se presentan muchos factores que afectan a los sentidos. En este capítulo se hablará de aquellas afecciones que perjudican la visión en el ambiente espacial.

⁵¹ Seedhouse, E. *Microgravity and vision impairments in astronauts* (1st ed.). Francia: International Space University.

⁵² Carrillo, R., Díaz, J., & Padron, L. (2016). *Medicina espacial* (1st ed., pp. 221- 233). Ciudad de México, México: Academia Nacional de Medicina en México.

⁵³ Ogle, J. (2000). *Aerospace medicine* (1st ed., pp. 5- 6). Estados Unidos de América: Joseph Sachter. Obtenido 01, 2017, de <http://emedicine.medscape.com/>

Desde hace más de 40 años se han enviado astronautas al espacio, esto con la tarea de descubrir cómo el ambiente de ingravidez afecta al ser humano. Dentro de estos cambios, se observó que había modificaciones anatómicas y fisiológicas en estructuras relacionadas con la visión. Al respecto, se notó que las primeras alteraciones observadas en el cuerpo humano, durante el viaje y específicamente al salir de órbita, ocurren en la redistribución de líquido, causado por la aceleración expuesta. Todo este líquido se redistribuye con dirección cefálica, ocasionando un aumento en la presión y por consiguiente en la presión ocular (se mostró que los astronautas que en la Tierra presentaban síntomas como cefalea crónica, acúfenos y diplopía, tenían mayor probabilidad de tener daños visuales durante el viaje). Este problema ha sido estudiado y catalogado por científicos de la NASA, quienes lo han descrito como un síndrome: VIIP; *Visual Impairment- Intracranial Pressure Syndrome*. (Síndrome de discapacidad visual por presión intracraneal).

En los últimos años, se ha realizado gran investigación alrededor del síndrome *VIIP*. Los resultados demuestran que los astronautas manifiestan síntomas que se relacionan con la variación y disminución del rendimiento visual. Algunos tripulantes presentan “manchas de algodón” mientras que otros padecieron aplanamiento del globo posterior y otros tantos sufrieron distensión del nervio óptico. En las primeras misiones, donde se comenzaban a identificar síntomas de déficit visual y aún no se nombraba este síndrome, se encontró en repetidas ocasiones un patrón patológico; distintos tripulantes en 7 diferentes misiones padecieron una o más de estas afecciones: “manchas de algodón”, asimetría por edema de disco, pliegues coroideos, engrosamiento de las fibras nerviosas, hemorragia del disco óptico, reducción de la visión cercana y/o lejana, escotoma ocular y aplastamiento del globo posterior. Esto representó un innegable daño visual.

Los recientes avances obtenidos de la investigación patológica en astronautas, sugieren que las afecciones en el sistema visual se presentan por los cambios en la estructura y deterioro ocular y por lo tanto del nervio óptico, causado principalmente por el movimiento del líquido céfalo torácico al aumentarse la presión del líquido cefalorraquídeo y la elevada presión intracraneal. En particular, desencadena una sintomatología concurrente; cefalea, tinnitus pulsátil, oscurecimiento transitorio de la visión (e incluso pérdida temporal de la visión), diplopía y edema de papila. Por otro lado, se sugiere complementar la valoración espacial mediante tomografías oculares, mismas que esclarecerán el comportamiento anatomofisiológico del sistema visual del viajero espacial.

c. Célula: ^{54 55}

Los principales efectos en la unidad anatómica fundamental de los seres vivos son causados por la exposición a los distintos tipos de radiación espacial. Independientemente de los progresos tecnológicos en materiales de protección, montados en trajes y naves espaciales, las emisiones de ondas de radiación afectan en gran medida al astronauta. Partiendo del concepto de “radiación”, esta se entiende como la propagación de energía a través de ondas electromagnéticas o como partículas subatómicas disipándose en un medio material o en el vacío. Dependiendo del tipo de radiación, está depositará más energía (que producirá más efectos dañinos) ante la interacción con un tejido vivo, logrando *ionizar* la materia y producir consecuencias celulares.

Los efectos biológicos, causados por la radiación ionizante, provienen del daño producido en el núcleo celular y específicamente, en la molécula de ADN. Dicha radiación puede perjudicar la composición de ADN celular en dos formas principales: Directa e indirecta. Hablando de lesión directa, la energía que se irradia, se deposita en la molécula. Si ocurriera de manera indirecta, lo realiza a través de radicales libres. Estos daños en el ADN pueden ser: rupturas, uniones cruzadas, cambios en las bases, entre otras.

El detrimento celular depende de factores como la dosis de radiación, el conjunto de células expuestas, tiempo de exposición, entre otros agentes. (Véase anexo 5)

d. Neumológico: ^{56 57 58}

El aparato respiratorio se encarga del buen funcionamiento de células y tejidos a través de la oxigenación sanguínea y la eliminación del CO₂ o producto de desecho respiratorio. El astronauta, al realizar un viaje aeroespacial, se expone a cambios de altitud y presión atmosférica, que afectan la presión parcial de oxígeno alveolar y, por lo tanto, genera un déficit de oxigenación. Esta insuficiencia de O₂ en sangre, células y tejidos del organismo, se conoce como “Hipoxia”. Esta afección, en el ambiente aeronáutico, usualmente se origina por la exposición a la altura con reducción de la presión atmosférica y/o a la falla o mal uso de los equipos de oxígeno en la aeronave.

⁵⁴ Clément, G. (2011). *Fundamentals of space medicine* (1st ed., pp. 82- 84). El Segundo, Calif.: Microcosm Press.

⁵⁵ Carrillo, R., Díaz, J., & Padron, L. (2016). *Medicina espacial* (1st ed., pp. 265- 271). Ciudad de México, México: Academia Nacional de Medicina en México.

⁵⁶ Ogle, J. (2000). *Aerospace medicine* (1st ed., pp. 7- 8). Estados Unidos de América: Joseph Sachter. Obtenido 01, 2017, de <http://emedicine.medscape.com/>

⁵⁷ Molina, L. *Conceptos básicos de fisiología de la aviación* (1st ed., pp. 1- 5). Chile: Centro de Medicina Aeroespacial. Obtenido 01, 2017, de <http://www.semae.es/?p=1152>

⁵⁸ Carrillo, R., Díaz. Op. Cit. P. 221- 233

En el ámbito aeroespacial se pueden clasificar los tipos de hipoxia:

- Hipoxia hipóxica: Ocasionada por una modificación en las fases de ventilación alveolar y/o difusión alveolocapilar de la respiración, lo cual cambia la entrega de Oxígeno atmosférico a la sangre de los capilares pulmonares. Su etiología es variable, sin embargo, en un entorno de navegación aeroespacial, se debe a la pérdida de presurización de la nave o del traje, al inadecuado funcionamiento del equipo de oxígeno y/o por la exposición a la altitud.
- Hipoxia hipémica: Causada por una alteración en la fase de transporte de la respiración, es decir, una disminución en la capacidad de transportar oxígeno de la sangre. La modificación de la hemoglobina (Hb), incluida en los glóbulos rojos, por la combinación de elementos, reduce la capacidad de transporte. En la navegación espacial, es importante tener en cuenta al monóxido de carbono, pues está presente como producto de combustión y desecho espiratorio, y su afinidad por la hemoglobina es 250 veces mayor que el O₂.
- Hipoxia por estancamiento: Se debe a una alteración en la ventilación, por lo que reduce el flujo sanguíneo en una parte del organismo o en su totalidad. Esto sucede por una falla en la capacidad de la bomba cardíaca debido a las fuerzas de aceleración (fuerzas G).

El cambio de presión atmosférica y la altitud ocasionan una serie de signos y síntomas que desencadenan un padecimiento: "*La enfermedad de la altitud*". La sintomatología que se presenta, puede derivar en alguno de sus tres síndromes característicos: síndrome agudo de la montaña, edema pulmonar por alta altitud y/o edema cerebral. Hablando específicamente del "*edema pulmonar por alta altitud*", es una afección pulmonar de etiología no cardiogénica, que ocurre cuando una persona asciende rápidamente a altitudes mayores a 3 000 m SNM con circunstancias incompatibles para la vida; presión atmosférica inadecuada, disminución en la captación de O₂, temperatura inapropiada, etc. Dentro de la nave espacial esto podría ocurrir si se perdiesen las propiedades que mantiene las condiciones compatibles para el viajero. Esta afección fue reconocida y publicada por primera vez en Perú, lugar donde fue identificado como un edema asociado con signos electrocardiográficos de sobrecarga ventricular derecha.

Por otra parte, los tripulantes presentan diversos cambios anatomofisiológicos que son visibles desde el momento del despegue de la nave hasta salir de la órbita terrestre y estos son ocasionados por la fuerza de aceleración y por la acción de ingravidez. Dichas modificaciones se presentan en dos periodos: una inicial y una acelerada. En estas fases se observan alteraciones que suponen un cambio en el aparato respiratorio.

Durante la fase inicial, se puede observar una modificación sustancial en la morfología del tórax del astronauta. Este se caracteriza por adoptar una forma peculiar: presenta un ensanchamiento del diámetro anteroposterior y en cuanto al eje longitudinal se vuelve más corto (alrededor de 5 cm) ocasionado por la “elevación” del diafragma como consecuencia del desplazamiento visceral en sentido cefálico. La nueva modificación morfológica tiene parecido a un padecimiento frecuente en pacientes enfisematosos; el “tórax en tonel”. Aunado a esto, el entorno de ingravidez causa, en toda la extensión de los pulmones, una distribución uniforme en la perfusión sanguínea y la capacidad ventilatoria, por lo tanto, no se distingue un asentamiento sanguíneo en las bases ni mayor concentración de aire en los vértices, sino que estas se vuelven homogéneas. En la auscultación de los campos pulmonares se aprecia una disminución de los ruidos respiratorios basales y se valora una ventilación pulmonar uniforme tanto en las bases como en vértices.

La densidad vascular aumentada y la elevación del diafragma modifican el proceso ventilatorio. Sin embargo, no se ha observado modificación relevante ni de urgencia en las pruebas funcionales, al contrario, en diversas investigaciones, se muestra que el intercambio gaseoso tiende a mejorar debido al cambio de presiones que permite la expansión alveolar.

En la segunda fase; acelerada, se llevan a cabo cambios definitivos o que perduran durante la misión. Por una parte, el tórax alcanza una nueva estructura; se vuelve más corto al seguir el desplazamiento visceral y del diafragma, al mismo tiempo se modifica el diámetro anteroposterior hasta alcanzar el punto más amplio y los espacios intercostales se vuelven más anchos. En la exploración de campos pulmonares, los ruidos respiratorios se atenúan en las bases.

IV. Capítulo IV: Enfermería Espacial

a. Proceso de enfermería y el cuidado del astronauta.

Las ciencias de la salud son un conjunto de disciplinas encargadas de la obtención y entendimiento de conocimientos que favorezcan una aplicación benéfica a los individuos desde distintas esferas; físico, biológico, psicosocial y mental. Las ciencias médicas, y en específico la medicina espacial, se encomienda al estudio de los cuidados médicos espaciales, tomando como base la anatomía y fisiología en ambientes de microgravedad. Por otro lado, la enfermería encamina su labor a la realización de planes de atención sanitaria desde el enfoque holístico que permite la integración de cuidados. La correlación existente entre estas áreas de la salud, es notable si se mantiene énfasis en la participación activa a los cuidados del individuo, cada uno desde una orientación especializada. Se rescata la actuación de enfermería por caracterizarse como una actuación más allá de lo biológico y constituir su aplicación del cuidado al astronauta.

Como se ha descrito en capítulos anteriores, la necesidad del ser humano por conquistar nuevos territorios demuestra seguir siendo contemporánea, tomando un claro ejemplo: la lucha constante de colonizar otros planetas. Esto conlleva la exposición prologada del Ser humano a entornos hostiles y ajenos a lo que se ha habituado, ocasionando cambios en la Salud que deben ser prevenidos, sanados, tratados o curados. Al mismo tiempo, se hace evidente la urgencia de desarrollar y adaptar modelos de atención al cuidado de los individuos que se expongan a la microgravedad, revolucionando la concepción clásica de atención sanitaria.

En este sentido, la intención de los modelos teóricos en enfermería, radica en empatar el abordaje clínico desde el rol del cuidador y las necesidades de la persona que se enfrenta a ambientes distintos al de la Tierra. Esta correlación implicará equilibrar la relación orgánica, social y psicológica en un mismo modelo teórico. Tal es el caso del modelo propuesto por Virginia Henderson, pues considera 14 necesidades básicas humanas, integrando aspectos biológicos y psicosociales. De esta manera se facilita el aterrizaje de los cuidados al astronauta basados en la perspectiva de enfermería. Esta es la base de la instauración de la *Enfermería Espacial*.

Es importante aclarar que, aunque se realizó una revisión exhaustiva de otras teorías y modelos de enfermería y estas arrojan resultados benéficos para el campo aeroespacial, no obstante, el modelo de Virginia Henderson es el que mejor empatiza con las situaciones abordadas aquí.

A continuación, se describen los cuidados y habilidades clínicas que poseerá el profesional de enfermería en el campo de la atención al astronauta.

Cuidados y habilidades clínicas.

De manera sistematizada, se han clasificado las habilidades clínicas para brindar cuidados, intervenciones en patologías específicas, heridas u otras afecciones. Tales eventos se clasifican en tres grupos:

a) Posibilidad de resolución sin cuidado o con el requerimiento mínimo; b) Posibilidad de deterioro o pronóstico fatal sin los cuidados apropiados a tiempo, pero con posibilidad de mejorar y recobrar la salud con cuidados, y; c) factiblemente fatal, a pesar de todos los esfuerzos posibles en el ajuste de atención.

Clasificación de afecciones y lesiones para la planeación de los cuidados durante los viajes espaciales:

i. Afección clase I:

Comprende síntomas leves, afección mínima de las habilidades y no es una amenaza para la vida. Algunos ejemplos son, el síndrome de adaptación espacial, desórdenes gastrointestinales, cefalea, úlcera leve, pequeñas laceraciones o abrasiones, lesión muscular, infección urinaria leve, infección de las vías respiratorias altas, alergia, dermatitis o conjuntivitis. Generalmente se pueden tratar con autocuidados sin la necesidad de prescripción, o medicamentos del cuadro básico.

ii. Afección clase II:

Comprende síntomas de moderado a severo, con efectos acentuados y potencialidad de riesgo de la vida. Incluye afecciones como enfermedad descompresiva, embolismo aéreo, arritmia cardíaca, ataque cardíaco no complicado, perforación duodenal por úlcera, síndrome de desorden respiratorio, exposición a sustancias tóxicas, quemaduras químicas, nefrolitiasis, diverticulitis, apendicitis, herida torácica abierta, fractura, lesión cefálica. Requiere un diagnóstico adecuado durante el vuelo y un tratamiento que le permita recuperarse en órbita, o por su defecto, permitir paliativos para disminuir el daño hasta que se pueda completar la extracción del astronauta de la misión.

iii. Afección clase III:

Engloba síntomas de urgencias severos, compromete la vida si no es atendido inmediatamente, tiene un pronóstico ominoso y los cuidados médicos no son viables. Un ejemplo de ellos es la descompresión explosiva, ataque cardíaco complicado, infección general (sepsis), lesión por choque masivo, lesión de exposición de tejido cerebral o quemaduras mayores al 40% del cuerpo. Si las probabilidades juegan a favor, y se logra preservar la vida, es necesaria una evaluación inmediata después de la resucitación, mantener la monitorización y estabilización. De lo contrario, se recurre a cuidados paliativos para las afecciones de dolor, y se procura el cuerpo para devolver a la Tierra y realizar una autopsia.

Como se puede constatar, las alteraciones en la clasificación I son más comunes y aquellos que son clasificación III son de urgencia. En un vuelo espacial, se prevé que las afecciones más comunes sean de clasificación II, por lo que el equipo médico a bordo está preparado y con la capacidad de actuar inmediatamente para disminuir el impacto en la salud del tripulante y asegurar el cumplimiento de la misión. Es oportuno decir que los cuidados apropiados y pertinentes, pueden prevenir y evitar el deceso, incapacidades prolongadas o permanentes, cancelación de la misión, incluso, un plan de cuidados idóneo logrará llevar al individuo al bienestar, y por lo tanto, una evolución favorable. Para esto es necesario realizar una valoración inicial adecuada en el astronauta pues tendrá gran repercusión sobre los métodos de intervención que puedan llevarse a cabo durante el viaje espacial.

b. Pertinencia del modelo de las 14 necesidades básicas de Virginia Henderson en el proceso de cuidado al astronauta.

El abordaje científico de la enfermería, complementa la actuación metódica con la flexibilidad de la prestación de los cuidados y atención a las necesidades y respuestas básicas del ser humano. Para conseguir desarrollar una estructura teórica que englobe paradigmas de enfermería, ha sido necesario adoptar un marco conceptual donde se puedan sustentar los múltiples principios y objetivos de la enfermería, así como contextualizar el método científico, utilizando una metodología propia para resolver los problemas abordados. Aquí recae la necesidad de implementar un proceso de atención y cuidados de enfermería.

Para empatar un proceso de atención de enfermería al individuo en ambientes de microgravedad, se necesita entender cada uno de sus componentes básicos. Aunado a esto se debe entender la aplicación metódica de atención en los astronautas a través de la división propuesta para el estudio de los cuidados espaciales: a) previo al viaje espacial, b) a bordo de la nave espacial, y c) al regreso a la Tierra.

i. Previo al viaje espacial.

Centrada en la valoración de las capacidades físicas y psicológicas, para clasificar las condiciones en las que el astronauta iniciará su viaje. Desarrollo de diagnósticos que señalen o nieguen si el sujeto es apto para la misión, identificación de prioridades inmediatas preparativas a las condiciones antes del despegue y su posterior puesta en práctica. Como pueden ser prescripciones en dieta y su repercusión nutrimental, actividad física y la modificación de condiciones fisiológicas o cuidados especializados. Con todo ello es posible producir un extenso registro de resultados obtenidos y así poder ajustar las actividades de cuidado en relación a la modificación de indicadores de competencia en astronautas, propiciando las condiciones de estado vital más óptimo para el astronauta antes del inicio del viaje espacial, llegando a ser de años o décadas.

ii. A bordo de la nave espacial.

Durante la permanencia en la nave espacial, ya sea de días o de meses, la operación de los oficiales clínicos a bordo o a distancia, estará orientada a la valoración de los signos y síntomas provocados por la estancia espacial y a la clasificación de los niveles de afección desarrollados en el ambiente de microgravedad. Analizar y sintetizar los datos clínicos obtenidos con el fin de identificar mediante un diagnóstico la potencialidad o realidad de la problemática, estructurar intervenciones en la astronave, ya sean de rutina, de emergencia o de urgencia. Estas intervenciones son congruentes con las posibilidades del equipo médico a bordo y los tiempos de transición para los traslados médicos. También es importante señalar el registro del proceso evaluativo de estado general de salud en medios de monitorización previa y continua, como un medio de comunicación entre el organismo, el enfermero y el astronauta.

iii. Regreso a la Tierra.

Dirigido a percibir las fuentes de dificultad y efectos secundarios relacionados con la estancia en ambiente de microgravedad, estudiar los factores de riesgo añadidos tras el viaje espacial, el grado de afección y la interrelación de necesidades afectadas. Determinar los límites semiológicos en los que se registra la afección, para poderlo traducir en una hipótesis diagnóstica, que es la génesis de la planificación de las intervenciones, puesto que señala la etiología del problema. Generalmente la etiología de las afecciones más graves presentadas en astronautas a su regreso a la Tierra, son de clase II, crónicas y requieren rehabilitación y terapia continua. Esto pone los objetivos de las intervenciones en términos realistas y alcanzables, materializado en un documento escrito llamado plan de cuidados, donde se señalan la serie de actividades de mantenimiento, modificación, revisión o suspensión de la ejecución. Es un modelo de atención muy parecido a las afecciones crónicas clásicas en la Tierra y el tiempo de cuidados al regreso a la Tierra pueden ser muy tardados y dependen del grado de exposición al espacio.

V. Nutrición y viajes espaciales.

a. Necesidad de nutrición

La nutrición es una parte esencial para la supervivencia del ser humano. Esta es un proceso en el que el organismo recibe y procesa nutrientes a partir del consumo de alimentos y líquidos. Este proceso incluye la ingesta, absorción, asimilación, digestión y excreción de los componentes necesarios para que el cuerpo humano obtenga la energía imprescindible para la Vida. El equilibrio que hay entre la ingesta de componentes y el gasto energético, dan como resultado la realización de actividades, un adecuado funcionamiento vital y el bienestar general del individuo⁵⁹.

En los astronautas, la nutrición también incluye los mecanismos y procesos que intervienen en el suministro de alimentos y líquidos al cuerpo, así como su ingesta, deglución, digestión e integración de los nutrientes para su aprovechamiento y transformación en energía.⁶⁰ Siendo esto tan importante, resulta necesario que el astronauta, que se enfrenta a un ambiente de microgravedad, pueda obtener los requerimientos alimenticios esenciales y logre satisfacer las necesidades de salud. La energía que mantiene en marcha al viajero espacial representará el cumplimiento o fracaso de la misión designada.

El estado nutricional revela si la alimentación y aprovechamiento de los nutrientes es el adecuado a las necesidades del organismo. Para realizar una valoración íntegra, se debe recurrir al trabajo colaborativo, junto a la utilización de diversas técnicas como la exploración semiológica, la antropometría, pruebas de gabinete, análisis clínico, la bioimpedancia, densitometría, historia clínica, anamnesis, etc., por lo tanto, se debe analizar al astronauta en sus esferas biopsicosociales a lo largo de los diversos estadios espaciales: previo al vuelo, a bordo de la nave y al regreso de la misión.

La importancia de la participación del profesional en enfermería será esencial para una evaluación personalizada y de calidad, que adecúe el cálculo y equilibrio de nutrientes y calorías necesarias para cumplir con una dosis que posibilite la realización de las labores espaciales. Por esto, es relevante que en la anamnesis se debe obtener un cálculo de datos analíticos junto con el uso de herramientas nutricionales específicas que otorguen un régimen alimenticio adecuado que contenga los nutrientes principales; carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, agua y

⁵⁹ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 41). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

⁶⁰ Molina, L. *Conceptos básicos de fisiología de la aviación: nutrición en aviación* (1st ed., pp. 1). Chile: Centro de Medicina Aeroespacial. Obtenido 01, 2017, de <http://www.semae.es/?p=1152>

los electrolitos esenciales.⁶¹ Esta dieta se describe y estudia en la Tierra⁶², en un laboratorio especializado donde personal de salud determina las cantidades indispensables e incluye los nutrientes principales en forma de las siguientes presentaciones: carbohidratos: azúcares naturales y añadidos; fibra: cereal, frutas naturales y legumbres; proteínas: carne deshidratada; vitaminas: vitamina D, folato (contenido en algunas verduras, cereales, naranja), vitamina B12 (contenido en el atún, productos lácteos como yogurt), vitamina C; minerales: Hierro y zinc (en productos lácteos y vegetales), calcio; y agua: calculable y determinada a partir de la edad, género, talla, peso e índice de masa corporal (IMC).

Debido a los diferentes cambios anatomofisiológicos es pertinente que la valoración nutricional logre prever las diversas afecciones que pueden llegar a presentarse durante la misión, pues resulta difícil que el astronauta vuelva inmediatamente a la Tierra a recibir un tratamiento oportuno. Los trastornos nutricionales más comunes han estado relacionados con déficits en la ingesta y/o en el aprovechamiento nutricional causado por las modificaciones morfofisiológicas antes mencionadas. Solo por mencionar un ejemplo, el déficit en sodio (Na)⁶³ ocasionado, entre otras cosas, por la redistribución de líquidos y aumento en la filtración glomerular, repercute en la presión sanguínea en diversas áreas del cuerpo. Es así que se propone la participación del profesional de enfermería para que, en colaboración multidisciplinaria, fortalezca las intervenciones que prevean, disminuyan y/o traten los déficits nutrimentales, desde el enfoque de cuidados de enfermería.

b. La alimentación en el espacio.

Hace más de 45 años, durante las primeras misiones tripuladas que se llevaron a cabo, la idea de incluir alimentos en la nave era impensada pues el tiempo de estancia en el espacio, era demasiado corto. Esto se puede ejemplificar con el primer viaje de Alan Bartlett Shepard, a bordo de la nave “*Mercury redstone 3*”, cuya expedición duró menos de 30 minutos.

Conforme la exploración espacial avanzaba, el tiempo de estancia se prolongaba y la exigencia de mantener las condiciones nutrimentales fisiológicas era importante. En las misiones del proyecto “*mercury*”⁶⁴, la deglución en un entorno de gravedad disminuida, aún se mantenía como una incógnita, sin embargo, durante estos viajes se hicieron grandes avances en las reacciones de masticar, beber y tragar alimentos sólidos y líquidos en microgravedad. Uno de los primeros astronautas en probar

⁶¹ Scott, S. & Zwart, S. (2015). *Risk factor of inadequate nutrition* (1st ed., pp. 12- 102). Houston Texas: Johnson Space Center. Obtenido 01, 2017, de <http://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/nutrition.pdf>

⁶² NASA,. (1999). *Space food and nutrition* (1st ed., p. 9). Houston, Texas: Johnson Space Center. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/pdf/143163main_Space.Food.and.Nutrition.pdf

⁶³ Scott, S. & Zwart, S. Op. Cit. P. 177- 182.

⁶⁴ NASA. Op. Cit. P. 2

alimentos en el espacio, fue el estadounidense John Glenn a bordo de la nave “*Friendship 7*”. Esta “comida” o alimentos, eran cubos pequeños y productos liofilizados, que estaban contenidos en un tubo cuyo material era más pesado que el mismo contenido. La comida carecía de sabor y en varias ocasiones la rehidratación resultaba complicada. Para realizar la rehumidificación y consumo de este, se le adaptó un “*popote*” que permitía ambas tareas. Resultaba obligatorio que el contenido no pudiera expedir partículas que dañaran el equipo de la nave o pudiera ser inhalado por otro tripulante. Otro desafío fue el revestimiento del tubo pues ante las reacciones químicas entre el alimento y el aluminio, el contenido terminaba descomponiéndose rápidamente y/o perdía sus características nutrimentales. Al final de las misiones *Mercury* se consiguió que los comestibles fueran envasados al vacío en un contenedor individual: el material predominante era el plástico laminado transparente con cuatro capas. Este nuevo empaque brindó protección contra la humedad, pérdida de sabor y deterioro.

Entre 1965 y 1966 el progreso científico del transporte de alimentos al espacio, estuvo encaminado al empaquetamiento y mejora en los procesos de rehidratación. El proceso de liofilización había mejorado y por lo tanto proporciono un mejor aspecto, en color, forma y textura, a los productos alimenticios. Se incluyó un menú más atractivo, del que se destacan alimentos como: pan tostado con canela, cubos de chocolate, puré de manzana, crema de pollo, estofado de carne, pollo, arroz, salsa, entre otros. Algunas bebidas notables fueron el jugo de uva y naranja. La liofilización consistía en un proceso donde se congelaba el alimento, después era colocado en bandejas de secado para introducirlo en una cámara de vacío que realizara la separación del agua por sublimación⁶⁵. Debido a que el alimento cursaba por una deshidratación, resulta imposible que pierda el sabor. El proceso de rehidratación era sencillo pues se inyectaba agua por una pajilla y del otro extremo del envase era posible ingerirlo a través de una abertura para exprimir el contenido. Las ventajas de la liofilización fueron demasiadas; la producción de estos era más accesible, la comida era ligera, el envase tenía una vida útil más larga, fácil almacenamiento y al final de la alimentación era posible colocar una tableta antimicrobiana que inhibía el crecimiento de microorganismos en las sobras. A pesar de estos adelantos, la ingesta nutricional necesaria no era la adecuada. Aunque diariamente los tripulantes ingerían 0.58kg de alimentos líquidos y sólidos, el aporte calórico no era el necesario. Durante estos años, se implementó la creación de un Menú⁶⁶ (Véase anexo 6).

Durante las misiones *Apolo*⁶⁷, entre los años de 1961- 1975, el progreso tecnológico que se alcanzó fue trascendental. Aunque se seguían utilizando empaques similares a las misiones anteriores, estos fueron mejorados para alcanzar una estructura

⁶⁵ Mayer, L., Bertoluzzo, S., & Bertoluzzo, G. (2006). Conservación de alimentos diseño y construcción de un liofilizador. *Invenio*, 9(17), 149- 151. Obtenido 01, 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/877/87791711.pdf>

⁶⁶ NASA. Op. Cit P 41

⁶⁷ Ibid. P. 4

semejante a una bolsa con cierre hermético que, después de rehidratar los alimentos, permitía que el alimento se adhiriese a una cuchara debido a la humedad conservada, lo que confería una experiencia más similar como en la Tierra. Otro empaque fue creado durante este periodo: el “*wetpack*” o termoestabilizador. Este era una bolsa flexible que no necesitaba rehidratación pues la comida permanecía con agua trayendo beneficios al ingerirla. Durante la misión del *Apollo 8*, los tripulantes pudieron celebrar la Navidad de 1968 con un manjar navideño: pavo, pan, queso y jugo de fruta.

Como es bien sabido, el *Apollo 11*, que alunizó en 1969, dio mucho de qué hablar, y en el campo de la alimentación no fue la excepción. El alimento y bebidas ingeridas en estas misiones eran rehidratadas con agua a temperatura ambiente o con agua caliente, por lo tanto, la lista se incrementó; ahora había café, tocino, huevos revueltos, sándwiches de carne, mantequilla de maní, carne asada, espagueti y salchichas. Esto se traducía como un incremento y alcance de las necesidades nutricionales por la extensa gama de alimentos.

Durante los años 80's a la par de las misiones suborbitales con transbordadores espaciales⁶⁸, se dio un giro a la presentación de la comida, optándose por paquetes de alimentos prediseñados desde la Tierra que eran seleccionados y aprobados por los propios gustos antes de comenzar la misión, siempre y cuando cumplieran las demandas nutricionales. Una desventaja fue que se necesitaba adecuar un espacio específico para su colocación y este resultaría demasiado amplio y estorboso. El menú se programaba para 7 días que duraba la misión⁶⁹. Se implementó un compactador de basura que reducía el volumen de desperdicios.

Para 1991 se desarrollaron nuevos contenedores, más ligeros y flexibles, con duración extendida y una válvula para insertar agua, también se adaptó una unidad modular que contiene un dispensador de agua; fría, caliente o ambiental, y un horno; similar al de una cocina que servía para calentar el alimento. Este recalentamiento y reconstrucción podía tardar entre 20- 30 minutos, posteriormente se servía en una bandeja de comida firme (similar a un plato) y esta se unía al astronauta con una correa. Se incorporaron utensilios de comida como el cuchillo, tenedor, cuchara y tijeras (para abrir los alimentos).

Los antecedentes a través de la exploración científica en la correlación de efectos entre la ingravidez, la adaptación fisiológica, la adaptación psicológica a ambientes extremos y la capacidad de nutrición e ingesta de nutrientes que disminuyan los efectos dañinos durante las misiones espaciales, lograron que hoy en día las exploraciones que se realizan a la Estación Espacial Internacional ⁷⁰ (ISS) estén a la vanguardia en transporte y dotación de alimentos. Cada 90 días un nuevo módulo

⁶⁸ NASA. Op. Cit. P 7

⁶⁹ Ibid, P. 42

⁷⁰ Ibid, P. 8

suple alimentos y otros materiales necesarios, este módulo es llamado “*Multi- Purpose Logistics Module*” (MPLM).⁷¹ Una desventaja en la ISS es que el sistema para producir energía depende de los paneles solares adicionados alrededor de la estación, por consiguiente, este sistema de energía no está capacitado para producir agua, por lo que es necesario que sea reciclada a partir de diversas fuentes. Por su limitada disposición, este líquido no sería suficiente para rehidratar toda la comida, por lo tanto, la mayoría de los alimentos deben estar congelados, refrigerados o termoestabilizados (con un proceso térmico de enlatado que se guarda a temperatura ambiente). Este progreso permite que se disminuya el consumo de agua y que el líquido disponible se utilice para concentrados deshidratados como el jugo de frutas. En recientes misiones se conservó el empaquetado habitual que consiste en un depósito hecho de lámina y laminado de plástico, en la parte superior está provisto de un adaptador donde se puede rehidratar el contenido y beber del mismo (Véase anexo 7). Por otro lado, el paquete de alimentos está hecho de un material resistente a las microondas. La parte superior de este paquete se puede cortar para que el contenido se ingiera fácilmente. También se incorporó un refrigerador que permite la incubación, investigación y colocación de los alimentos.

Es bien sabido que, a través del tiempo, las diversas misiones espaciales y la investigación científica, han adecuado las necesidades y requisitos generales de ingesta de alimentos, tal y como se lleva a cabo en la Tierra. Pertinentemente se puede conseguir una ingesta de nutrientes necesaria, un sabor natural del alimento, el reciclaje y eliminación de la basura generada y una variedad de alimentos contenida en un menú dietético personalizado para cada astronauta. Este menú está clasificado en 8 tipos de alimentos espaciales⁷²:

Rehidrables: Estos alimentos llevan un proceso de liofilización para eliminar el agua contenida. Antes de comerlos, los alimentos y/o bebidas se rehidratan. Un ejemplo es el cereal de avena

Termoestabilizados: Comida procesada con calor. Tienen la virtud de poder permanecer a temperatura ambiente. Estos alimentos están dentro de una lata que puede ser abierta con pestañas “abre fácil”. La mayoría de las frutas y peces se conservan termoestabilizados

Humedad intermedia: No necesitan alguna preparación pues se conserva una humidificación adecuada para su ingesta. Los alimentos incluidos son los duraznos secos, peras, albaricoques y carne de res.

Naturales: No conllevan ningún proceso para llevarlos al espacio, solo necesitan ser empaquetados en una bolsa flexible. Ejemplo de esto son las nueces y galletas.

⁷¹ NASA. Op cit. P. 8

⁷² Ibid. P. 10

Irradiado: Esta comida es cocinada y empaquetada en bolsas flexibles y esterilizadas por radiación ionizante. Actualmente solo el filete de res y el pavo ahumado son alimentos irradiados.

Congelados: La preparación de estos alimentos conlleva una congelación rápida para evitar que se acumulen grandes cristales de hielo. Aquí se incluye el pastel de pollo.

Alimentos frescos: No tienen procesamiento artificial. Ejemplo de esto son las manzanas y plátanos.

Refrigerados: Son aquellos que necesitan una refrigeración para evitar el deterioro. Aquí se incluyen algunos productos lácteos.

Actualmente, la NASA ha incorporado un alimento especial que contiene nutrientes necesarios para el cuerpo, tiene un fácil almacenamiento y no deja residuos que afecten el equipo electrónico. Este es la "Tortilla espacial"⁷³ (Véase anexo 8) Esta tortilla es un elemento favorito de los astronautas y al mismo tiempo proporciona una solución al problema de migajas de pan. Estas se han utilizado desde 1985 hasta la actualidad en diversas misiones espaciales.

Considerando que la nutrición adecuada de los astronautas es esencial para que se lleven a cabo las funciones fisiológicas, la disminución de las afecciones causadas por el viaje y el cumplimiento de la misión, resulta necesaria la participación del profesional de enfermería quien participe en la propuesta de contramedidas que favorezcan el sistema alimenticio individual, el estado nutritivo; disminuyan en los factores de malnutrición; beneficien la resistencia y masa muscular, las funciones inmunológicas, el tejido óseo, el rendimiento cardiovascular, la función gastrointestinal, la salud cutánea, el comportamiento psicológico, etc. Por lo tanto, a continuación, se propone la aplicación de cuidados de enfermería en el ambiente espacial en la necesidad de comer y beber adecuadamente.

c. Cuidados de enfermería en la necesidad de Nutrición.

i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial.

La valoración de requerimientos nutricionales esenciales que necesitará el astronauta antes, durante y después del vuelo, es estudiada en la Tierra, en un laboratorio especializado donde el personal de salud, en conjunto con profesionales en diversas disciplinas, determinan algunos datos necesarios, tales como: tipo de dieta, capacidad de ingesta, efectos de la ingravidez, hábitos de ingesta, datos somatométricos (peso, talla, IMC, etc.) género, actividades que se llevarán a cabo durante la misión, ejercicio

⁷³ NASA. Op cit. P 44

a bordo de la nave, entre otros. Estas circunstancias definen la demanda nutricional necesaria para mantener las condiciones fisiológicas adecuadas.

Los astronautas que viajaran en misiones espaciales, requieren un cálculo calórico similar a la demanda nutricional en Tierra, es decir, en promedio deberán cubrir una ingesta de 2000 kcal. Evidentemente esto dependerá de diversos factores. Es por esto que se han adaptado fórmulas para la creación de una dieta que aproxime la necesidad nutricional personal y por lo tanto que, y cuanto alimento se debe consumir al día, esto para establecer una dieta espacial personalizada. Este método solo requiere conocer la edad, peso y estatura del astronauta, y con estos datos establecer un aproximado en las necesidades energéticas. Para realizar dicho cálculo se siguen las siguientes formulas⁷⁴:

Requerimientos de energía estimados para:

- | | |
|---|------------------------|
| 1) Hombres de 19 años en adelante | Tomando en cuenta que: |
| $[66.5 + (13.8 \times \text{peso}) + (5 \times \text{altura}) - (6.8 \times \text{edad})] \times 1.6$ | |
| 2) Mujeres de 19 años en adelante | |
| $[655.1 + (9.6 \times \text{peso}) + (1.9 \times \text{altura}) - (4.7 \times \text{edad})] \times 1.6$ | |
| | Peso= Kilogramos |
| | Altura= Centímetros |
| | Edad= Años |

El resultado de esta fórmula indicará el tipo de dieta requerida durante la navegación espacial. Como estándar, en distintas misiones se ha estimado que la demanda energética sea de los 2 000- 3 200 kcal por día. Y en caso de realizar Actividad Extravehicular (EVA), se añaden 500 kcal al día.

Una vez que se establece la demanda energética, resulta indispensable que dichas calorías se traduzcan en un menú que contenga alimentos que alcancen este requerimiento nutricional. A través de un cuestionario personal se conoce la dosificación de comida, los alimentos ingeridos comúnmente, variedad en la ingesta, alergias, alimentos que prefiere y los que le disgustan, problemas para la deglución y alimentos culturalmente aceptados. Finamente se empatan las necesidades personales con la clasificación del menú espacial. Para esto se realizan degustaciones en Tierra, antes de comenzar la misión. Esto beneficia al astronauta pues recibe una alimentación deseada y balanceada.

Preventivamente se adecuan alimentos que contrarresten los elementos perdidos durante el vuelo^{75 76}. Estos predominantemente son: macronutrientes como proteínas,

⁷⁴ NASA,. Energy- A balancing act. *Space Nutrition*, 4(2), 2. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/511989main_vol4iss2.pdf

⁷⁵ Smith, S., Zwart, S., & Heer, M. (2015). *Evidence report: Risk Factor of Inadequate Nutrition* (1st ed., pp. 12- 101). Texas: Johnson Space Center. Obtenido 01, 2017, de <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/Nutrition-20150105.pdf>

⁷⁶ Smith, S., Neasbitt, L., & Zwart, S. (2012). *Space nutrition* (1st ed., pp. 46-60). Estados Unidos:NASA.

carbohidratos, fibra, lípidos; micronutrientes como vitamina A, D, E, K, c, b6, b12, folato, tiamina, niacina riboflavina, biotina, calcio, fosforo, magnesio, hierro, magnesio, zinc, selenio; y algunos electrolitos como el sodio y potasio. En cuanto al hierro, el consumo diario del astronauta deberá ser menos a 10mg (para hombres y mujeres) pues en microgravedad se tienen menos glóbulos rojos lo que ocasiona un elevado almacenamiento. Por otro lado, el Sodio debe ser limitado para no favorecer la pérdida ósea. Finalmente, está la Vitamina D, que es indispensable para la pigmentación de la piel y mantener los huesos sanos, pero inoportunamente esta se produce con la exposición a la radiación del Sol y dado que las naves están protegidas y cubiertas contra la exposición y radiación solar, se necesita incluir en la ingesta como un elemento extra.

La valoración semiológica de la persona requiere que un evaluador pueda hacer una examinación organizada para conocer las condiciones generales del astronauta. Esta recogida de datos, predominantemente se debe llevar a cabo mediante el método clínico. Normalmente las enfermedades gastrointestinales agudas o crónicas se mantienen en un amplio rango de severidad e importancia para posibilitar como apto al tripulante y, por lo tanto, determinar la viabilidad del viaje. El examinador que valore al astronauta, debe considerar los factores de exclusión que puedan perjudicar la misión, prestando particular atención a las afecciones más comunes como la gastritis, úlcera péptica, enfermedad de reflujo gastroesofágico, trastornos biliares, pancreatitis, síndrome de colon irritable, colitis, enfermedad de Crohn, hernias, quistes pilonidales y diabetes.⁷⁷

La evaluación comparativa nutrimental se interpreta a través de un registro somatométrico, de tal forma que se estudia el peso, la talla, IMC, la densidad ósea, diámetro muscular, entre otras. Se ha visto que la ingesta adecuada de nutrientes mejora la adaptación a los cambios fisiológicos y disminuye las alteraciones después del viaje.

Previo al vuelo, el astronauta mantiene la disposición para mejorar la nutrición manifestado por una actitud hacia el acto de comer y beber congruentemente con los objetivos esperados para que sea candidato al vuelo. Sin embargo, por la adecuación nutrimental que antecede al viaje, de manera imprevista puede haber un riesgo de desequilibrio nutricional con una ingesta superior o inferior a las necesidades, esto relacionado con patrones alimentarios disfuncionales o que no se llevaron a cabo adecuadamente. Por otra parte, el estrés previo al viaje puede ocasionar disminución, ineficacia o falta de actividad peristáltica, es decir, riesgo de motilidad gastrointestinal disfuncional relacionado con ansiedad, intolerancia alimentaria y estrés.

⁷⁷ Llanio, R. (2005). *Propedéutica clínica y semiología médica* (1st ed.). Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas.

Con la atención y cuidados del personal de enfermería, sería posible coadyuvar en el mejoramiento del patrón de aporte de nutrientes para que este resulte el suficiente para satisfacer las necesidades metabólicas, acompañando un asesoramiento nutricional personalizado mediante la utilización de un proceso interactivo de ayuda basado en la determinación entre la ingesta nutricional y los hábitos del paciente. Es importante que se proporcione información necesaria para la dieta con el fin de disminuir los riesgos ocasionados por una alimentación elevada y/o disminuida. Esto se puede lograr en conjunto considerando factores de edad, estado nutricional actual, planificación personal y teniendo en cuenta los objetivos de la misión. Otra intervención eficaz podría ser la disminución de la ansiedad y/o factores estresantes creando un ambiente que facilite la confianza y bienestar de la situación que lo lleve a este estado ansioso. El asesoramiento nutricional igualmente puede utilizarse ante el riesgo de disfunción de la motilidad gastrointestinal no obstante es recurrente crear un plan de alimentación comprobando la tolerancia a la ingesta de ciertos alimentos.

El cumplimiento de las intervenciones se enfoca en la consecución y realización de los objetivos establecidos para el beneficio del astronauta. Esta evaluación se demuestra ante el mejoramiento de las acciones personales para seguir las recomendaciones alimenticias que el profesional de enfermería le facilitará para el mejoramiento de la condición de salud específica. De este modo es visible prestando atención a las acciones personales para mantener el peso corporal óptimo. Relacionado con el autocuidado en la alimentación, será posible observar la actuación personal para el autocuidado determinada por la ingesta de los alimentos sugeridos y el mantenimiento o aumento del bienestar. Finalmente, la evaluación gastrointestinal se ha conseguido cuando el grado de nutrientes absorbidos sea el oportuno tomando en cuenta la ingesta de los mismos, para así lograr satisfacer las necesidades metabólicas, acompañado de la disminución o eliminación de los sentimientos de inquietud que le suscitan un estado estresante previo al vuelo.

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.

A partir del año 2006, se estipuló un requisito en salubridad espacial que consiste en evaluar el estado nutricional de los viajeros espaciales. Este proyecto trató de ampliar las pruebas realizadas a los astronautas y conocer las variaciones nutrimentales antes, durante y después de la misión. Estas pruebas consisten en 3 estudios: 1) muestras de sangre y orina, 2) ampliar las pruebas médicas nominales que permitan incluir marcadores normativos adicionales, y 3) añadir sesiones extras que posibiliten la evaluación nutricional después del vuelo y por lo tanto las implicaciones en la rehabilitación. De esta manera se consiguió establecer cuáles eran las afecciones más comunes durante la misión y por lo tanto la prevención de los cambios fisiológicos ante la ingravidez, lo que permitió adaptar las necesidades de alimentación habitadas en Tierra y modificar la ingesta de elementos principales de la dieta del ser humano en el espacio.

A bordo de la nave espacial, el estudio nutrimental no finaliza, sino que se hace más evidente la necesidad de continuar con una valoración que reúna los estadios por lo que cursa el astronauta; la trascendencia en la recolección de muestras de orina reside en el conteo de los elementos aprovechados a través de los residuos, así permite realizar un análisis de la utilización de los nutrientes, por otro lado, se realizan pruebas de sangre que determinen los niveles de proteínas plasmáticas como albúmina sérica, transferrina, prealbúmina, proteína fijadora del retinol; vitaminas, sales, azúcares, agua, lípidos, creatinina, número total de linfocitos, etc.⁷⁸ El procedimiento de la toma de muestra hematológica es similar a la técnica clínica aplicada en Tierra (Véase anexo 9) y se utiliza equipo cotidiano: ligadura, tubos de recolección, catéteres para extracción, centrífuga y un congelador *M.E.L.F.I.* (Minus Eighty Laboratory Freezer for ISS)⁷⁹ (Véase anexo 10) que mantiene las muestras en temperaturas de congelación para su análisis al finalizar la misión.

La participación de los profesionales de enfermería durante una valoración sería importante para asistir en la monitorización, de manera que se llevaría un mejoramiento en el estado de salud. Por esto, se propone que la implicación de enfermería sea presencial, teniendo en cuenta que la atención brindada se basaría, como en la Tierra, en la aplicación de técnicas de exploración siguiendo el método clínico. El principal inconveniente que intervendría con la valoración clínica, es la microgravedad que conlleva diversas modificaciones físicas y anatómicas y por razones evidentes dificultaría la posición anatómica para la exploración, inspección, auscultación, percusión y palpación. Sin embargo, es factible que la exploración se pudiera realizar a bordo de la nave con ayuda de medios que faciliten la colocación del astronauta en un lugar cómodo para su valoración, este sitio puede ser una camilla ajustable, para el explorador y el sujeto a explorar. El seguimiento en la examinación se debería orientar a la aplicación del método clínico; inspección general del sujeto, considerando el estado de la piel, hidratación de las mucosas, contorno y simetría del abdomen, musculatura corporal, dolor, entre otras. Por otra parte, la auscultación del astronauta estaría encaminada al reconocimiento de los ruidos normales del peristaltismo. La percusión y palpación también serían orientadas a la condición orgánica perceptible del abdomen.

La eficacia de la alimentación espacial, reside en gran parte a las medidas de seguridad y bienestar estipuladas en la Tierra. Los adelantos científicos y en salud, sugieren la preparación y consumo de la comida mediante una serie de pasos: lo primero que el astronauta debe hacer es recoger la bandeja de comida y utensilios necesarios, para conocer el alimento que puede/debe ingerir en ese momento, es necesario que busque la comida preseleccionada en un ordenador, mismo que le

⁷⁸ Scott, S. & Zwart, S. (2014). *Human adaptation to spaceflight: The role of nutrition* (1st ed., pp. 17-83). Houston: NASA. Obtenido, 12, 2016, de: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/human-adaptation-to-spaceflight-the-role-of-nutrition.pdf>

⁷⁹ De Parlois, M. (2006). MELFI ready for science. *ESA Bulletin*, 128, 27- 31. Obtenido 01, 2017, de http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin128/bul128d_deparolis.pdf

indicará la ubicación de esta. Si el empaque de comida requiere calefacción, se llevan al horno. En caso de ser bebidas deshidratadas, es necesario llevarlas al dispensador de agua. Todos los recipientes deben ser colocados en la bandeja para alimentos. Después de ingerir el contenido, es necesario colocar los recipientes utilizados en el compactador de basura y limpiar y guardar la bandeja de comida y los utensilios que se usaron. Esta disposición permite que la acción de comer y beber a bordo de la nave, sea fácil y se logre consumir los requerimientos indispensables para la nutrición. La valoración dietética se toma en cuenta con la frecuencia y cantidad de alimentos, y por lo tanto de micro y macroelementos nutricionales, en una ingesta total en 24 horas, de aquí la importancia de llevar un registro en el ordenador.

Durante las misiones espaciales, es preciso que se considere la pérdida, ganancia o equivalencia nutricional derivada del adecuado o inadecuado régimen alimenticio. La valoración de estos datos se puede obtener con la monitorización continua de la densidad muscular, densidad ósea y condición física. Para esto se realiza la medición constante del peso del tripulante, sin embargo, resulta imposible pues el peso se relaciona con la fuerza gravitacional, y esta no puede ser simulada en la nave. Por esto el valor más adecuado es la masa corporal. Esta medida se obtiene con un dispositivo especial: *Space Linear Acceleration Mass Measurement Device (SLAMMD)*⁸⁰ (Véase anexo 11) el cual mantiene una referencia entre el tiempo y la disminución de los tejidos, además que calcula la masa corporal del paciente

Se propone que otras pruebas nutricionales opcionales a cada misión podrían ser: valoraciones funcionales como la fuerza de las manos, la medición de pliegues grasos, circunferencia muscular del brazo, densitometría, absorciometría, entre otras. La agrupación de la información obtenida por la evaluación sanitaria, se documentaría semanalmente. Este informe organizado se transmitiría a la Tierra con el fin de llevar un seguimiento nutricional metodológico. La continuidad en el análisis nutricional durante la misión espacial, implica la necesidad de contar con la presencia y participación continua del profesional de enfermería, capacitado para realizar valoraciones constantes del estado nutricional del paciente.

La atención de cuidados espaciales en el astronauta que sufre modificaciones alimenticias, puede ser abordado desde la perspectiva clínica de los cuidados de enfermería, mediante la categorización diagnóstica de las afecciones que repercuten en un desequilibrio nutricional. Ejemplo de esto sería el déficit nutritivo ocasionado por la ingesta inferior al aporte necesario que se manifiesta con el bajo tono de tejido muscular y óseo y la pérdida de peso. Este mismo se conjunta con un riesgo déficit de volumen de líquidos relacionado con una ingesta inferior de los líquidos necesarios y la redistribución del líquido corporal. Por otro lado, el astronauta está latente a

⁸⁰ Lambert, D. *Measuring the mass of an astronaut in zero gravity* (1st ed., pp. 1- 15). Estados Unidos de América. Obtenido 01, 2017, de http://www.spaceteacher.org/ISS/iss_B1_files/astronaut%20mass.pdf

presentar deterioro de la integridad tisular relacionado con el déficit de volumen de líquidos, el deterioro de la movilidad física y déficit nutricional, todo esto manifestado por lesión en tejido óseo y muscular. Aunado a esto, el ambiente de microgravedad ocasiona náuseas relacionadas con los cambios fisiológicos adaptativos, esta percepción es manifestada verbalmente como una sensación nauseosa que cursa durante algunas horas o incluso días.

En cuanto a las intervenciones, sería oportuno que estas sean enfocadas a disminuir los cambios nutricionales ocasionados por el régimen alimenticio. Inicialmente se debería hacer un manejo de la nutrición que proporcione y fomente la ingesta equilibrada de nutrientes, basada en la dieta previamente prescrita, instruyendo al astronauta sobre las necesidades nutricionales, y así, determinaría el número de calorías y el tipo de nutrientes necesarios, sumado a esto, se incluirían las necesidades dietéticas en función de la misión. La monitorización y cuantificación de la entrada y salida de líquidos (que actualmente se lleva a cabo en una bitácora personal) es esencial para determinar la cantidad requerida y tipo de ingesta de los mismos. A través de las pruebas sanguíneas sería posible cuidar los niveles séricos y de electrólitos. También es importante recalcar la importancia de incluir la vigilancia de los signos vitales (especial énfasis en tensión arterial y frecuencia cardiaca). En tanto, el deterioro tisular debería enfocarse a la protección contra la contaminación infecciosa a través de la observación de signos y síntomas de probable infección. Si este deterioro tiene por etiología la inadecuada ingesta nutricional, es importante que se hiciera una revaloración nutricional complementada por una monitorización en los alimentos y líquidos consumidos en la nave, para recalcular la ingesta calórica. Finalmente, las intervenciones de las náuseas deberán ser conducidas a la prevención y alivio de las mismas, realizando valoraciones completas de los episodios nauseosos, incluyendo la frecuencia, duración e intensidad, utilizando una “*escala de náuseas y vómitos*”.

Para concluir la terapia de intervenciones, se establecería e incluiría un plan de cuidados personalizados, cuyo diseño logre la restitución de las afecciones fisiológicas causadas por el déficit nutrimental. Como uno de los ejes de actuación de enfermería, la enseñanza resulta vital para el astronauta y su mejora. Las acciones personales que fomenten el bienestar, la recuperación y rehabilitación en la ingesta de líquidos y alimentos recomendada, serán un indicador de bienestar. Por otro lado, la mejor señal de mejoramiento en la monitorización, sería el grado en que los nutrientes son ingeridos y absorbidos para satisfacer las necesidades metabólicas. Relacionando con la protección tisular, se evalúa el mejoramiento estructural de la función fisiológica de tejidos. El resultado del mejoramiento son las acciones personales para el control de los síntomas de náuseas, esfuerzos para vomitar y vómitos.

Realizar una reevaluación del ámbito nutrimental resultaría necesario para conocer los cambios ocurridos durante el viaje espacial y la evolución benéfica a partir de la

participación realizada por el personal de enfermería. Durante esta monitorización se trabajaría en los aspectos que alteraron la condición alimenticia durante el vuelo espacial, es decir, la evaluación de los resultados que se plantea conseguir en una fecha límite.

iii. Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.

Al regreso de la misión espacial, los miembros de la tripulación cursan diversas alteraciones fisiológicas debido a las condiciones de microgravedad durante el vuelo espacial y a la reexposición a la gravedad terrestre. Las recientes investigaciones arrojan datos que sostienen que los astronautas que regresan, a menudo experimentan alteraciones en el perfil nutricional, incluyendo variaciones inesperadas en los niveles de minerales, vitaminas y otros elementos relacionados con la alimentación. Estos cambios, entre otros factores, ocasionan alteraciones sensoromotoras, desacondicionamiento cardiovascular y pérdida de masa muscular y fuerza⁸¹. Es por esto que la valoración sanitaria de enfermería deberá orientarse a la recopilación de datos que permitan la monitorización nutricional post vuelo y al reconocimiento de las alteraciones ocasionadas durante la misión.

Momentos previos a la reentrada de la nave a la órbita terrestre, es necesario que cada astronauta ya tenga un perfil de evaluación nutricional clínica, el cual fue llevado a lo largo de la misión. Esta evaluación incluye muestras de sangre y orina que serán complementadas al aterrizar con una nueva toma de muestras. Así mismo se hace una reevaluación cuantitativa de la masa corporal y la composición corporal.

Frecuentemente se observa que los astronautas arriban con una capacidad muscular disminuida que, en gran parte, es ocasionado por la baja ingesta calórica contra el alto gasto de energía durante la misión⁸². Esta alteración puede ser valorada mediante pruebas de rendimiento muscular que incluyen valoración de fuerza isométrica mediante la contracción isométrica y la resistencia isotónica. El propósito primordial es determinar la contribución de los cambios en el rendimiento muscular. Por esto, la disminución del tejido muscular se debe calcular con la ayuda de un dispositivo de presión de piernas. En este sentido, es necesario evaluar la pérdida muscular, por lo que es importante realizar pruebas somatométricas que incluyan mediciones del perímetro del brazo y de las piernas.

Otra afección común es la disminución del volumen plasmático, debido al reacomodamiento de líquidos por la exposición a la microgravedad, y por la acelerada filtración glomerular. Este volumen de plasma sanguíneo se debe medir para

⁸¹ Bloomberg, J. (2016). *Physiological Factors Contributing to Postflight Changes in Functional Performance*. Nasa.gov. Obtenido 02, 2017, de

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/126.html#description

⁸² Smith, S., Zwart, S., & Heer, M. Op. Cit. P 134- 162

determinar los cambios en el volumen, y se determina con la obtención de una muestra de sangre.

Coherentemente dichos padecimientos son capaces de causar deterioro de la integridad tisular relacionado entre otras cosas con el déficit nutricional y de volumen de líquidos el cual es manifestado por la disminución del tejido muscular. Debido a la disminución del volumen plasmático es característico que el astronauta curse por un déficit de volumen de líquidos relacionado con los efectos anatómicos causados por la microgravedad manifestado por los elementos comprendidos en las muestras sanguíneas. Finalmente, la autopercepción del estado alimenticio del astronauta, lo lleva a la disposición para mejorar la nutrición manifestado por un interés de seguir un estándar apropiado para el aporte nutricional.

La actuación de enfermería se dirigiría a proporcionar y fomentar una dieta alimenticia encaminada al mejoramiento y restablecimiento de la masa muscular, ayudando al astronauta a determinar las directrices alimenticias más adecuadas para satisfacer los requerimientos nutricionales en la Tierra. En cuanto a las necesidades nutricionales, se requiere la actuación mediata para mantener el equilibrio de líquidos y así lograr prevenir las complicaciones derivadas de los niveles de líquidos anormales. Esto se puede lograr con la vigilancia del estado de hidratación corporal. Finalmente, el acompañamiento del profesional de enfermería en el fortalecimiento al astronauta beneficiaría la propiopercepción para el mejoramiento nutricional.

Otra terapia benéfica para la restitución de la fuerza muscular y del control motriz fino, consiste en una prueba manual de destreza con un tablero con 25 agujeros ranurados con una configuración aleatoria de formas. El sujeto debe insertar las formas en el lugar adecuado con rapidez y precisión. Al mismo tiempo que se mejora la acción motora fina, sirve para la evaluación neurosensorial.

A partir del manejo de la nutrición en condiciones terrestres, las evaluaciones de bienestar estarán reflejadas en la restitución estructural y funcional de la fisiología del tejido muscular. El mejoramiento en las constantes vitales (principalmente tensión arterial y pulso) denotará la restitución del equilibrio hídrico en el organismo. De igual forma, la repartición homogénea del líquido corporal, es un buen indicador de mejoramiento. En cuanto a la mejora de la autopercepción, el indicativo principal serán las acciones personales que fomenten el bienestar y la rehabilitación nutricional óptima.

Por esto, el perfeccionamiento de las intervenciones de enfermería se complementa con la propuesta de planes de cuidado estandarizados y orientados a las condiciones del astronauta. La actuación del experto en salud, sirve para apoyar y ayudar en las necesidades afectadas, fomentando la relación terapéutica con el astronauta.

VI. El astronauta y la necesidad de eliminación en el espacio.

a. Necesidad de eliminación.

Dentro del modelo de enfermería propuesta por Virginia Henderson, la eliminación es la tercera necesidad humana y pertenece al campo de las necesidades biológicas. Ésta se define como las acciones que realiza el organismo para llevar a cabo la excreción y eliminación de desechos y toxinas que derivan del metabolismo celular. La salud del ser humano se mantiene en equilibrio homeostático gracias al aporte nutricional y a la capacidad individual para desechar los tóxicos.⁸³

Hay diferentes vías de eliminación corporal y cada una cumple con una tarea precisa. Específicamente hablaremos de cuatro formas esenciales: la orina, que incluye gran parte de los productos nitrogenados del proceso metabólico celular y es necesaria para la regulación electrolítica y de los líquidos del cuerpo. La deyección, que es el producto final de la digestión, la cual permite la eliminación de iones y del resto de los componentes que no fueron digeridos. La menstruación, considerada vía de eliminación por el desprendimiento de un óvulo maduro no fecundado junto con una cantidad de sangre que acompaña este proceso. Y finalmente, las pérdidas insensibles, que comprende: el vapor de agua eliminado durante la exhalación, el sudor de la piel, las lágrimas y la pérdida de líquidos ocasionada por la diferencia de temperaturas entre la corporal y la ambiental. Si alguna de las vías de eliminación no funciona adecuadamente, independientemente de la etiología que lo ocasione, estaremos ante una alteración en la necesidad de eliminación.

La emesis no es considerada parte de la necesidad de eliminación pues en el tracto estomacal aún no hay absorción de nutrientes al torrente sanguíneo, por lo tanto, no se valora como un desecho metabólico.

Para llevar a cabo el cumplimiento de esta necesidad, la participación de enfermería se debe realizar con un enfoque holístico que contemple factores biológicos, psicológicos y socioculturales, además del género, edad, alimentación, condición general de salud y el entorno físico de la persona, entre otros factores. La valoración de enfermería va encaminada a la evaluación del adecuado funcionamiento de estas vías de excreción, determinando su cumplimiento a través de una valoración general, anamnesis orientada y el método clínico. La planificación de los cuidados, como es tarea de enfermería, prevé, cuida y mantiene el bienestar de la persona.

En el ambiente espacial, la microgravedad cambia las condiciones para llevar a cabo la eliminación tal y como habitualmente se realiza en la Tierra. Por una parte, la gravedad disminuida, no permite que los elementos excretados “caigan” como una

⁸³ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 57). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

consecuencia natural de la fuerza gravitatoria lo cual complica la micción y deyección. En cuanto al ciclo menstrual, este puede ser hormonalmente interrumpido antes de comenzar la misión. Finalmente, con respecto a las pérdidas insensibles, suele ser difícil cuantificarlas pues en el ambiente aeroespacial hay diversos factores que lo modifican y complican este cálculo.

Resulta indispensable que se realice una valoración de la condición de excreción de los astronautas, y esta puede ser abordada desde la perspectiva de cuidados de enfermería, para que así, forme parte del examen rutinario de los astronautas en los tres tiempos esenciales: antes, durante y después de la misión espacial.

b. Evolución de los sistemas de eliminación en la astronave.

La supervivencia de los tripulantes en las misiones espaciales ha sido un reto que se ha logrado a través de los avances tecnológicos que posibilitan que el astronauta consiga vivir en un espacio incompatible para el ser humano. Estos avances contemplan las distintas acciones orgánicas que el ser vivo efectúa cotidianamente. En este sentido, las mejoras para el cumplimiento de las necesidades fisiológicas se observan en la adaptación de medios que permiten que el viajero satisfaga demandas orgánicas. La labor higiénica es un claro ejemplo de los requerimientos biológicos del astronauta, y siendo más específico, la eliminación.

La eliminación de residuos metabólicos sigue siendo un aspecto complicado durante los viajes espaciales tripulados. Idealmente se requiere que la nave espacial esté condicionada con un sistema de manejo de desechos que permita eliminar los residuos corporales y la recolección, e incluso reciclaje, como comúnmente se lleva a cabo en la Tierra. La recolección terrestre de desechos corporales, se facilita con la fuerza gravitatoria y el agua que permite una descarga del sanitario, elementos que carecen en el entorno espacial. Solo por mencionar una de las principales complicaciones: la microgravedad y la resistencia capilar, dificultan la separación de la materia fecal del cuerpo humano. Si no hay una adecuada captación de estos desechos, se producen condiciones antihigiénicas que desencadenan la propagación de microorganismos bacterianos.

Actualmente, las naves espaciales incluyen un mecanismo para el tratamiento y control de los desperdicios orgánicos. El primer reto fue diseñar un sistema para el manejo de residuos, mismo que cumpliera con el tamaño, peso y potencia dentro de los límites en sistemas espaciales y que además resulte funcional en microgravedad. La construcción y la tecnología han sido cambiantes a lo largo de los vuelos, por esto, durante la mayoría de las misiones espaciales se ha podido adaptar un sistema de

recogida de residuos metabólicos humanos⁸⁴ (*waste collection system o waste management system*) (Véase anexo 12). A pesar de que estructuralmente estos varían en cada misión, el objetivo esencial es el mismo; la eliminación de los desechos orgánicos⁸⁵. Aunque no pareciera tan trascendental, este medio de recolección es necesario para el bienestar de los astronautas y el cumplimiento de los sistemas de soporte de vida ambiental en el espacio. La función esencial del colector es la recopilación de orina, residuos menstruales y desechos fecales.

En gran mayoría, las primeras misiones espaciales fueron tripuladas por hombres. Estos viajes se desarrollaron en lapsos cortos y por lo tanto no era necesario adaptar mecanismos de recolección, incluso los astronautas, durante la misión, en ningún momento dejaban de utilizar su traje presurizado. En caso de ser requerido, esta indumentaria incluía un íntimo mecanismo de contacto para la recolección de orina, el cual era un dispositivo simple adaptado en un calzoncillo. A pesar de su diseño tan básico, llegó a documentarse alguna fuga inesperada durante el vuelo. Un avance que se obtuvo en este diseño, fue la adaptación de una bolsa de almacenamiento externa acoplada con una jeringa manual que facilitaba la extracción y recolección urinaria para el debido análisis en Tierra.⁸⁶

Entre los años de 1964- 1975 los viajes espaciales implicaron mayor tiempo de exploración y estancia en entornos de microgravedad. Por esto se mejoró la recolección urinaria con la implementación de un sistema de transferencia de orina (*Urine Transfer System*) que vertía el residuo en un receptáculo (*Urine Receptacle Assembly*)^{87 88} sin necesidad de realizar contacto. Este recipiente era un cilindro de mano, mismo que era conectado al sistema de ventilación, vacío y drenado.

Otro efecto de la estancia prolongada fue que el organismo del astronauta contaba con el tiempo suficiente para concretar procesos digestivos, lo que volvió necesario desarrollar una forma de recolección fecal⁸⁹. En estos años se implementó la “*bolsa fecal*”⁹⁰ cuyo material predominante era el nylon- polietileno no permeable. Su diseño fue básico: una bolsa que en el extremo abierto tenía un anillo adhesivo (para su mejor entendimiento, esta era muy parecida a una bolsa para colostomía), éste se adhería al cuerpo del astronauta y con la ayuda de un protector de látex para los dedos, la excreción se separaba manualmente. Las bacterias contenidas se neutralizaban con un potente bactericida. Finalmente, la bolsa se enrollaba, sellaba y se colocaba dentro

⁸⁴ Brovan, J. (2007). *Waste Collector System Technology Comparisons for Constellation Applications* (1st ed., pp. 1- 4). Texas: Johnson Space Center. Obtenido 01, 2017, de <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20070016696.pdf>

⁸⁵ NASA,. (2002). *HSF - The Shuttle. Spaceflight.nasa.gov*. Obtenido 01, 2017, de <https://spaceflight.nasa.gov/shuttle/reference/shutref/orbiter/eclss/wcs.html>

⁸⁶ Sauer, R. & Jorgensen, G. *Waste management system: Apollo. History.nasa.gov*. Obtenido 01, 2017, de <https://history.nasa.gov/SP-368/s6ch2.htm>

⁸⁷ Brovan, J. Op. Cit. P 2

⁸⁸ Sauer, R. & Jorgensen G. Op. Cit. P. 2

⁸⁹ Brovan, J. Op. Cit. P 2

⁹⁰ Sauer, R. & Jorgensen G. Op. Cit. P. 4

de una segunda bolsa. Según varios tripulantes este sistema de recolección fecal fue descrito como “muy desagradable”, inclusive algunos comentaban que la experiencia era tan incómoda que se preferían las contramedidas previas al vuelo para minimizar o detener la deyección durante la misión. Sin embargo, a la fecha, se siguen enviando estas bolsas como dispositivos de emergencia.

Durante los siguientes años, en la era de los transbordadores espaciales, se innovó en el sistema de recolección de desechos. Se incluyó el mecanismo de colección urinaria y fecal para mujeres y hombres.⁹¹ Ahora este sistema estaba alojado en una de las paredes de la nave, no obstante, al final de cada misión debía ser desmontado para su limpieza y desinfección. En cuanto a la eliminación urinaria, esta era arrastrada por el flujo de aire en un embudo. Este aire se redirigía a un filtro de olores y bacterias y a través de un filtro de membrana era devuelto a la cabina. El desecho de la micción era llevado a un tanque de residuos para su ventilación y deshecho. Por otro lado, los desperdicios fecales, mediante el flujo de aire, eran arrastrados debajo del asiento y confinados en un tanque, el cual se sellaba y se exponía al vacío para deshidratar las heces y controlar el olor. Este sistema utilizaba controles manuales como válvulas debajo del asiento para sellar el tanque. El gran inconveniente de esta estructura era la dificultad para situarse sobre el orificio del baño, lo que podía ocasionar condiciones poco higiénicas. Otra desventaja fue la recolección de las toallitas limpiadoras, pues se juntaban en bolsas de basura que se convertían en un foco infeccioso.

Actualmente la unidad de recolección de desechos mantiene un diseño similar al que se utilizó en la era de los transbordadores. El arrastre de los residuos tiene ligeras diferencias. Se conserva el concepto de vacío para la recolección de heces y orina, el cual proporciona un flujo de aire más consistente y disminuye la potencia eléctrica. La recopilación de orina se lleva a cabo con un medio de succión⁹², regulado por una válvula, y esta es reciclada en un procesador de orina (*Urine processing Assembly*) para que más adelante se convierta en agua potable⁹³ (Véase anexo 13). En cuanto a la recolección fecal, funciona con el mismo principio de succión. Se logró la implementación de asientos contorneados que brindan mayor ergonomía entre el cuerpo del astronauta y el mecanismo de recolección. El avance en el procesamiento y eliminación de los desechos metabólicos, se traduce en un mayor estado de bienestar y sanidad dentro de las naves espaciales. Estos mecanismos han sido actores principales en el proceso para el perfeccionamiento de los sistemas ambientales de soporte vital en el espacio.

⁹¹ Brovan, J. Op. Cit. P 3-4

⁹² Ibid. P. 4-6

⁹³ Holder, D. & Hutchens, C. (2003). *Development Status of the International Space Station Urine Processor Assembly* (1st ed., pp. 1-4). Alabama, Estados Unidos de América: Marshall Space Flight Center. Obtenido 01, 2017, de <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20030066933.pdf>

c. Cuidados de enfermería en la necesidad de eliminación.

i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al viaje espacial

La valoración de enfermería, desde el enfoque humanístico que lo caracteriza, considera las capacidades y afecciones individuales de la persona, para así, lograr la satisfacción de las necesidades humanas. Previo al viaje espacial, la evaluación del astronauta se encaminaría al reconocimiento de afecciones que le pudieran incapacitar, así mismo, la realización de intervenciones para el cuidado de la salud para asegurar el cumplimiento de la misión. Se propone la realización de la valoración de enfermería acorde a las vías de eliminación del tripulante: urinaria, por deyección, menstruación y pérdidas insensibles. A continuación, revisaremos cada una de ellas.

El sistema genitourinario está compuesto por un conjunto de órganos cuya funcionalidad varía con respecto a la actividad vascular, hormonal, barométrica y traumática, mismas que influyen en el mecanismo general del cuerpo. Este complejo aparato está encargado de la regulación hídrica y electrolítica del ser humano, por eso es tan importante el cumplimiento de esta necesidad en el astronauta. Este sistema puede presentar una diversa gama de patologías que deben ser valoradas previo al vuelo espacial, por lo que se propone la colaboración activa del profesional de enfermería.

La primera fase de la valoración; la recogida de datos, debería incluir una entrevista focalizada que reúna datos sobre los padecimientos renales y/o genitourinarios más comunes, y que pudieran resultar incapacitantes para la misión, tomando en cuenta si estas enfermedades pueden, o no, interferir con el cumplimiento de sus ocupaciones espaciales. En caso de sufrir secuelas patológicas o quirúrgicas en riñones o en vías genitourinarias, los viajeros podrían ser considerados como no aptos para la misión, siempre y cuando sea probable que esto interfiera con las actividades a bordo de la nave⁹⁴. Por otra parte, a partir del criterio y juicio clínico del personal de salud, se debe prestar atención a las enfermedades urológicas y genitourinarias recientes, pues estos parámetros solamente considerarían al astronauta con una disminución en la aptitud física, esto hasta que el individuo logre sanar.

Continuando con la recogida de datos, también se contempla incluir pruebas de laboratorio complementarias para la evaluación inicial. Se distinguen los siguientes estudios: el Examen General de Orina (EGO), del cual se analizan diversos elementos: la apariencia; el examen químico que incluye: Potencial de Hidrógeno (PH), densidad, proteínas, glucosa, cetonas, hematuria, bilirrubina, urobilinógeno, leucocituria y nitritos; el reconocimiento macroscópico de glóbulos rojos, piocitos,

⁹⁴ Organización de aviación civil internacional, (2012). *Manual de medicina aeronáutica civil* (3rd ed., pp. 267). Canada: Organización de aviación civil internacional.

leucocitos, células tubulares, células escamosas, bacterias, cristales y otros elementos. Dentro de estos elementos macroscópicos, se destaca la presencia de proteína en la orina (proteinuria)⁹⁵ pues esta revelaría una enfermedad renal, aunque en algunas ocasiones puede ser una manifestación secundaria a una sobrecarga renal de las proteínas filtradas lo que ocasiona una incapacitación de la reabsorción tubular.

A partir de la valoración inicial, se obtendrían elementos para confirmar posibles patologías latentes. A continuación, se presentan brevemente los padecimientos genitoruinarios más frecuentes que pudieran impedir que el astronauta sea considerado apto para la navegación espacial:

La enfermedad genitourinaria más común es la litiasis renal⁹⁶ cuya incidencia poblacional va de los 30- 50 años⁹⁷. Estos surgen en cualquier punto a lo largo del tracto urinario. Normalmente un cálculo pequeño y redondeado podría ser eliminado sin causar mayor relevancia, sin embargo, el tránsito de un lito mayor de 5mm resulta evidentemente peligroso para el astronauta pues la sintomatología (dolor agudo, náuseas, diaforesis, irritación e inflamación del tracto urinario) puede ocasionar una intervención quirúrgica de urgencia que evidentemente es improbable realizar en microgravedad. Durante la evaluación se prestaría atención a la sintomatología: dolor incapacitante en el costado del abdomen, en los testículos y en la ingle; movimiento hiperperistáltico agudo por la obstrucción del uréter; espasmos de los músculos lisos del uréter y distensión abdominal. Algunas veces el dolor se puede confundir con apendicitis o diverticulitis, sin embargo, el profesional de enfermería puede discernir de estos diagnósticos a través del criterio clínico. Para descartar este padecimiento se complementarían los datos obtenidos al realizar un examen urológico a profundidad pues la evaluación de aptitud depende de las diversas manifestaciones sintomatológicas y, por lo tanto, disminuir la posibilidad para llevar a cabo la misión espacial.

Otra enfermedad común es la hematuria macroscópica de etiología urológica⁹⁸. Tiene prevalencia entre los adultos jóvenes varones. La presencia de restos sanguíneos usualmente proviene de la uretra o de la próstata y se considera predecesor de lesiones recientes. Habitualmente puede ser valorable y diagnóstica a través de la inspección del EGO, pero para confirmar esta afección es necesario una valoración del árbol urinario alto y bajo que se realiza mediante estudios radiográficos como medios de contraste, urografía intravenosa, ultrasonografía, tomografía

⁹⁵ Lyudmila, P. (2013). Detection of Renal and Urinary Tract Proteins Before and After Spaceflight. *Aviation, Space, And Environmental Medicine*, 84(8), 859- 863.

⁹⁶ Organización de aviación civil internacional. Op Cit. 268- 271

⁹⁷ Harm, D., Jennings, R., & Meck, J. (2001). Genome and Hormones: Gender Differences in Physiology Invited Review: Gender issues related to spaceflight: a NASA perspective. *Journal Of Applied Physiology*, 91(5), 2377- 2378. <http://dx.doi.org/2374-2383>

⁹⁸ Ibid. P. 271- 272

computarizada o resonancia magnética. Aunque a simple vista la hematuria no presenta una dificultad para la navegación aeroespacial, es necesario considerar que puede desencadenar otras enfermedades subyacentes, por lo que es necesario propiciar un examen a profundidad para determinar la posibilidad del astronauta para la misión.

Otra patología usual del tracto genitourinario es la infección de vías urinarias (IVU).⁹⁹ Según su clasificación (complicadas o no complicadas) para un diagnóstico certero se procedería a realizar un examen urológico que facilite la detección etiológica. Dependiendo la ubicación, tiempo de contagio y bacteria, esta infección puede provocar la inhabilitación del viajero espacial pues es posible que logre desencadenar una obstrucción urinaria que necesite intervención de urgencia. En caso que el astronauta presente alguna infección aguda durante una fecha cercana al despegue, necesitará un tratamiento prolongado e inhibitor. En mayor o menor grado, una infección urinaria, podría contaminar la orina reciclada y filtrada en los sistemas de reciclaje, a pesar de las diversas membranas de filtrado, por esto se considera una enfermedad incapacitante para el vuelo.

En la tripulación masculina, otra patología que causa inhabilitación para la misión espacial, es la presencia de alteraciones dermatológicas, endocrinopatías, infecciones, problemas vasculares y/o neoplasias en el escroto u órganos ahí contenidos¹⁰⁰. Para la evaluación se requiere la aplicación del método clínico. Si durante la inspección se percibiera una posición elevada del teste en el hemiescroto se puede sospechar de torsión o neoplasia maligna, este se complementaría con la palpación de masas. Toda masa extratesticular puede considerarse benigna, siempre y cuando sea demostrable con pruebas de exploración. Continuando con las técnicas de palpación, sería necesario percibir que las estructuras sean firmes, ovaladas y con consistencia “gomosa”. Si durante la palpación se aplica una presión suave con el dedo índice que provoque invaginación del escroto anterior al testículo y del cordón espermático hasta el anillo inguinal interno, es factible detectar hernias escrotales. Por otra parte, la torsión testicular aparece como un retorcimiento de los testes sobre el cordón espermático los que conlleva al infarto testicular, esta urgencia requiere una evaluación urológica inmediata cuyos datos característicos son la inflamación aguda, dolor repentino y elevación del teste dentro del hemiescroto. Estas enfermedades escrotales, dada la sintomatología y la urgencia, impiden las funciones aeroespaciales y pueden ocasionar incapacidad aguda durante la misión, lo que se traduce en la alteración de otras necesidades.

En cuanto a la deyección de los desechos de la digestión, la valoración semiológica compone el eslabón esencial para determinar la aptitud del astronauta. Inicialmente se llevaría a cabo la anamnesis, en la cual se deben considerar las condiciones

⁹⁹ Organización de aviación civil internacional Op. Cit 274- 275

¹⁰⁰ Ibid. P. 275

mínimas de capacidad física que atañen a la eliminación fecal. Es necesario que la historia clínica sea dirigida a la presencia de anormalidades o discapacidades del tracto digestivo, pues esto le hace susceptible a presentar alguna deficiencia funcional que le impida la operación segura de la misión espacial y por lo tanto interfiere con el desempeño de sus funciones.

Por consideración general, se establece que los astronautas que presentan disfunciones del tracto gastrointestinal como hernias, secuelas de enfermedades y/o intervenciones quirúrgicas previas, serán considerados como incapaces de realizar el viaje espacial. Se tiene en cuenta que todo padecimiento que ocasione dolor abdominal agudo en el desempeño de funciones aeroespaciales, será considerado como una disminución de la aptitud psicofísica. La valoración gastrointestinal debe estar enfocada a las patologías más comunes: gastritis, úlcera péptica, reflujo gastroesofágico, pancreatitis, síndrome de colon irritable, colitis y hernias.

Para realizar la evaluación abdominal por método clínico, se requiere que, idealmente, la persona esté en decúbito supino. Iniciando con la inspección, se exploraría el abdomen, tomando en cuenta la forma, simetría, volumen, movimientos inspiratorios y espiratorios, condición general de la piel, hidratación y tumefacciones. Durante la auscultación abdominal, se pondría atención en la detección de los ruidos peristálticos normales. Este ruido intestinal es grave, arrítmico, crepitante, con una intensidad variable y sin relación con la frecuencia respiratoria. Es necesario prestar atención a esto pues durante el viaje espacial hay riesgo de presentar estreñimiento o diarrea. Al llevar a cabo la palpación se prestaría singular atención al reflejo doloroso agudo, apreciación de masas anormales, inflamación, signo de rebote, signo de Murphy, palpación del hígado, bazo, riñones, colon, vejiga, páncreas, etc.¹⁰¹

Las alteraciones en los procesos de eliminación menstrual en un entorno de microgravedad, se mantuvieron como un enigma en los inicios de la navegación aeroespacial. En las primeras misiones al espacio, donde la tripulación estaba compuesta por hombres y mujeres, no era necesario incluir sistemas de recolección menstrual pues se optaba por la medicación con anticonceptivos que retrasaban el ciclo ovulatorio de las tripulantes. Esto era posible y benéfico porque los viajes duraban un corto tiempo, sin embargo, con la estancia prolongada fue necesario implementar medios de eliminación de desechos. Actualmente, a partir de las investigaciones científicas, se conoce más sobre estas reacciones.

Para realizar la valoración de la eliminación menstrual es necesario estar familiarizado con las características propias, tomando en cuenta factores psicológicos, socioculturales y biológicos. Actualmente se realizan evaluaciones previas al vuelo que demuestran la respuesta personal al ciclo menstrual, para así verificar la

¹⁰¹ Llanio, R. (2005). *Propedéutica clínica y semiología médica* (1st ed.). Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas.

utilización de antiinflamatorios no esteroideos (AINES) que disminuyan el dolor premenstrual. Esta valoración se realiza meses antes del vuelo para conocer si el dolor causa trastornos incapacitantes o la sospecha de una patología subyacente. En el otro extremo, también se realizan evaluaciones para la utilización de anticonceptivos orales, los cuales son permitidos en la navegación espacial.

Algunas afecciones típicas en las tripulantes son: dismenorrea que puede ocasionar desde incomodidad leve hasta una dolencia abdominal intensa, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, mareo, fatiga, entre otros síntomas. En consideración con los factores particulares, estos síntomas comienzan 24- 48 horas previos a la menstruación, sin embargo, esto no presenta ningún riesgo que comprometa la misión espacial. Otra afección es el síndrome de tensión premenstrual que produce síntomas psíquicos como cambios de humor, ansiedad y depresión y cambios físicos que incluyen hinchazón, cefalea y dificultad en la coordinación. Esto tampoco amerita la incapacitación de la astronauta.¹⁰²

Finalmente, se revisan las pérdidas insensibles del astronauta. Esta forma circunstancial de eliminación hídrica, es una pérdida difícil de cuantificar y habitualmente pasa de forma inadvertida. Previo al vuelo la valoración debe ser orientada a los medios de eliminación de agua y electrolitos, es decir, a través de la exhalación y la piel. Su funcionamiento se puede poner a prueba mediante exámenes que alteren, de manera controlada, la temperatura corporal. Esto incluye ejercicios, exposición a frío y calor para conocer la resistencia, simulación de un ambiente espacial utilizando cabinas especiales, entre otros. El cálculo en Tierra de esta vía de eliminación puede ser a través de las siguientes fórmulas:

Normotérmico:

(Peso (kg) x 0.5) (no. Horas valorado)

Febrícula:

(Peso (kg) x 0.75) (no. Horas valorado)

Fiebre:

(Peso (kg) x 1.0) (no. Horas valorado)

Es imprescindible que se tome en cuenta diversos factores individuales que podrían alterar este valor, como la tasa metabólica, la capacidad personal de respuesta a la termorregulación y el estado hídrico y nutricional.

Resulta necesaria la valoración de enfermería para preservar la capacidad normal de eliminación orgánica, lo que se traduce en un cumplimiento exitoso de la encomienda

¹⁰² Organización de aviación civil internacional, (2012). *Manual de medicina aeronáutica civil* (3rd ed., pp. 291). Canada: Organización de aviación civil internacional.

espacial. El criterio clínico del profesional en salud, determinaría la posibilidad de que el tripulante continúe con la misión espacial.

Por lo antes expuesto, el establecimiento de diagnósticos de enfermería previos a la navegación aeroespacial, estaría encaminado a la capacitancia para realizar el viaje. Si, el tripulante llegase a padecer alguna de las enfermedades antes vistas, los cuidados y autocuidados en conjunto favorecerán a la disposición para mejorar la gestión de la propia salud manifestado por el manejo de la enfermedad y la elección apropiada para satisfacer los tratamientos prescritos. Esto conlleva un patrón en la integración habitual para adoptar un régimen terapéutico para el tratamiento de cualquiera de las enfermedades relacionadas con la eliminación y así alcanzar los objetivos de mejoramiento de la salud y su reforzamiento. Además, hay que mencionar que es posible que el astronauta presente un riesgo de síndrome de estrés del traslado relacionado con el deterioro del estado de salud gastrointestinal o genitourinaria causado por el viaje al espacio. Esto sucede ocasionalmente cuando hay peligro de sufrir un trastorno fisiológico y/o psicológico debido al cambio de condiciones durante la misión.

La participación asistencial y de compañía que debe poner en marcha el profesional de enfermería como coadyuvante del mejoramiento de la salud del astronauta, debiese estar encaminada a brindar educación para la salud desarrollando y proporcionando instrucción terapéutica que facilite la adaptación de conductas que consigan mejorar la salud del individuo. Para auxiliarse puede resultar inminente que se identifiquen factores internos y externos que logren mejorar la autodisposición para una actuación saludable. Por lo que se refiere a la tensión ocasionada por el traslado, la mejor participación de enfermería, se orientaría a brindar ayuda al individuo para su preparación y afrontamiento del traslado a un ambiente de microgravedad, logrando así controlar signos y síntomas fisiológicos y psicológicos generados previo al viaje.

Para conocer el grado de cumplimiento de las intervenciones realizadas, algunos indicadores facilitan la evaluación de los resultados. Con respecto al acompañamiento en la mejora de la propia salud, el astronauta podría demostrar acciones personales para seguir la terapéutica y mejorar la condición de salud específica, como analizar y realizar el tratamiento prescrito por el profesional sanitario. En relación con la intervención al síndrome de traslado, un indicativo veraz, sería la respuesta conductual adaptativa del viajero, mismo que reconoce las condiciones y cambios de entorno a los que deberá acostumbrarse.

La atención de enfermería previa al vuelo es adecuadamente compatible con los planes de cuidado y atención que pueden lograr mejorar el afrontamiento del astronauta ante los cambios anatómicos y fisiológicos a los que se enfrentará.

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.

Como se ha visto en apartados anteriores, la disminución de la fuerza gravitacional en el espacio, misma a la que el astronauta no está completamente aclimatado, ocasiona diversas alteraciones anatómicas. En consonancia con esto, la fisiología que interviene en la necesidad de eliminación también sufre cambios que pueden comprometer la misión. Es por esto que se propone que la valoración de enfermería se añada a los cuidados integrales del astronauta a bordo de la nave, y se sugiere dar seguimiento a la evaluación de las 4 vías principales de eliminación, mismas que se detallaran a continuación.

A bordo de la nave espacial, la nutrición de los tripulantes es esencial para compensar las deficiencias anatómicas y metabólicas que se presentan a lo largo el viaje. Uno de los requerimientos nutritivos es la compensación de electrolitos, que, en distinta medida, controlan las modificaciones fisiológicas del astronauta. En el caso específico del calcio, este participa en la formación estructural de dientes y huesos, sin embargo, durante la misión hay diversos cambios en los parámetros normales. El calcio en el organismo se regula principalmente por la absorción en el intestino, la absorción en el riñón y la entrada y salida a través de los huesos. Estos procesos se ven influenciados por hormonas reguladoras y vitamina D. Ahora bien, la deficiencia de esta vitamina, la pérdida en la densidad mineral ósea y los mecanismos reguladores alteran los niveles de calcio, y al ser filtrado y eliminado por vía renal, desencadena uno de los principales trastornos en la eliminación urinaria: cálculos renales.

Un alto porcentaje de los cálculos renales está formado por depósitos de calcio, no obstante, otros factores como la alcalinidad en la orina, la visible reducción del volumen urinario, la concentración de otros elementos como magnesio, potasio y fósforo y las concentraciones de compuestos orgánicos como ácido úrico, citrato y oxalato, son causas para que los cálculos renales se conformen con mayor facilidad.¹⁰³ Aunque la probabilidad de formación de cálculos durante una misión espacial tiene un porcentaje medio, si esta llegase a presentarse y, por lo tanto, obstruir el tracto urinario, se puede desencadenar dolor agudo y predisponer a una infección urinaria que resulta incapacitante y catastrófica para la función del astronauta y peligroso para la misión. Para valorar probables deterioros en la eliminación urinaria, se propone la incorporación presencial del profesional de enfermería a bordo de la nave, o en su defecto con ayuda de la atención médica a distancia, quien conoce la sintomatología común de una nefrolitiasis: dolor severo o leve que obedece la localización del lito, si éste obstruye el flujo de la orina o si se mueve a través del uréter determinará si el dolor es localizable en la espalda, en el

¹⁰³ Grases, F., Conte, A., & Costa, A. (1997). Análisis y estudio de los cálculos renales. *Urol. Integr. Invest.*, 2, 477- 478. Obtenido 02, 2017, de <http://ibdigital.uib.es/greenstone/collect/laboratoriLitiasiRenal/archives/D101.dir/101.pdf>

abdomen o en la ingle; náuseas y vómitos; poliaquiuria y hematuria. Siguiendo la aplicación del método clínico, durante la palpación se podría encontrar abdomen globoso e inflamado y ante la percusión, presencia de dolor abdominal. Para acompañar el análisis clínico, ciertos estudios como ultrasonido o rayos X, pueden confirmar la existencia de cálculos. Si este lito renal no se trata a tiempo podría evolucionar a una infección renal por obstrucción. Dentro de los problemas sanitarios con mayor incidencia durante el vuelo espacial, la infección de tracto genitourinario está entre los primeros 15 más comunes.

Referente a las alteraciones en la eliminación fecal, la disminución de la gravedad altera la anatomía y fisiología gastrointestinal, así, por mencionar un ejemplo, la remodelación del tórax, sumado a la elevación del diafragma, provoca que las vísceras sufran un desplazamiento de 5 cm en dirección cefálica¹⁰⁴. Aunado a esto, hay cambios en la actividad enzimática, la integridad de la mucosa intestinal y la microflora del colon. Indiscutiblemente, un entorno con gravedad disminuida altera la homeostasis intestinal. Actualmente diversos estudios investigan como la microgravedad influye en la funcionalidad de enzimas involucradas con la digestión y absorción a lo largo del conducto gastrointestinal. Algunos astronautas refieren que la adaptación digestiva es lenta pues toma algún tiempo para sentir hambre. En repetidas ocasiones, los tripulantes conciben una sensación de tener la comida “flotando” en el estómago por lo que no hay percepción de “estómago vacío”, esto sucede hasta que la musculatura gástrica se adapta a empujar la comida hacia el intestino delgado. Así mismo, los intestinos tardan algunas semanas para que logren “empujar” los desechos a través (cabe resaltar que ahora nada empuja hacia abajo sino a través) del colon. La velocidad de adaptación depende del estado físico y biológico de cada tripulante, sin embargo, es común que los astronautas presenten disminución de la motilidad gastrointestinal, aunque en el otro extremo, también es factible que presenten diarrea. Por lo tanto, la valoración estaría encaminada a estos padecimientos: comenzando con la anamnesis para saber si hay dolor (y su ubicación), las características esenciales de las deyecciones como color, olor, frecuencia y forma; determinar factores individuales como edad, dieta a bordo de la nave espacial, ingesta de líquidos, actividades, hábitos personales, etc.; En la aplicación del método clínico se inicia con la inspección, corroborando el volumen y distensión abdominal, el relieve, la integridad de la piel, el patrón respiratorio y presencia de masas anormales y facies de dolor. Siguiendo con la valoración, la auscultación es un determinante para detectar afecciones del sistema gastrointestinal, para esto se requiere escuchar los ruidos peristálticos: el tono y frecuencia. Si los ruidos son hipoactivos o ausentes probablemente hablemos de una alteración de la motilidad disminuida, por otro lado, si hay hiperperistaltismo podemos hablar de probable diarrea. En cuanto a la percusión, se aconsejaría realizarla con el método digito- digital. Los sonidos con matidez indicaran la presencia de masas, órganos abdominales sólidos y/o inadecuado vaciado intestinal. Finalmente, en la palpación

¹⁰⁴ Iglesias, R. (2012). *Cardiología aeroespacial* (1st ed., pp. 157- 163). México: Limusa.

se consigue percibir diversas sensaciones al evaluar el abdomen. Para completar la valoración fisiológica, se sugiere realizar otros estudios como el cálculo del tiempo de tránsito intestinal, la manometría anorrectal, electromiografía del suelo pélvico y defecografía.

A través de la historia de la navegación aeroespacial, los estudios de la fisiología de los astronautas en un entorno de microgravedad han estado enfocados en los cambios adaptativos de los viajeros. Sin embargo, pocas investigaciones han sido encaminados a analizar las diferencias correspondientes al género. Si bien una de las razones es que el número de tripulantes enviados al espacio ha sido predominantemente del género masculino, esto cual imposibilita la obtención estadística de datos válidos sobre las afecciones en las mujeres astronautas. Sumado a esto, hay ciertas diferencias personales en las respuestas fisiológicas, las cuales suelen ser, en mayor o menor medida, muy relevantes por las características individuales. En consecuencia, el estudio del cumplimiento de la eliminación menstrual ha sido poco indagado durante los viajes espaciales. Los avances en los efectos durante los procesos ginecológicos y reproductivos en el vuelo espacial, han sido mejor profundizados con experimentaciones en mamíferos, específicamente con ratas. No obstante, las vivencias individuales de las astronautas, permiten conocer más sobre esta vía de eliminación.

Durante el vuelo espacial, no hay reglas que sugieran o prohíban suprimir el ciclo menstrual. Las agencias espaciales internacionales no recomiendan ni proponen algún medio para controlarlo; cada astronauta elige libremente el método que quiera seguir, es decir, supresión menstrual o continuar con su periodo durante la estancia espacial. La consideración práctica y habitual es la supresión farmacológica con anticonceptivos hormonales, por lo tanto, la valoración de enfermería estaría encaminada a la corroboración en la administración de las píldoras anticonceptivas. Para esto se requeriría que el profesional de enfermería evalúe los factores fisiológicos durante el vuelo, el mecanismo de acción farmacológico y algunas variables individuales que puedan alterar el efecto que se espera del medicamento. Esto se conseguiría aplicando la anamnesis directa en la tripulante, al mismo tiempo que se corroboran los datos necesarios para la ministración del fármaco, por lo que se propone llevar a cabo “5 correctos espaciales”: rectificación de la píldora correcta, dosis correcta, vía correcta, hora correcta, astronauta correcto. En caso contrario, que la astronauta quisiese continuar con el ciclo menstrual regular, existen productos sanitarios a bordo de la nave y las respuestas fisiológicas al dolor, podrían ser controladas con AINES. Esta valoración de enfermería se avocaría a la anamnesis personalizada de signos y síntomas “habituales” que pudiera presentar en Tierra. Durante una misión espacial en la ISS, Samantha Cristoforetti comentó: “Personalmente no me gustaría cambiar, por ejemplo, tener que afeitarme la cara cada mañana en la ingravidez” haciendo alusión al rechazo que hizo sobre el control de la menstruación con métodos hormonales.

La eliminación por pérdidas insensibles está íntimamente relacionada con el equilibrio térmico entre el tripulante y la nave espacial. Para conocer más sobre como los medios térmicos en el espacio afectan la eliminación por pérdidas sensibles, consulte el apartado “Cuidados médicos de enfermería en relación a la necesidad de termorregulación a bordo de la nave espacial”.

Continuando con la propuesta para la atención de cuidados de enfermería, basado en las probables afecciones de eliminación durante el vuelo espacial, es importante el establecimiento de diagnósticos que den paso al cumplimiento de las necesidades alteradas. Iniciando con la eliminación urinaria, específicamente con la probabilidad de sufrir un proceso infeccioso bacteriano, se podría hablar de un riesgo de infección relacionado con el descenso inmunitario y principalmente por obstrucción del tracto genitourinario. Esta oclusión conllevaría a un deterioro de la eliminación urinaria ocasionado por obstrucción anatómica que tendría manifestaciones de disuria. En cuanto a la diagnosis de la alteración fecal, con respecto a la disminución de la frecuencia normal de la defecación, el astronauta presentaría estreñimiento relacionado con la disminución de la motilidad del tracto gastrointestinal manifestado por cambios en el patrón intestinal y disminución de la frecuencia de defecación. En el otro extremo, padecería diarrea ocasionado por malabsorción manifestado por sonidos intestinales hiperactivos y deposiciones continuas. Las astronautas que eligen la terapia farmacológica que suprime el ciclo menstrual, optarían por un patrón de realización de actividades personales que ayuden a alcanzar los objetivos relacionados con la salud, es decir, mantendrían la disposición para mejorar el autocuidado a bordo de la nave manifestado verbalmente por deseos de mantener el autocuidado y la salud personal.

Los cuidados de enfermería a través de una serie de intervenciones apropiadas ayudarían a contrarrestar el incumplimiento de la necesidad de eliminación urinaria, por lo que se estructuraría un plan de intervenciones que incluya la prevención y detección precoz de infecciones en astronautas con riesgo de un proceso infeccioso, esto se obtendría a través de la observación de signos y síntomas que puedan desencadenar una infección en vías urinarias. Con respecto a la disfunción urinaria, la participación de enfermería estaría dirigida al manejo de la eliminación enseñando al paciente a identificar los signos y síntomas de infección del tracto urinario y el proceso que le conlleva.

Mientras tanto, la actuación sanitaria en la disminución de la frecuencia normal de deyecciones, se encaminaría a la instauración y mantenimiento de un patrón regular de evacuación fecal a través del control intestinal monitorizando los ruidos peristálticos y las defecaciones, incluyendo la frecuencia de estas. En cuanto a la eliminación fecal continua, es necesario establecer un tratamiento para el manejo de las deyecciones mediante la monitorización de signos y síntomas de diarrea y optando por técnicas de adaptación que mitiguen estos episodios.

Finalmente, el apoyo en las intervenciones para el mejoramiento de la disposición de autocuidado, apuntaría al incremento de la realización de actividades que ayuden al astronauta a alcanzar los objetivos relacionados con la salud, alentando la independencia y capacidad personal del paciente para que ejerzan los autocuidados independientes.

Una vez que se llevasen a cabo las intervenciones propuestas, la evaluación del mejoramiento de la necesidad sería cuantificable con el control y medición del riesgo, es decir, aquellas acciones personales que disminuyan y/o eliminen las amenazas para la salud. Con respecto al déficit urinario, un indicador de cumplimiento sería el patrón de eliminación que disminuya de gravemente comprometido a no comprometido. Hablando del estreñimiento la evaluación se encaminaría a disminuir la complicación del patrón de eliminación desde grave a no complicado. Lo mismo ocurre con las deyecciones continuas pues el mejor indicador sería el control en la cantidad de las heces, donde la meta es llevarlo a un estado de bienestar. Finalmente, el autocontrol de los cuidados con respecto al control farmacológico, se evaluaría a partir del mejoramiento en las acciones personales para la gestión de medicamentos, el seguimiento en el tratamiento y la prevención de complicaciones.

El plan de cuidados que puede brindar el profesional de enfermería durante el vuelo espacial, es pertinente para la atención requerida, misma que mejora el cumplimiento de la necesidad de eliminación mientras cursa la misión.

iii. Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.

La readaptación anatómica y fisiológica del astronauta posterior al vuelo espacial, requiere la misma atención que las etapas antes revisadas. Es en este punto donde se debe realizar una recogida de datos de los cambios que se sufrieron a lo largo del viaje espacial, con la finalidad de conocer la capacidad de aclimatación a ambientes de microgravedad. Para entender estos cambios es necesario que el equipo de salud que llevó el seguimiento, sea el mismo que finalice esta evaluación. Para el cumplimiento de la necesidad de eliminación esto debería ser valorado e interpretado desde la perspectiva de enfermería.

La agencia espacial rusa ha realizado diversos estudios sobre la detección de desechos proteicos en la orina de los cosmonautas que regresan de una misión espacial. Como es bien sabido, los residuos proteicos provienen de la descomposición normal de los tejidos activos como los músculos o huesos. Por otro lado, el ser humano necesita alimentación para obtener energía y auto regular sus procesos metabólicos. Cuando el cuerpo toma lo necesario de los alimentos, el resto lo desecha por la sangre, ésta se filtra en los riñones y los residuos obtenidos se eliminan por la orina. Ésta micción se estudia para realizar un análisis de proteomas que permite evaluar la composición total de proteína en orina. Lo que se ha visto durante varias

misiones a la estación espacial internacional es el elevado número de residuos proteicos debido al mayor esfuerzo del ser humano por la habituación a un entorno no terrestre. En agosto del 2013 después de un estudio hecho por la agencia rusa se encontró que un 24.5% de las proteínas provenían de procesos reguladores, el 10.8% en organogénesis, 10% en respuestas reguladoras y 9.5% en interacción celular.¹⁰⁵ El incremento o descenso de los niveles de proteína tisular específica en la eliminación urinaria, reveló la complejidad del proceso de penetración de diferentes proteínas en la orina. La etiología de esto puede ser la diferencia en la expresión de proteínas en distintos tejidos que conllevan una concentración proteica distinta que es filtrada por los riñones y a su vez eliminada por la orina.

Por lo que se refiere a la necesidad de eliminación fecal después del viaje espacial, no hay gran evidencia de cambios negativos en el sistema gastrointestinal, al contrario, los tripulantes logran recuperar la masa y peso que tenían previo al vuelo. La única excepción son las náuseas cuya causa indudablemente es la readaptación terrestre. Anatómicamente hay un reacomodamiento de las vísceras y la motilidad intestinal regresa a su condición habitual. Por esto resultaría conveniente que el profesional de enfermería realice una revaloración semiológica de la condición gastrointestinal y por lo tanto de la habituación en la deyección.

Como se dijo anteriormente, las variaciones en el ciclo menstrual tienen transformaciones que dependen de la elección particular. En este sentido, las alteraciones posteriores al vuelo son mínimas y valorables como cualquier terapia farmacológica de inhibición del periodo menstrual de las astronautas. Por otro lado, se deben atender los probables efectos ocasionados por la radiación cósmica. La mayor preocupación para las y los astronautas tiene que ver con los niveles de exposición a la radiación a las que están expuestos durante un largo periodo, lo que puede representar un problema de infertilidad masculina y una disminuida probabilidad a la mujer cuya estructura ovárica es más resistente. Sin embargo, el efecto de la radiación espacial en los cromosomas de los ovocitos resulta de considerable importancia para las mujeres que desean futuros embarazos. Las astronautas están en mayor riesgo a corto plazo del daño a los gametos. Si el propósito de los viajes espaciales se sigue extendiendo hasta la colonización de otros planetas, este hecho inhabilitaría la capacidad de fecundidad y embarazo^{106 107}. El Consejo Nacional de Protección contra las radiaciones y mediciones en EEUU limita la exposición a la radiación a 500 rem (rem= unidad de medición de exposición a la

¹⁰⁵ Pastushkova, L., Kireev, K., Kononikhin, A., Tiys, E. et al. (2013). *Detection of Renal Tissue and Urinary Tract Proteins in the Human Urine after Space Flight*. *Plos ONE*, 8(8), 2-4.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0071652>

¹⁰⁶ Straume, T., Blattnig, S., & Zeitlin, C. (2010). *Radiation Hazards and the Colonization of Mars: Brain, Body, Pregnancy, In-Utero Development, Cardio, Cancer, Degeneration*. *Journalofcosmology.com*. Obtenido 01, 2017, de <http://journalofcosmology.com/Mars124.html>

¹⁰⁷ Ronca, A., Baker, E., Bavendam, T., & Beck, K. et al. (2014). *Effects of Sex and Gender on Adaptations to Space: Reproductive Health*. *Journal Of Women's Health*, 23(11), 967-974.
<http://dx.doi.org/10.1089/jwh.2014.4915>

radiación) durante el embarazo, es decir, alrededor de 50 rem al mes. Durante una misión en la ISS la exposición a la radiación, aunque varía con la altitud, el ciclo solar y la localización, es muy peligrosa y durante 9 meses se podría hablar de 10 500 a 36 000 rem's. Es por esto que posterior al vuelo se realiza una evaluación de la radiación a la que se estuvo expuesto y por lo tanto de las probables afecciones en ovarios y útero.

Es pertinente que se incluya la participación de enfermería para brindar los cuidados que beneficien a los astronautas, y así, llevar a cabo el cumplimiento de la necesidad de eliminación en el espacio. Un plan de atención y cuidados complementaría las valoraciones que actualmente se llevan a cabo y coadyuvaría a la salud de los tripulantes.

VII. Descanso, sueño y microgravedad.

a. La necesidad de descanso y sueño

El sueño es considerado como un fenómeno que promueve gran fascinación en el estudio científico. El descanso físico y mental son necesidades básicas del ser humano; todos los individuos deben cubrir algunos requerimientos de tiempo y condiciones que favorezcan el cumplimiento de esta necesidad. Esto resulta importante para el óptimo funcionamiento del organismo.

Habitualmente se considera como un proceso fisiológico de vital importancia para la salud integral de los seres humanos y aunque no hay un concepto universal de sueño, se pueden definir las principales características que lo precisan; durante el sueño hay una disminución de la conciencia, es un proceso sencillamente reversible, se relaciona con la relajación y baja movilidad muscular, la respuesta ante estímulos externos esta reducida, es un ritmo circadiano y hay cambios en los procesos fisiológicos corporales.

Dentro del enfoque de las 14 necesidades propuestas por Virginia Henderson, se define al descanso y sueño como la capacidad de una persona para conseguir dormir, descansar o relajarse, después de realizar actividades cotidianas, esto asociado a la cantidad y calidad del sueño y descanso.¹⁰⁸

Hay diversos factores, interrelacionados con otras necesidades básicas, que pueden afectar el descanso y sueño, estos son: la alteración en las costumbres que afectan los patrones de sueño, falta o excesiva ingesta de alimentos, ruido, dolor, malestar, proceso patológico, entre otras. Es por esto que durante la valoración de enfermería es pertinente identificar las capacidades individuales para lograr este proceso. Un diagnóstico oportuno permite establecer intervenciones eficaces para que el individuo reestablezca la relación con su entorno y actividades. Dicha valoración debe reunir datos relevantes acerca del patrón del sueño y su cumplimiento; hábitos relacionados, cambios recientes en el patrón de sueño o recursos que utilice para inducir o facilitar el descanso.

Todos los seres humanos requieren dormir y descansar a lo largo de su vida, esto con el fin de recuperar la energía perdida durante las actividades diarias, para así mantener un equilibrio homeostático en la salud personal. Si no hubiese sueño y/o descanso, la capacidad de concentración, razonamiento y participación en actividades habituales disminuye. Para los astronautas que van al espacio, el cumplimiento de esta necesidad es imprescindible, pues las misiones implican un gasto adicional de energía.

¹⁰⁸ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 87). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

Para el cumplimiento de la misión designada a bordo de la nave espacial, es de suma importancia que las condiciones de permanencia en la nave procuren el bienestar y productividad de los tripulantes. Estas cuestiones de habitabilidad humana en el espacio incluyen consideraciones de diseño, objetivos de la misión, funciones biológicas y ergonomía adecuada. En este sentido, las áreas destinadas al sueño deben ser diseñadas para posibilitar un sueño reparador dentro de un espacio acogedor. Las largas jornadas de los tripulantes merecen una pausa en horarios suficientes para cubrir los períodos de descanso y relajación.

a. El ciclo circadiano; un sistema biológico del sueño.

El planeta Tierra sufre diversos cambios ambientales con cierta periodicidad, mismos que le caracterizan de otros entornos planetarios. Estas modificaciones cíclicas son ocasionadas por los movimientos terrestres dentro del sistema solar: la rotación y la translación. Como resultado de estos movimientos ocurridos tenemos las estaciones del año, la agronomía, la marea, usos y costumbres, los cambios climáticos, sucesos astronómicos y el día y la noche. Tomando estos dos últimos efectos como base del ciclo del sueño, es importante rescatar que el ser humano se ha adaptado a través del tiempo, para desarrollar componentes biológicos internos (“reloj circadiano”), que el hombre utiliza para anticipar los cambios periódicos producidos por los movimientos terráqueos. La evolución en los mamíferos vinculado con los cambios y adaptaciones circadianas están relacionadas por un marcapasos o reloj interno, compuesto por alrededor de 10 000 células nerviosas cuya ubicación está en los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo en el Sistema Nervioso Central (SNC)¹⁰⁹. El SNC fomenta la regularidad cíclica por medio de los nervios y la respuesta hormonal, específicamente la secreción de melatonina (MLT), hormona que ordena algunos procesos biológicos en los seres humanos como el sueño, la vigilia¹¹⁰, procesos de digestión y la actividad hormonal durante un determinado número de horas. En la Tierra, el reloj circadiano se ajusta al ciclo de 24 horas, en función de las rotaciones del planeta y, por lo tanto, del día y la noche. Los movimientos de la Tierra están registrados en el genoma de casi todos los seres vivos, esencialmente en el del ser humano. Dicho ciclo circadiano se constituye diariamente mediante señales lumínicas solares, además del entorno y la situación personal, lo cual tiene gran efecto en la calidad y cantidad de sueño.

¹⁰⁹ Castellanos, M., Rodríguez, K., & Salgado, R. (2007). Cronobiología médica. Fisiología y fisiopatología de los ritmos biológicos. *Revista De La Facultad De Medicina UNAM*, 50(6), 239. Obtenido 02, 2017, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2007/un076e.pdf>

¹¹⁰ Castellanos, M., & Escobar, C. (2016). Medicina traslacional: De la cronobiología a la cronomedicina. *Revista De La Facultad De Medicina De La UNAM*, 59(2), 18. Obtenido 01, 2017, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2016/un162c.pdf>

b. Las modificaciones del ciclo circadiano en microgravedad.

Durante todos los viajes, se asocia un estado de sueño y descanso interrumpido o inadecuado, y el vuelo espacial no es la excepción. Cuando los seres humanos viajan al espacio, es imposible que puedan suprimir un sistema de respuesta biológico, es decir, al ciclo circadiano. En la Tierra, esta periodicidad oscila, en promedio, en un horario de 24 horas y se sincroniza con el día y la noche. Sin embargo, en un ambiente espacial el ciclo luz- oscuridad natural no es de 24 horas, en cambio, actualmente en la Estación Espacial Internacional, el ciclo día- noche dura 90 minutos, relacionado con la órbita alrededor de la Tierra¹¹¹. Es por esto que durante el viaje espacial se presenta una alteración conocida como “Jetlag”¹¹² (también llamada descompensación horaria o disritmia circadiana). Para contrarrestar este periodo, dentro de las cabinas espaciales es necesario establecer programas de actividad-descanso regulados por iluminación artificial, ventanas y cortinas a bordo de la nave. Aunque este sistema es efectivo, puede no ser completamente sincronizado con el ciclo fisiológico del astronauta pues el sujeto experimenta altas cargas de trabajo, ansiedad, diversos signos y síntomas relacionados con el movimiento espacial y, en muchos de los casos, un entorno ruidoso y a menudo incómodo.¹¹³

A más de 45 años del primer vuelo espacial humano, el viaje tripulado sigue siendo una oportunidad para la investigación. Hasta hace algunas décadas aún no existían métodos ni lugares eficaces que permitieran el óptimo descanso y sueño de los tripulantes, ejemplo de esto fue a la par de los trasbordadores espaciales donde el comandante y el piloto debían dormir en sus sillas en la cubierta de vuelo y aquellos astronautas afortunados podían tener su propia cabina de sueño privado. Actualmente el producto de grandes investigaciones ha dado como resultado la implementación de cabinas individuales en las que el tripulante se duerme en un habitáculo donde cada astronauta tiene un *sleeping bag*, o saco de dormir, mismo que se une a la pared con velcro.¹¹⁴ Cada uno de los sacos de dormir contienen una almohadilla, correas ajustables para sujeción, una almohada reversible y un reposacabezas. A través de las correas ajustables, se adecua la forma deseada, también cuenta con 3 resortes helicoidales por encima de dichas correas esto para lograr aliviar la carga ejercida por el tripulante. Tiene un sistema de cremallera doble que permite abrir y cerrar el saco desde el fondo hasta la parte superior. Dicho saco está construido de material beta con control térmico (Véase anexo 14).

¹¹¹ McStatts, J. *Life in space* (1st ed., p. 9). Estados Unidos de América: Reading A- Z. Obtenido 01, 2017, de http://mls-egypt.org/mls-american/media-library/Level%20S/raz_ls37_lifeinspace_clr.pdf

¹¹² Castellanos, M., & Escobar, C. Op Cit. 17- 18

¹¹³ Dijk, D., Neri, D., Wyatt, J., Ronda, J., Riel, E., & Hughes, R. (2016). *Sleep, Circadian Rhythms, and performance during space shuttle missions* (1st ed., pp. 211- 218). Boston: NASA Ames research center. Obtenido, 12, 2016, de:

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20030068197.pdf>

¹¹⁴ McStatts, J. Op Cit. P 9

En el espacio un lapso de 24 horas se divide en 8 horas para el descanso y 16 horas para realizar actividades. Así mismo se asignan 45 minutos previos para que se preparen para este periodo y 45 después de despertar para aseo personal.

c. Cuidados de enfermería en la necesidad de descanso y sueño

i. Valoración, diagnósticos e intervenciones previos al vuelo espacial.

Como ya se ha mencionado, durante la navegación espacial, el astronauta interrumpe su reloj circadiano el cual regula los periodos de descanso y sueño. Por esto, previo al viaje se debe realizar una valoración focalizada y centrada en los antecedentes y hábitos cotidianos del descanso y sueño. Es importante tener en cuenta todos los factores interrelacionados que intervienen en el cumplimiento de esta necesidad y esto se obtendría a través de la anamnesis desde el enfoque de enfermería.

Para comenzar con la valoración al astronauta, el profesional de enfermería realizaría la entrevista previa a la misión espacial, enfatizando el estado personal del sueño y descanso, confrontando las pautas adecuadas de sueño en un individuo saludable, las pautas de sueño actual, una historia preventiva de padecimientos que alteren dicha necesidad, medicación (en caso de utilizarla), acontecimientos recientes que pudiesen influir en el cumplimiento, estado emocional y mental, rituales previos al sueño, entorno habitual, registro escrito del tiempo para dormir y conductas y actividades que realiza cuando está despierto. Una desventaja ante lo que el individuo refiere sobre el sueño, sería que los datos obtenidos son subjetivos por lo que se debería complementar con la observación de manifestaciones durante la entrevista. Algunas de las preguntas clave para la recogida de datos serían las siguientes: ¿Cuál es el patrón cotidiano de descanso? Haciendo énfasis en el tiempo de sueño, calidad del mismo, siestas, necesidad de levantarse por la noche, entre otras. Para corroborar estos datos se ayudaría del cuestionamiento ¿Resulta suficiente el patrón de descanso y sueño? Otra interrogante va relacionada con el entorno, por lo tanto, se incluirían preguntas como ¿Duerme solo?, ¿Duerme acompañado?, ¿Hay factores en el entorno que pudiesen modificar el patrón de sueño?, ¿Se despierta ante estímulos auditivos? ¿Hay algún medicamento que utilice para dormir?, por mencionar algunas. Finalmente, se orientaría la entrevista a la autopercepción y subjetividad del sueño, por ejemplo: ¿Qué sentido tiene para el sujeto el dormir? ¿Qué hace normalmente cuando necesita descansar?, ¿Cómo influyen las emociones en el patrón del sueño?, después de dormir ¿Siente que descansa?, etc. La recogida de esta información resultaría esencial para complementar la valoración de los patrones de sueño.

Aunado a la anamnesis, sería indispensable cotejar si el astronauta manifiesta alguna de las alteraciones del sueño más comunes; el insomnio y/o la narcolepsia:

El insomnio afecta a un alto porcentaje de la población adulta y se caracteriza por dificultades intermitentes para dormir, lo cual representaría un riesgo durante la misión. En la valoración semiológica del individuo, hay manifestaciones que pueden ser identificadas durante la anamnesis. Estas conductas son: el nerviosismo, tensión, preocupación, falta de concentración e incapacidad para realizar diversas tareas. Habitualmente esta disfunción del sueño puede ser causada por dolor crónico que le impide el sueño, narcolepsia, apnea del sueño y/o trastornos del movimiento. En menor proporción, la etiología de este trastorno se debe a la ingesta de alcohol y/o medicamentos que contrarresten alguna enfermedad psiquiátrica como trastornos del estado de ánimo, la psicosis y las alteraciones de ansiedad, por lo que a veces la alteración del sueño suele ser un síntoma inicial. También es factible que pueda existir insomnio sin la presencia de un trastorno psiquiátrico o por el abuso de alcohol o sustancias semejantes, y este tipo de alteración suele diagnosticarse como “insomnio no orgánico” o “insomnio primario”. La confirmación de esta alteración del descanso puede ser detectada con la perspicacia clínica del profesional de enfermería, junto con el uso de métodos complementarios que corroboren el diagnóstico de insomnio como puede ser el estudio polisomnográfico, que muestra aumento en la etapa uno del sueño y disminución de las etapas tres y cuatro. En la navegación aeroespacial, el uso de hipnóticos y el insomnio son motivo fehaciente para impedir que el astronauta viaje al espacio, esto debido al riesgo que conlleva la disminución de la respuesta funcional para concretar los objetivos de la misión¹¹⁵

Hablando ahora de la narcolepsia, este es un síndrome cuya etiología neurológica se caracteriza por periodos súbitos e irresistibles de sueño a lo largo del día¹¹⁶. Esta alteración se diagnostica cuando ocurren lapsos súbitos de somnolencia una o varias veces al día, al menos durante tres meses, siempre y cuando no sea ocasionada por disminución del sueño nocturno o por sustancias psicoactivas. Durante la valoración directa, se recogería una historia clínica de los signos representativos de la narcolepsia: ataques de cataplejía, alucinaciones hipnagógicas (antes de dormir) o hipnopompicas (al despertar), parálisis del sueño y parasomnias. Para complementar la valoración de enfermería se podría utilizar el *Test de latencias múltiples de sueño*.¹¹⁷ Los episodios de narcolepsia suelen ser cortos, alrededor de 10 a 30 minutos y con frecuencia de entre 6 y 8 periodos de sueño durante el día, debido a esto, el astronauta queda imposibilitado para realizar las actividades durante la misión y por lo tanto es motivo suficiente de descalificación para el viaje espacial.

Una vez realizada la valoración, lo oportuno sería determinar las afecciones que incapaciten al astronauta y, por lo tanto, lleven a una alteración de la necesidad. Por

¹¹⁵ Organización de aviación civil internacional, (2012). *Manual de medicina aeronáutica civil* (3rd ed., pp. 311). Canada: Organización de aviación civil internacional.

¹¹⁶ Martínez, J., Iranzo, Á., & Santamaría, J. (2002). Narcolepsia. *Medicina Clínica*, 119(19). [http://dx.doi.org/10.1016/s0025-7753\(02\)73563-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0025-7753(02)73563-x)

¹¹⁷ Jurado, B., Serrano, J., Jurado, J., & Vargas, A. *Excesiva somnolencia diurna. Valoración* (1st ed., p. 307). Sevilla: Neumosur. Obtenido 01, 2017, de <http://www.neumosur.net/files/EB04-25%20somnolencia.pdf>

lo antes expuesto, el principal diagnóstico de enfermería consiguiente de dichas afecciones sería: insomnio relacionado con factores ambientales, psicológicos y/o estrés previo a la misión y este podría ser manifestado verbalmente por datos recogidos en la anamnesis como la dificultad para conciliar el sueño y expresar tener trastornos del sueño que tienen consecuencias durante el día.

La actuación del profesional de enfermería estaría dirigida a contrarrestar esta modificación en el patrón de descanso, mediante acciones que mejoren el sueño y faciliten ciclos regulares de reposo/vigilia previa al ascenso espacial. Por lo tanto, se requiere llevar un registro del número de horas que el astronauta duerme, comprobando este patrón a través de la observación de las manifestaciones físicas y/o psicológicas que interrumpen el sueño. Es importante el rol asistencial de enfermería para ayudar a disminuir y/o eliminar las situaciones estresantes que le impiden descansar, para esto se sugiere llevar un control del estilo de vida y la modificación de horarios que contribuyan al estrés.

La evaluación de las intervenciones realizadas, revelará la efectividad de las mismas, presentando mejoría en el bienestar del individuo. Esta evaluación señalaría la eficacia con indicadores que demuestran el mejoramiento ante el trastorno de la cantidad y calidad del sueño. Las horas, el patrón, la calidad, eficiencia y hábitos del sueño serán indicativos favorables, siempre que estos se lleven desde un estado comprometido a uno no comprometido, es decir, que acrecienten el progreso personal durante la realización de las actividades de la vida diaria y se alcance la autopercepción afirmativa de las condiciones actuales de vida. Esta evaluación debe aterrizar con una perspectiva objetiva en escalas de mejoramiento, tomando en cuenta la subjetividad con la que el paciente refiere el cumplimiento de esta necesidad.

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial.

El 1961, durante las misiones soviéticas “Vostok”, específicamente en el Vostok 2, se registró el primer astronauta que durmió en un ambiente espacial. Gherman Titov quien entre la séptima y octava órbita logró conciliar un periodo de sueño. Cuando despertó, se dio cuenta que sus manos estaban flotando por la gravedad disminuida, por lo que tuvo que atarse con un cinturón. Cuando volvió a despertar transmitió un mensaje a Tierra; una vez que los brazos y piernas estaban atados correctamente, el sueño espacial era adecuado. Desde esta ocasión, las naves comenzaron a adaptarse para permitir que, durante las misiones largas, los astronautas pudiesen dormir sin ningún problema. Actualmente en la Estación Espacial Internacional (ISS), los tripulantes duermen en pequeñas cabinas privadas e insonorizadas ¹¹⁸ en las que

¹¹⁸ Keener, J., Paul, T., Eckhardt, B., & Smith, F. *Analysis and design of crew sleep station for ISS* (1st ed., pp. 2-3). Texas: NASA. Obtenido 12, 2016, de: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150020425.pdf>

cada miembro del equipo tiene una laptop y puede escuchar su propia música, de igual forma tiene una lámpara de lectura, un estante y una mesa- escritorio. También esta acondicionada con velcro en las paredes para pegar objetos personales y su propio sleeping bag.¹¹⁹ (Véase anexo 15) Otro avance es una adecuada ventila de oxigenación y eliminación del CO2 exhalado.

A bordo de la nave, en un periodo de 24 horas, se pueden apreciar ocho albas y ocho ocasos, lo cual dificulta el establecer una hora específica para dormir. Es por esto que los astronautas trabajan mediante un programa de actividades diarias. Normalmente este programa está pensado para permitir ocho horas de sueño y el resto se utiliza para actividades múltiples (actividad extravehicular, comer, higiene, recreación, proyectos personales, etc.). Al finalizar el tiempo de descanso y sueño, los tripulantes utilizan un reloj- alarma, que puede personalizarse con música. Estos despertadores han sido registrados en una “*Cronología de alarmas para despertar*” de cada misión. Un dato curioso es que la primera canción de alarma que se utilizó para despertar fue “*Hello Dolly*”, reproducida en 1965 en la misión *Mercury*.¹²⁰

A pesar de todos los avances científicos y adaptaciones espaciales, es común que ocurran diversas alteraciones dentro de la nave espacial, por ejemplo, náuseas, mareo, incomodidad, emoción, estrés, ruido, iluminación excesiva, repetidos ciclos de luz- oscuridad y por supuesto ingravidez, los cuales ocasionan que los astronautas experimenten cambios en los hábitos de sueño durante la misión. En el espacio, la tripulación usualmente sufre dificultad para cumplir la necesidad de descanso y sueño debido a diversas circunstancias, mismas que resultan en patrones de sueño inconclusos que deterioran el rendimiento cognitivo durante las horas de actividad espacial. Durante un ciclo normal de sueño diurno- nocturno, la hormona melatonina regula los periodos de sueño en el ser humano, con la peculiaridad de registrar una elevación de los niveles desde dos horas antes del descanso, esto para ayudar al cuerpo a prepararse para dormir. Estos niveles hormonales son más altos durante el sueño y bajos a lo largo del día, sin embargo, con las variaciones lumínicas en el espacio, el ciclo de melatonina pierde su ritmo normal y como resultante estos niveles son altos cuando el astronauta está despierto y bajos cuando intenta descansar. Este es el motivo principal que imposibilita el cumplimiento de la necesidad de descanso y sueño. Es por esto que una preocupación en el descanso espacial, está relacionada con la longitud de onda de la luz y la capacidad del astronauta para reajustar el reloj circadiano.

Para lograr mejorar los ciclos de sueño en el espacio, es necesario realizar valoraciones focalizadas con la intención de comprender el comportamiento circadiano y lo que sucede durante el periodo de descanso a bordo de la nave

¹¹⁹ NASA,. (2002). *HSF - The Shuttle. Spaceflight.nasa.gov*. Obtenido 01, 2017, de <https://spaceflight.nasa.gov/shuttle/reference/shutref/crew/sleep.html>

¹²⁰ Fries, C. (2015). *Chronology of wakeup calls* (1st ed., pp. 4- 88). NASA. Obtenido, 12, 2016, de: <http://www.history.nasa.gov/wakeup%20calls.pdf>

espacial. De esta manera se conocerá más sobre los procesos biológicos que intervienen en el cumplimiento de esta necesidad. Las valoraciones orientadas reúnen datos esenciales de los patrones de sueño a bordo de la nave, por lo tanto, se sugiere incluir evaluaciones a distancia desde la perspectiva de enfermería. La anamnesis serviría para conocer los hábitos del tripulante durante el ciclo vigilia- sueño y la distribución horaria en los periodos de actividad- descanso. La interrelación entre el número de horas de reposo y la repercusión en las labores diarias, permite conocer el estado de ánimo, la capacidad de concentración, el bienestar personal y la factibilidad de cumplir con la misión. Es común que los hábitos irregulares de descanso, la excesiva carga de trabajo y las variaciones horarias sean determinantes para sufrir insomnio y desencadenar trastornos del sueño.

En recientes misiones espaciales, para realizar una valoración más amplia, se utilizan *Sistemas portátiles para monitorizar el sueño en microgravedad*. Este sistema está adaptado en un chaleco ligero de tela con cables de plata y sensores introducidos en la tela, el cual implementa tecnología textil “*MagiC- Space*”¹²¹, (Véase anexo 16) que permite medir y evaluar diversos datos como frecuencia cardiaca, actividad electrocardiográfica, aceleraciones corporales, temperatura, índices de mecánica cardiaca y respiración durante el sueño. Con este sistema se pretende investigar la fisiología del sueño en microgravedad.

Otro dispositivo tecnológico de monitorización que permite ahondar más en la valoración de la necesidad de sueño y descanso, es un reloj conocido como “*Actiwatch*” (Véase anexo 17). Éste es un monitor impermeable, no invasivo, del ciclo sueño- vigilia, utilizado en la muñeca de los tripulantes. Dicho dispositivo contiene un fotodiodo sensible a la incidencia de la luz visible e infrarroja y al movimiento, logrando así vigilar la iluminación ambiental. Uniendo estas capacidades, es posible que el reloj sea utilizado para analizar los ritmos circadianos, los patrones de sueño- vigilia y la actividad a bordo de la nave. Y para no perder el funcionamiento básico, tiene la capacidad adicional de mostrar la hora y funcionar como un reloj normal.¹²²

Otro medio de autovaloración que puede brindar datos sobre los periodos de sueño y descanso es la *Psychomotor Vigilance Test* (prueba de vigilancia psicomotora),¹²³ cuya finalidad se enfoca en la obtención de información objetiva sobre los cambios neuro- comportamentales desde la propiocepción de los astronautas. Estos cambios tienen que ver con la atención vigilante, la velocidad psicomotriz, la estabilidad personal y la impulsividad durante las misiones espaciales. Este autotest es fácil de utilizar por los tripulantes a bordo de la nave porque es breve y libre de

¹²¹ Di Rienzo, M. (2016). *Wearable system for sleep monitoring in microgravity*. Nasa.gov. Obtenido, 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1279.html

¹²² McCollum, S. (2016). *Actiwatch spectrum system*. ISS science for everyone. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/858.html

¹²³ Dinges, D. *Psychomotor vigilance self test on ISS*. Obtenido, 12, 2016, de: [https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Experiment_Summary_Reaction_Self_Test\(2\).pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Experiment_Summary_Reaction_Self_Test(2).pdf)

aprendizaje previo y los resultados complementarían la valoración de enfermería. La prueba de vigilancia evalúa 5 objetivos específicos:

- 1) La fatiga del astronauta, causada por la pérdida del sueño y la interrupción circadiana durante la misión.
- 2) La fatiga del astronauta, ocasionada por la intensidad de trabajo durante el periodo de actividades a bordo de la nave.
- 3) La disminución del desempeño del astronauta, según el tiempo en la misión.
- 4) El desempeño de los astronautas, según los efectos de los medicamentos que ocasionalmente se utilizan para conciliar el sueño. Un ejemplo de estos medicamentos son *Zolpidem* o *ramelteon*.¹²⁴
- 5) La manera en como los astronautas manifiestan el rendimiento mediante una retroalimentación

Toda la información recabada beneficiaría a la valoración mediante la recopilación de datos que permiten generar un expediente clínico sobre las afecciones durante los periodos de sueño y descanso a bordo de la nave.

Generalmente la queja más común de los astronautas está centrada en un sueño subjetivamente no reparador y en un tiempo disminuido con frecuentes despertares nocturnos y/o somnolencia diurna excesiva. Debido a lo antes mencionado, los desórdenes del descanso ocasionan un trastorno del patrón del sueño relacionado con cambios constantes en la exposición a la luz y oscuridad, ruido excesivo, iluminación artificial persistente, ruido e incomodidad y esto es manifestado verbalmente como insatisfacción y cambios en el patrón normal de descanso. En algunas ocasiones la adaptabilidad de los astronautas a dormir en un ambiente de microgravedad los lleva a una privación del sueño relacionado con una asincronía circadiana constante y cambio de las etapas del sueño manifestado por fatiga durante las actividades espaciales e irritabilidad.

La participación del profesional de enfermería en el cumplimiento de esta necesidad, se caracterizará por una serie de intervenciones que disminuirían las afecciones del astronauta. Para la privación y trastornos del sueño, es adecuado que la actuación facilite ciclos regulares de sueño vigilia, a través del mejoramiento del sueño. Se requiere realizar una monitorización del patrón y número de horas de descanso- vigilia mediante la observación y registro e incluirlos en una planificación de cuidados. Acompañado del programa hecho desde la Tierra sobre el periodo actividad-descanso, se debe facilitar el mantenimiento de las rutinas habituales del astronauta a la hora de dormir y disminuir los factores estresantes que le perjudiquen durante la hora de dormir.

¹²⁴ Barger, L., Flynn-Evans, E., Kubey, A., Walsh, L., Ronda, J., & Wang, W. et al. (2014). *Prevalence of sleep deficiency and use of hypnotic drugs in astronauts before, during, and after spaceflight: an observational study*. US National Library of medicine National Institutes of Health. Obtenido, 12, 2016, de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4188436/>

La finalidad de las intervenciones propuestas es conseguir la mejora de los trastornos ocurridos a bordo de la nave espacial en relación con la necesidad de descanso y sueño. Para evaluar la efectividad de dicha actuación, un indicador es el descanso, caracterizado por un tiempo, patrón y calidad del sueño aumentado o no comprometido. Así mismo en la autopercepción del descanso físico, mental y emocional se debería notar un progreso hasta llevarlo a un estado no comprometido. Sin duda, la mejor señal de cumplimiento será la mejoría en la capacidad de realización de los objetivos destinadas a lo largo de la misión.

iii. Valoración, diagnósticos e intervenciones al regreso a la Tierra.

Una vez finalizada la misión, los miembros de la tripulación que han vuelto a la Tierra, deben poner en marcha diversos planes de rehabilitación física, muscular, nutricional, digestiva, etc. Sin embargo, en esta necesidad no resulta necesario una recuperación metodológica del sueño y descanso. A través de diversos estudios, se ha visto que el sueño mejora una vez que se ha regresado al planeta Tierra.

Para complementar las valoraciones del astronauta, se realizan evaluaciones subjetivas de la calidad del sueño y estado de alerta, mismas que se acompañan con pruebas de actigrafía y polisomnografía¹²⁵ y el uso del reloj inteligente *Actiwatch* (Véase anexo 17). A partir de los resultados se obtienen puntuaciones sobre la calidad, cantidad y estado de alerta, mostrando un significativo aumento después del vuelo espacial, en comparación con los días previos a la misión y a bordo de la nave. En promedio, la tripulación duerme 40 minutos más posterior al vuelo que durante los días de preparación previa al viaje espacial, sin embargo, esto se debe a los factores estresantes y psicológicos que disminuyen el sueño y descanso. Por otro lado, los índices subjetivos de estado de alerta también son significativamente más altos después del vuelo en comparación con los días previos. Finalmente, se ha visto que, al regreso a la rutina habitual de sueño en la Tierra, se disminuyó la utilización de medicamentos hipnóticos que favorezcan el descanso en la misión.

Por lo antes expuesto, los cuidados de enfermería al astronauta que regresa de una misión espacial, se orientarían a la monitorización continua, durante un tiempo corto, de los hábitos de restablecimiento del ciclo circadiano. Por lo que es posible dar un seguimiento mediante la valoración con escalas que midan la recuperación de la necesidad de descanso y sueño. Una escala recomendable es el *Cuestionario de Calidad de Sueño* (COS) el cual proporciona ayuda diagnóstica de cualquier trastorno de sueño remanente de la misión espacial como el insomnio o hipersomnio, todo esto según los criterios del CIE 10. Este cuestionario evalúa la satisfacción subjetiva del

¹²⁵ Evans, C. & Robinson, J. (2009). *International Space Station. Science research accomplishments during* (1st ed., pp. 151- 152). Massachusetts: NASA. Obtenido, 12, 2016. de: https://www.nasa.gov/pdf/389388main_ISS%20Science%20Report_20090030907.pdf

sueño, el insomnio e hipersomnia, además que contiene ítems extras que proporcionan información sobre el uso de ayudas que favorezcan el dormir o la presencia de fenómenos adversos durante el sueño. También se obtienen datos sobre la latencia del sueño, duración, eficiencia, disfunción diurna, y así, se proporciona información sobre la gravedad del mismo.

Con la recopilación de esta información recabada durante los tres tiempos esenciales del astronauta, el profesional de enfermería establecería el plan de cuidados individual a las posibles afecciones o mejorías de la necesidad de descanso y sueño.

VIII. El viaje espacial: cuidando la higiene e integridad cutánea.

a. Necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea

Mantener la higiene corporal es la octava necesidad propuesta en el modelo de *las 14 necesidades fundamentales*, y esta se define como el conjunto de actividades dirigidas a proporcionar el aseo del individuo mediante procesos de higiene y limpieza de la superficie del cuerpo y mucosas externas, y puede realizarse personal o asistidamente con la finalidad de conseguir un apropiado estado de salud y bienestar.

Es importante retomar dos aspectos esenciales para su cumplimiento: la higiene corporal y la integridad cutánea: En cuanto al aseo corporal corresponde a las acciones que mantengan un adecuado saneamiento de la superficie tegumentaria y mucosas, es decir, cabello, uñas, dientes, piel, entre otras. Ahora bien, por lo que se refiere a la integridad cutánea, es primordial recordar que, como primer sistema de defensa del cuerpo humano, ésta debe permanecer limpia en su totalidad manteniendo el estado general de la piel; elasticidad, temperatura, humedad, integridad, turgencia y color.¹²⁶

Las condiciones higiénicas del individuo, se consideran un signo externo del estado de salud personal. Es por esto que el cumplimiento la *necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea*, tiene beneficios como fomentar la limpieza, eliminar microorganismos, secreciones y excreciones corporales, fomentar el descanso, relajar el cansancio muscular, mejorar la autopercepción y la autoimagen, favorecer un adecuado aspecto físico, eliminar malos olores, acondicionar la piel y favorecer la circulación sanguínea.

La satisfacción de esta necesidad depende de diversos factores como la edad, alimentación e hidratación, ejercicio, estado general de salud, temperatura, la imagen corporal, factores económicos, factores socioculturales, preferencias personales, etc. De este modo, resulta evidente que el profesional de enfermería personalice las valoraciones para conocer la respuesta individual de la higiene, la capacidad para su ejecución y una valoración del estado de la piel y mucosas.

Para este capítulo enfatizaremos las acciones que lleven al cumplimiento de esta necesidad, puntualizando 4 elementos esenciales: higiene en piel, cabello, uñas y dientes.

¹²⁶ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 41). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

b. La higiene en microgravedad

Los astronautas que viajan, viven y trabajan en el espacio, aparte de enfocarse en los objetivos de la misión también deben cumplir requerimientos sanitarios de higiene personal tal y como se hace en la Tierra, es decir, lavan su cabello, cepillan sus dientes, se rasuran, cortan sus uñas y se bañan (Véase anexo 19). Sin embargo, mantenerse limpio en el espacio es más complicado pues no se cuenta con un baño como en la Tierra, es por esto que los astronautas tienen distintas medidas para la realización de estas tareas, impedidas principalmente por el entorno de microgravedad.

A bordo de la nave, cada miembro de la tripulación cuenta con un kit para la higiene, mismo que contiene distintos artículos personales que cada uno elige desde la Tierra. Usualmente estos artículos son los mismos que todos utilizamos para nuestro aseo diario, por ejemplo: el cepillo de dientes, cepillo para el cabello, rastrillo o afeitadora y cortaúñas. Un kit también está provisto de artículos esenciales para la higiene y aseo femenino. Aparte de esto, es necesario incluir productos especiales como champú sin enjuague, dos toallitas, una toalla (brindada diariamente a cada miembro de la tripulación), dispensadores de papel, entre otros. Este kit se personaliza con el nombre de cada astronauta y para su comodidad se sitúa frente al sistema de administración de residuos (“baño”) y en su parte posterior tiene una base de velcro que permite que el astronauta disponga fácilmente de él y pueda movilizarlo con comodidad en las paredes de la nave o estación espacial (Véase anexo 18).

En el espacio, la ducha ha sido distinta a lo largo de la evolución de las misiones espaciales. En los primeros vuelos de larga duración, se apostó por una ducha similar como se hace en la Tierra, sin embargo, la microgravedad imposibilita que el agua “caiga” normalmente. Debido a esto, se intentó implementar un baño en el que el astronauta estaba de pie dentro de una bolsa de tela cilíndrica y plegable, donde se arrojaba agua caliente sobre sí mismo utilizando una pistola especial. No obstante, este método no tuvo éxito porque el líquido se escapaba alrededor de la nave y el resto de la tripulación debía aspirarla para que no dañara el equipo. Actualmente no se incluye una ducha en las misiones espaciales, y probablemente así seguirán siendo a futuro. En su lugar, la tripulación realiza baños parciales de esponja utilizando agua y jabón especial que se adhieren a la piel gracias a la tensión superficial cutánea, y tiene la singularidad que no se necesita enjuagar. Finalmente, si hay un exceso de agua o jabón, lo único que se debe hacer es retirar el sobrante con una toalla.

Con respecto a la higiene del cabello, se utiliza champú especial que no requiere enjuague. Lo que el tripulante debe hacer es humedecer su cabello y añadir este champú exclusivo, después es necesario que frote el cabello tal y como lo hiciera en la Tierra. Finalmente se utiliza una toalla para retirar el exceso de agua y jabón. En una de las paredes junto al baño hay un ventilador que aspira el líquido excedente hacia un contenedor que conduce al tanque reciclador de aguas residuales de la nave

para ser reciclada. A pesar de esto, cada astronauta debe tener cuidado al utilizar estos productos pues las burbujas o el agua jabonosa puede flotar por toda la nave. Un dato curioso es que estos jabones y champús especiales inicialmente fueron creados para su uso en hospitales, para aquellos pacientes inmovilizados que no pudiesen tener higiene corporal diario, por lo que requería un aseo asistido con la participación del profesional de enfermería con un rol sustitutivo para los cuidados personales.

Continuando con las técnicas de higiene, así como en la Tierra, es necesario que durante las misiones espaciales se conserve el aseo dental, por lo que los astronautas necesitan cepillar sus dientes mínimo después de cada ingesta alimentaria. Los utensilios empleados son: un cepillo de dientes, un tubo de pasta dental y un dispensador de agua. El procedimiento es el mismo que seguimos diariamente, solo sufre algunas modificaciones debido a la microgravedad. Lo primero que debe realizar el tripulante es humedecer el cepillo y añadir pasta dental. A continuación, efectúa el cepillado habitual cuidando no dejar escapar partículas jabonosas o de agua para que estas no vuelen por toda la nave y dañen el equipo. Finalmente hay dos opciones: la primera es extraer de la boca el contenido jabonoso y colocarlo en un papel que posteriormente será sellado y puesto en el sistema de recolección de basura. La segunda opción es tragar el contenido. Esta pasta no es dañina para el organismo, fue creada especialmente para reducir los elementos de desecho que se utilizan durante la higiene. En ambas opciones, se puede utilizar más agua para enjuagarse la boca, y los residuos serán extraídos a un papel, posteriormente se coloca en un ventilador que absorbe y lleva el agua a un reciclador de la misma para su reutilización en el futuro.

Con respecto al aseo facial, los tripulantes pueden fácilmente complementar la higiene afeitándose tal como se hace en la Tierra. A bordo de la nave espacial, este proceso toma un poco más de cuidado pues la barba o el bigote podrían flotar alrededor de la nave y dañar el equipo o algún astronauta podría inhalarlo al respirar. Sin embargo, el proceso no es complejo. Lo primero que se debe hacer es reunir los utensilios a utilizar, es decir, un rastrillo convencional, crema de afeitar especial para astronautas y algunas toallas de papel húmedas. El procedimiento es similar al aseo en la Tierra: primero se unta la crema espacial en el rostro después el astronauta se rasura normalmente cuidando que el vello facial no flote fuera del rastrillo, para esto se utiliza una toalla de papel húmeda que recoge el vello del rasurador (otra opción es utilizar la aspiradora que recolecta el cabello), finalmente con otra toalla húmeda se limpia el exceso de crema espacial.

Otro elemento importante para el cumplimiento de la necesidad de mantener la higiene corporal, es el cuidado de las uñas. Estas medidas conservan las uñas limpias y cortas y para obtener esto se requiere un aseo habitual. Lo único que se requiere es un cortaúñas convencional y un ducto de aire o una aspiradora para la recolección de las uñas. El procedimiento es el mismo que en la Tierra, poniendo suficiente énfasis

en no dejar que las uñas salgan expeditas por la nave. Para esto se utiliza la aspiradora recolectora y así se evitan incidentes en las computadoras de la nave o en los tripulantes.

Finalmente, el lavado de manos, como base para la higiene personal, ocupa un lugar trascendental en el cumplimiento de los protocolos de sanidad que se deben procurar en las misiones y así, evitar la proliferación de microorganismos patógenos. Para realizar el lavado de manos en un entorno de microgravedad, se utiliza jabón que no necesita enjuague y una toalla para secar. Aunque no hay una técnica predeterminada, es inherente que la participación de enfermería sea crucial en la enseñanza e implementación de un método sistemático para llevar a cabo este proceso. Es por esto que se propone un método del *lavado de manos espacial* que cuente con 9 pasos de acción, utilizando como base la técnica habitual propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con algunas modificaciones: Un *lavado de manos espacial* que dure entre 40 y 60 segundos, en primer momento se añade el jabón sin enjuague y a continuación se frota las palmas de las manos, después el dorso de ambas, en seguida las palmas con los dedos entrelazados, posteriormente el dorso de los dedos de una mano con la palma de la mano opuesta, luego los pulgares utilizando movimiento de rotación y envolviéndolo con la palma contraria, ulteriormente frotando la punta de los dedos de una mano contra la palma de la otra haciendo movimientos de rotación y finalmente secar las manos con una toalla que será puesta en los ductos de absorción de agua de las naves espaciales.

Y usted se preguntará “Después de realizar todo el aseo corporal. ¿Qué sucede con la ropa sucia?” Esto es fácil. A bordo de las naves espaciales no hay lavadora de ropa, por lo que la vestimenta debe reutilizarse varias veces antes de ser desechada al “cesto de ropa sucia”.¹²⁷ La indumentaria se cambia dependiendo el uso de la misma, por ejemplo, los pantalones se pueden aprovechar desde una semana hasta meses, por otro lado, los calcetines deportivos (utilizados durante el ejercicio espacial) y la ropa interior se debe cambiar cada 2 o 3 días, así mismo, las playeras y camisas pueden reusarse 4 o 5 días. Estos cambios de vestimenta dependen del astronauta y su criterio. Al desechar estas prendas se debe sellar en bolsas herméticas de plástico para evitar la proliferación de microorganismos patógenos y para que su transporte al regreso a la Tierra sea fácil y eficaz. Otra opción para reutilizar la ropa interior sucia es cultivar plantas¹²⁸. Así fue como el Oficial de Ciencias *Donald Pettit*, a través de sus reportes de misión, informo sobre el cultivo de semillas de tomate y albahaca a bordo de la ISS. Bajo la premisa de la inexistencia de tierra, averiguó como podía cultivar plantas utilizando otro material. En uno de sus blogs, de los cuales se destaca “*Diary of a Space Zucchini*”, escribió que para construir el sembradío se necesitaba

¹²⁷ NASA, (2003). *Astronauts' Dirty Laundry*. Nasa.gov. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/vision/space/livinginspace/Astronaut_Laundry.html

¹²⁸ Ibid. P. 3

un núcleo esférico que pudo sustituir con ropa interior. Había suficientes suministros en la ISS para cambiarse la ropa cada 3 o 4 días, así que ahí se podía encontrar algunos nutrientes. Después de que Don Pettit resolvió el problema de enfriamiento de las semillas, estas brotaron en el plantador de ropa interior en un par de días.

Como se puede constatar, los sistemas de sanidad han evolucionado para dar seguimiento a la higiene de los viajeros espaciales, y así se ha logrado cumplir satisfactoriamente esta necesidad, sin embargo, hay algunos cuidados de enfermería que no han sido abordados, por lo que a continuación se hablará de la participación que el profesional de enfermería es capaz de aterrizar a la atención espacial del astronauta.

c. Cuidados de enfermería en la necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea.

i. Previo al vuelo espacial.

Como uno de los ejes principales del cuidado de enfermería, encontramos que la prevención anticipa los trastornos que lleven al incumplimiento de las necesidades básicas del ser vivo. Es por esto que, para esta necesidad, la atención de los cuidados previos al viaje espacial debe ser orientada a la valoración focalizada para anteponer posibles afecciones que imposibiliten al astronauta previo a la misión espacial. La valoración especializada de enfermería atiende las posibles afecciones que se pudiesen presentar durante la misión espacial, por lo cual, se enfoca en dos acciones; la evaluación de la capacidad autónoma para realizar las labores de higiene corporal y la integridad cutánea previa al viaje que tiene relación con la incidencia de enfermedades dérmicas.

La capacitancia para la valoración retoma la recogida de datos habitual, es decir, la anamnesis de enfermería, por lo que se propone realizar una entrevista al futuro viajero espacial, puntualizando si tiene o ha tenido problemas o limitaciones para realizar adecuadamente la higiene corporal y en caso de tenerlas es necesario reconocer las causas posibles como incapacidad, preferencias, aspectos personales, etc. Por otro lado, con la ayuda del astronauta, se puede realizar una agenda que registre los hábitos higiénicos que lleva a cabo, por ejemplo, si toma baño o ducha, la frecuencia con la que tiene higiene dental, la continuidad con la que recorta sus uñas, entre otras. Finalmente se debe cuestionar la autopercepción de los cuidados para el baño e higiene corporal.

A bordo de la nave espacial se han visto con mayor frecuencia las afecciones en la higiene bucal: en misiones previas se han reportado incidencias de pulpitis en astronautas de Estados Unidos y Rusia. Por lo antes mencionado, los exámenes de valoración de enfermería previos al vuelo deben implementarse para prevenir los problemas más comunes durante la misión. Los métodos de valoración dental previo

al vuelo son similares a los que se llevan en la Tierra, utilizando predominantemente la radiografía digital, la radiografía de mano, la espectroscopia de impedancia de corriente eléctrica alterna, fluorescencia inducida por luz cuantitativa, fluorescencia láser, radiometría, entre otras técnicas que pueden detectar las caries dentales y otras patologías adyacentes.

Con respecto a la integridad cutánea, durante la valoración mediante el examen físico y observacional, se constataría el estado de la piel tomando en cuenta el color: si presentara palidez, rubicundez, cianosis, ictericia, u otra coloración anormal; la turgencia: si estuviese conservada, disminuida o aumentada; la elasticidad: conservada, disminuida o aumentada; la temperatura; la humedad; si hubiese alguna lesión: tipo (traumatismos, quemaduras, heridas quirúrgicas, lesión vascular, etc), localización, tamaño y signos y síntomas que demuestren alguna inflamación que preceda a un dato infeccioso.

Si durante la valoración se hiciese algún hallazgo de anormalidad en la capacidad para llevar a cabo la higiene personal o en la integridad cutánea, a través del juicio clínico de enfermería, se podría considerar la inhabilitación del astronauta para seguir con la misión, pues el riesgo de infección y/o exposición a la radiación cósmica es muy elevado, lo cual pone el riesgo los objetivos del vuelo y al astronauta.

El plan de intervenciones de enfermería que se realizaría antes de la fecha para emprender el viaje espacial, corresponde a la participación mediante acciones propuestas en un rol de educador, en otras palabras, es necesario que el profesional enfermero realice actividades que favorezcan el adecuado aprendizaje de las técnicas para mantener la higiene corporal. Por esto, los cuidados preverían toda inexperiencia en los métodos de limpieza personal, a través de la enseñanza, para llevar a cabo la salud espacial.

ii. Valoración, diagnósticos e intervenciones a bordo de la nave espacial

Parcialmente, la octava necesidad básica de los seres humanos se cumple a bordo de la nave gracias a la preparación previa y a los cuidados espaciales para mantener la higiene corporal, sin embargo, el cuidado a la integridad de la piel se ve afectado principalmente, por los niveles de radiación cósmica a los que se está expuesto durante la misión, ya que son demasiado elevados y este proceso no puede ser fácilmente eludido pues la protección ambiental a bordo de la nave es menor que en la Tierra.¹²⁹

¹²⁹ Chuan, L. (2014). *A mechanistic investigation of space radiation- induced carcinogenesis* (1st ed.). Durham: NASA Human research. Obtenido 12, 2016, de: <https://taskbook.nasaprs.com/publication/tbpdf.cfm?id=9478>

La radiación es un flujo de partículas atómicas y subatómicas y de ondas que provienen de diversas fuentes como los rayos cósmicos, solares o los rayos X, por mencionar algunos. Como se ha visto en capítulos anteriores, esta radiación puede ser ionizante y no ionizante y toda la materia está expuesta a recibirla. La radiación es energía en movimiento y cuando esta energía se absorbe en un tejido vivo puede causar un efecto biológico, cuya consecuencia dependa de la cantidad de energía absorbida, la longitud de onda y del tipo de partículas. Esta absorción afecta el comportamiento y funcionamiento de las células del ser vivo siendo capaz de causar un daño irreversible. Aunque la exposición ocupacional a la radiación sea inherente a la labor espacial, se requiere tomar consideración en los efectos nocivos que tiene para la piel y por lo tanto para el cumplimiento de la necesidad de mantener la integridad cutánea.

Los cambios en la piel de los seres humanos ocurren progresivamente en la Tierra, a pesar de la protección atmosférica ante la radiación, mientras que, en el espacio, estas modificaciones dérmicas se aceleran. Durante las misiones de larga duración, se ha documentado que las afecciones son similares; resequedad excesiva, picazón, adelgazamiento de la piel, aumento de la pérdida celular, aumento del envejecimiento celular y capacidad disminuida para los periodos de cicatrización. Estas alteraciones deben ser monitorizados durante toda la misión, tomando en cuenta diversos aspectos como el nivel de hidratación cutánea, la pérdida de agua transepidermica, el grosor de las capas e imágenes superficiales de la piel. Actualmente se llevan a cabo investigaciones a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS), donde se experimenta con una emulsión para el cuidado de la piel.¹³⁰ El estudio consiste en la aplicación de un tratamiento diario en el antebrazo izquierdo utilizando esta solución y en el antebrazo derecho el cuidado higiénico rutinario. Los resultados han revelado que el área tratada mostró una hidratación mejorada (y por lo tanto más beneficios ante la consistencia dérmica) y, por otro lado, en la piel no tratada, se encontró una disminución de la elasticidad cutánea, disminución de la densidad en las fibras dérmicas, un adelgazamiento de la epidermis y una constante eliminación de las células de la piel.^{131 132}

A pesar de las investigaciones, poco se ha hecho para conservar la integridad de la piel a bordo de la nave espacial, por lo que es necesario que se incluya la participación de enfermería en la valoración del estado dérmico, utilizando técnicas

¹³⁰ Heinrich, U. (2016). *Skin-B*. Nasa.gov. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1166.html

¹³¹ Gilles, C. (2011). *Fundamentals of Space Medicine*. 2nd ed. Springer, pp.318- 328. Obtenido 12, 2016, de http://aero.ajaums.ac.ir/_d-havafaza/Documents/2011-Fundamentals%20of%20Space%20Medicine_20131128_113738.pdf

¹³² Massow, M. (2016). *SkinCare*. ISS Science for everyone. Obtenido 12, 2016, de: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/11.html

multidisciplinarias que puedan aplicarse fácilmente, empleando equipo portátil durante el viaje. Esta evaluación deberá partir desde la valoración mediante el método clínico; comenzando con la anamnesis, específicamente en la recogida de datos, se interrogaría acerca de los factores que pudiesen influir en el cumplimiento de la necesidad de integridad cutánea: el estado nutricional, las actividades que se realizan habitualmente, áreas de apoyo (ante la microgravedad posiblemente las únicas áreas de apoyo pueden ser al dormir y durante el ejercicio), actividad física, sintomatología inherente a un problema dérmico, etc. Continuando con la inspección, se constataría el estado general de la piel para detectar signos de deshidratación, condición general higiénica y del aseo diario, búsqueda de alguna manifestación alérgica (eritema, inflamación, dolor, etc.), cambio en la coloración, presencia de lesiones cutáneas (observando forma, bordes, color, localización, tamaño y superficie, etc). Para complementar la inspección, se realizaría palpación para conseguir un diagnóstico certero. Ante la palpación se observaría la textura de la piel, grado de humedad, elevación o disminución de la temperatura y si hay dolor o molestia al sentir presión. Como medios complementarios, es posible que a bordo de la nave espacial haya equipo portátil de imagenología que muestre si hay adelgazamiento de algunas regiones dérmicas.

Es común que, durante el vuelo y la estancia espacial, se presente deterioro de la integridad cutánea, esta alteración relacionada con cambios en la redistribución de líquidos, déficit inmunitario y desequilibrio hídrico, manifestado por deshidratación de la superficie de la piel. Para llevar a cabo los cuidados de enfermería, es oportuno que se realicen algunas intervenciones que contrarresten dicha alteración. Dentro de las intervenciones más eficaces estarían las siguientes: recogida y análisis de datos del paciente, esto con el objetivo de llevar un registro diario y así mantener la integridad de la piel. Para llevar a cabo esto, se utilizaría una herramienta de valoración para identificar el riesgo de pérdida de la integridad cutánea, así mismo, es necesario documentar los cambios en la piel y favorecer las técnicas de limpieza corporal con fines de higiene y mejora dérmica.

Ante la reevaluación de la actuación del profesional de enfermería, se demostraría una mejora estructural y de la función fisiológica normal de la piel, es decir, la textura, grosor e integridad cutánea corresponderán a un estado desde gravemente comprometido a no comprometido.

Como se ha visto, durante este capítulo se relaciona la participación del profesional de enfermería con las misiones espaciales, desde diversos roles; cuidador asistencial y de educación para la salud. La actuación mediante un plan de cuidados podría prevenir o erradicar las principales alteraciones vinculadas con la necesidad de mantener la higiene corporal y la integridad cutánea, que resulta muy importante para llevar a cabo las diversas misiones espaciales.

IX. Misión espacial: De la ocupación estelar a la autorrealización

a. Necesidad de ocuparse en labores que lleven a la realización personal

La necesidad de ocuparse para conseguir la autorrealización, pertenece a las necesidades psicosociales propuestas en el modelo teórico de Virginia Henderson. En esta se valora la capacidad que cada individuo tiene para conducirse en una labor en la que se sienta satisfecho consigo mismo y con el rol que ejerce. Esta satisfacción será circunstancial para la propio percepción de la autorrealización, el autoconcepto y la autoimagen. También es valorable la capacidad y fortaleza de cada persona ante los factores externos que puedan afectar la integridad y manejo de estrés. Para que esta necesidad se lleve a cabo satisfactoriamente, es importante que el individuo comparta valores e intereses deseados mientras realiza esta labor.¹³³

b. La ocupación como astronauta

La palabra *astronauta* proviene de las raíces etimológicas *astron* que hace alusión a las estrellas y *nauta* que quiere decir viajero. Es así que se concibe al astronauta como el viajero a través de las estrellas o astros, aquel explorador que se transporta por el espacio interestelar o aquel aventurero que emprende el viaje a otros ambientes en travesías por el cosmos.

El camino para la ocupación como astronauta no es fácil, es necesario tener cualidades, habilidades y aptitudes que permitan el desenvolvimiento del individuo en ambientes ajenos. De igual forma, es indispensable que este sobresalga en capacidades físicas y mentales para poder aplicar sus conocimientos y habilidades, mismas que retribuirán la misión a la que se está destinado. Los astronautas son un eje fundamental para el éxito o fracaso de una misión, es por esto que las oportunidades son escasas y, por otra parte, debido a los elevados costos de inversión para la formación de un astronauta, es que la selección de los mismos debe ser minuciosa.¹³⁴

Antes de hablar de las cualidades sociales, profesionales y fisiológicas, es importante puntualizar que, inicialmente, es necesario que un individuo conciba una autorrealización en la profesión de astronauta, ayudándole en la autopercepción al

¹³³ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 163). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

¹³⁴ NASA,. (2011). *AStronaut Selection and Training* (1st ed., pp. 1-4). Texas: Johnson Space Center. Obtenido 12, 2016 de: https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/606877main_FS-2011-11-057-JSC-astro_trng.pdf

ejercer las labores que implican ser un viajero de las estrellas. Esto es lo que primordialmente los hace especiales.

Con respecto a las aptitudes profesionales, el solicitante requiere contar con un alto nivel de formación en una serie de disciplinas científicas o técnicas¹³⁵, aunado a un destacado perfil profesional en la investigación, aplicación metódica o educación, que a su vez este apoyado por sistemas informáticos. Si el individuo tiene previas labores con la operación de aeronaves, tiene una gran ventaja.

Por otro lado, las habilidades anatomofisiológicas son significativas para el cumplimiento de una misión; los individuos que apliquen para laborar como astronautas, deben pasar periodos intensos de preparación y entrenamiento que inclusive pueden durar meses, tiempo durante el cual su cuerpo resentirá demasiado estrés y resistencia física (Véase anexo 20). Es importante recalcar que el individuo requiere una fortaleza que le posibilite luchar contra los factores de estrés pues algunas de las pruebas físicas implican vivir en espacios confinados durante largos periodos lo cual necesita adaptabilidad y autocontrol del carácter, esto se traduce en una acertada capacidad de resolución y le permite hacer frente al estrés y cualquier emergencia que pueda surgir. Otro componente esencial de las competencias físicas integra las habilidades corpóreas para pasar el vuelo espacial de larga duración que incluye los siguientes requisitos: agudeza visual distante y cercana debe ser corregible a 20/20 en cada ojo, la tensión arterial que no exceda niveles de 140/90 mientras el individuo está en *Fowler* y una altura entre 1.57- 1.90 metros. Finalmente, en las cualidades físicas, el individuo debe estar preparado para recorrer largas distancias y pasar largos periodos de viaje participando en misiones de larga duración.

En lo que a habilidades sociales y psicológicas se refiere, se necesita gran experiencia para la empatía y la afinidad por el trabajo grupal, ya que durante las misiones espaciales se pasan al menos 6 meses con el mismo equipo de trabajo. Por otro lado, es inevitable que el astronauta este en el centro de atención público y ante medios de comunicación, por lo que las reuniones con la prensa y sus seguidores deben ser agradables para él. Finalmente debe dominar con fluidez el idioma ingles y ruso (aunque algunas veces también se le solicita conocimiento sobre el idioma japonés) pues esto facilitaría las relaciones con el resto de los tripulantes a bordo de la nave espacial.

Como se puede constatar, para aplicar y ser parte del gremio de los astronautas, están implícitas una serie de habilidades y actitudes que individualmente harán sentir satisfecho a la persona, pues la capacidad de actuar durante las labores espaciales beneficia los patrones de conducta y autopercepción ante las actividades a desempeñar. Los aspirantes eligen poner en marcha sus habilidades y así pueden

¹³⁵ ESA,. *astronauts human space flight and exploration*. European Space Agency. Obtenido 12, 2016 de: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/How_to_become_an_astronaut

seleccionar un rol que sea compatible con sus metas y objetivos personales durante la misión. Es claro que a bordo de la nave espacial o la Estación Espacial Internacional (ISS), las actividades a realizar dependen del rol que cada tripulante adopta.

c. Roles a bordo de la nave espacial

Como se ha mencionado en párrafos previos, las labores y ocupaciones de un astronauta le destacan en distintas áreas, mismas que recogen los propósitos individuales y ayudan al cumplimiento de la necesidad de ocupación para la autorrealización. La elección de un rol durante la misión espacial ayuda a satisfacer los objetivos personales y por lo tanto a conseguir un fin particular. A continuación, se describirán brevemente los roles actuales que el astronauta puede fungir:¹³⁶

Comandante: Es el capitán del vehículo espacial. A bordo de la nave, tiene diversas responsabilidades como el vehículo, los tripulantes, el éxito de la misión y la seguridad del vuelo. Su actuación representa el mando jerárquico más alto, así que deben destacar sus habilidades y primordialmente la empatía con el resto del equipo que está a su cargo.

Piloto: Es la persona que puede suplir al comandante. El piloto coadyuva al comandante en los controles y comandos de la nave espacial. Otras funciones son las de auxiliar en el despliegue y recuperación de satélites utilizando el *remote manipulator system* (sistema de manipulación remota), realizando actividad extravehicular (EVA) y en operaciones de carga útil. Tanto el comandante como el piloto deben cubrir 1000 horas de vuelo y las especificaciones físicas antes mencionadas.

Especialista de la misión: Esta tripulación labora en conjunto con el comandante y piloto. Su mayor responsabilidad es coordinar las operaciones de la misión desde distintos enfoques: sistemas, planificación de las actividades de los tripulantes, operaciones de experimentación, carga útil y uso de consumibles. Previo al vuelo espacial, los especialistas de misión se capacitan acerca de los detalles de los sistemas a bordo, las características operacionales de la nave, los requisitos y objetivos de la misión y los sistemas de apoyo para cada uno de los experimentos que se realizarán. Los especialistas también realizan EVA, pues operan el sistema de manipulación remota y son responsables de recibir cargas útiles (dotadas de alimentos, ropa, agua, etc.). Es esencial que los especialistas tengan un conocimiento detallado de los sistemas del transbordador o de la ISS.

Especialistas de la carga útil: Esta parte de la tripulación está compuesta por personas que no necesariamente son astronautas y tienen tareas especiales a bordo. Su

¹³⁶ NASA,. *Astronaut Requirements. Nasa for students*. Obtenido 12, 2016 de:

https://www.nasa.gov/audience/forstudents/postsecondary/features/F_Astronaut_Requirements.html

selección es propuesta por la agencia espacial, algún patrocinador externo o un patrocinador de carga útil. Estos tripulantes son considerados como miembros adicionales a la tripulación, siempre y cuando la misión lo amerite.

Educador astronauta: Los antecedentes de este rol a bordo de las naves espaciales, datan de los años 80's, sin embargo, la primera astronauta en ocupar este puesto fue *Barbara Morgan* en 2007 durante la misión *STS- 118*¹³⁷. Las habilidades de este tripulante incluyen instrucción en lenguas extranjeras y una extensa preparación en emergencias, acondicionamiento físico, educación en principios científicos y de ingeniería y simulación de todos los procedimientos que se pudiesen suscitar en el espacio. Es en este rol donde la participación presencial de enfermería podría sustentarse dado el amplio enfoque desde el que aborda los cuidados; educacional, preventivo, asistencial y científico.

La orientación profesional dentro de la selección del rol para una misión espacial, complementa al hombre y a la profesión. Las aptitudes físicas y mentales y las tendencias para llevar a cabo ciertas labores, encaminan al desarrollo profesional e individual y enriquecen los objetivos de la misión. Es así como la acción personal es llevada a cabo para originar una acción colectiva que beneficia el fin común, y en particular, permite la satisfacción de la necesidad de efectuar una labor que obtenga un sentido de realización personal.

¹³⁷ NASA,. (2010). *Astronaut Bio: Barbara R. Morgan (7/2010)*. *Jsc.nasa.gov*. Obtenido 12, 2016 de: <http://www.jsc.nasa.gov/Bios/htmlbios/morgan.html>

X. El aprendizaje; ciencia y viajes espaciales

a. Necesidad de aprendizaje:

Podemos conceptualizar al aprendizaje como un proceso continuo a través del cual se obtienen o modifican diversas habilidades, competencias, actitudes o conductas a partir de la adquisición de nuevos conocimientos que son aplicables por el aprendiz. El empleo de este saber tiene un fin personal y/o colectivo.

En enfermería se juega un papel importante en el proceso de *enseñanza- aprendizaje* para alcanzar el *conocimiento*. El ejemplo más contundente sobre esto es la enseñanza de los cuidados, mismos que se consideran una parte fundamental de la atención básica a la persona, y los conocimientos que este recibe tienen un valor importante en la educación para la salud. Este binomio donde interviene el profesional de enfermería en un rol docente y la persona como un receptor de la información fortalece y permite la enseñanza. De esta manera, el aprendizaje fue incluido y categorizado como la última necesidad esencial que todo ser humano debe satisfacer para alcanzar el bienestar salubre y psicosocial.

Tomamos en cuenta que la acción de aprender es un tanto subjetiva, pues el estudio de un nuevo conocimiento varía de persona a persona. Sin embargo, es importante rescatar que para que se dé el cumplimiento de esta necesidad, es necesario tener en cuenta diversos factores que pudiesen afectar al individuo o al medio de aprendizaje. Estas circunstancias pueden ser: los conocimientos previos, la capacidad personal para aprender, alguna limitación cognitiva o física, la disposición para mejorar los conocimientos, entre otros¹³⁸.

La adaptación y aplicación de esta necesidad en los astronautas, debe estar enfocada en dos ámbitos esenciales: el aprendizaje para la prevención, atención y cuidados a la salud (con la participación activa del cuidador) y el aprendizaje técnico-especializado en aspectos propios de la misión espacial. Ambos puntos antes mencionados, giran en torno a un eje en común: la investigación y el estudio de la supervivencia humana en microgravedad para la obtención de conocimientos.

b. Previo al vuelo espacial.

En capítulos anteriores hemos visto que el proceso de selección de astronautas permite distinguir a aquellos candidatos que sean aptos y capaces de adentrarse en las ciencias espaciales, lo cual le posibilita acceder a un espacio que le acerca al

¹³⁸ Bellido Vallejo, J. & Lendínez Cobo, J. (2010). *Proceso enfermero desde el modelo de cuidados de Virginia Henderson y los lenguajes NNN* (1st ed., p. 179). Jaén: Colegio Oficial de Enfermería de Jaén.

conocimiento colectivo a través de la experimentación, es decir, a realizar misiones espaciales cuyo objetivo primordial sea el estudio de la supervivencia del ser humano en un entorno de microgravedad y las repercusiones anatomofisiológicas que esto representa. Pero antes de hablar del conocimiento generado durante la misión espacial, retomaremos la importancia del aprendizaje previo que requieren los tripulantes durante el entrenamiento e instrucción como viajeros espaciales.

Previo al viaje espacial, cada uno de los astronautas debe poner en marcha diversas habilidades y aptitudes físicas y mentales, las cuales son adquiridas durante el entrenamiento que antecede la expedición espacial. Esta preparación está basada en la enseñanza de técnicas que garanticen la permanencia y vida del tripulante a bordo de la nave espacial y, por lo tanto, en el aprendizaje de las mismas¹³⁹. Para obtener estos conocimientos, es necesario que los astronautas vuelvan al salón de clases para recibir este saber. Independientemente del rol que desempeñarán durante la misión y la preparación profesional previa, todos los candidatos adquieren un aprendizaje similar.

Inicialmente, los astronautas reciben instrucción militar (aquellos postulantes que aún no tenga dicha preparación), misma que deben aprender y completar durante un entrenamiento que complementa sus conocimientos sobre la supervivencia en entornos no habituales como la microgravedad. La simulación de estos ambientes se realiza con pruebas acuáticas y terrestres y el objetivo es reafirmar la actuación de los tripulantes ante diversas emergencias, tales como, qué hacer ante aterrizajes no planeados o un aborto de la misión durante los primeros minutos de despegue. Aunado a esto se requiere realizar ensayos en agua que simulan la actividad extravehicular (EVA), y así prevenir riesgos durante las caminatas espaciales, como el percance que el astronauta Luca Parmitano tuvo en 2013 cuando su casco se comenzó a llenar de agua y tuvo que volver de emergencia a la capsula de la ISS¹⁴⁰. En este sentido, las pruebas consisten en buceo que se aprende en un ambiente acuático y tienen lugar en una piscina que reconstruye algunos escenarios que pudieran suceder durante la EVA (Véase anexo 21). Esto es evaluado y calificado en distintos exámenes de natación. Con esto, se obtiene la calificación de *buceo scuba*.

En cuanto al aprendizaje teórico, es necesario que los solicitantes vuelvan a la “escuela de vuelo”¹⁴¹ pues ahí, en mayor parte, aprenderán métodos de sobrevivencia relacionados con la nave espacial, desde cómo hablar por radio hasta como asegurar

¹³⁹ ESA,. (2008). *Space for Health. European Space Agency* Obtenido 01, 2017, de http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Space_for_health/Space_for_Health2

¹⁴⁰ NASA,. (2013). *International Space Station (ISS) EVA Suit Water Intrusion* (1st ed., pp. 23- 31). Houston, Texas: NASA. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Suit_Water_Intrusion_Mishap_Investigation_Report.pdf

¹⁴¹ NASA,. (2009). *NASA - Astronaut Training Timeline*. *Nasa.gov*. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F_Astronaut_Training_Timeline.html

que un avión está listo para volar. El tiempo de aprendizaje es corto y los contenidos son muchos por lo que los astronautas pasan largo tiempo en los salones de clase y simuladores de vuelo ¹⁴² que le servirán para prepararse previo al viaje espacial.

La importancia del trabajo en equipo se reflejará en el cumplimiento o fracaso de la misión. Es por esto que los tripulantes de la misión espacial, deben recibir educación especializada en idiomas pues actualmente, durante las misiones hacia la Estación Espacial Internacional se debe tomar un “taxi”, mejor conocido como “*Cápsula Soyuz*”, lo que implica un dominio del idioma ruso y, por lo tanto, la capacidad de entender la navegación y los componentes de dicha capsula. Para esto, los astronautas pasan varias semanas en el *Centro Gagarin*, ubicado en Moscú para aprender estos dos aspectos tan esenciales; el idioma y el correcto uso de esta capsula.

Finalmente, la última característica que se requiere durante la preparación formativa, y tal vez la más importante, está encaminada a la enseñanza de medios que procuren la salud en un ambiente con gravedad disminuida. Es aquí donde se propone la participación activa del personal de enfermería, quienes que retomarían el rol de enseñanza para instruir sobre dichas acciones, mismas que ratifican la vida humana durante la misión espacial. Y en la otra parte están los astronautas como aprendices, quienes estudian, profundizan y practican los métodos y técnicas de educación para la salud. Es por esto que la intervención de enfermería resulta importante para la preparación educativa de las técnicas a realizar a bordo de la nave espacial, mismas que consigan la permanencia de los tripulantes y disminuyan los riesgos durante el viaje espacial.

c. A bordo de la nave espacial

Casi tan pronto como fueron lanzados los primeros viajes tripulados, el ser humano comenzó a utilizarlos para realizar investigaciones y estudios sobre como la microgravedad, y otros efectos adyacentes ocurridos en el espacio exterior, afectaban la vida de los tripulantes. Los astronautas que viajan al espacio, tienen objetivos precisos para llevar a cabo diversos experimentos científicos en una variedad de áreas tan grande como el espacio. Estas áreas de estudio incluyen las ciencias humanas, biológicas y biotecnológicas, anatómicas y fisiológicas, psicológicas, físicas, ciencias de la Tierra y el espacio, salud ambiental, salud pública, ingeniería, entre otras. Para que el lector tenga una idea del impacto experimental realizado en el espacio, tan solo entre los años 2000- 2011 se han publicado más de 1 600 investigaciones¹⁴³ cuyo principal fin es apoyar el aprendizaje científico.

¹⁴² Johnson Space Center,. (2006). *Training for space: astronaut training and mission preparation* (1st ed., pp. 1,2). Houston Texas: NASA. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/160410main_space_training_fact_sheet.pdf

¹⁴³ NASA, JAXA, ESA, CSA, & Roscosmos,. (2011). *ISS: Research Results Accomplishments* (1st ed.). Estados Unidos de América: NASA, JAXA, ESA, CSA, Roscosmos. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/iss_technical_publication_030116.pdf

Actualmente el laboratorio más grande y fiable para la investigación espacial, no está en la Tierra, sino orbitándola. Hablamos de la Estación Espacial Internacional (ISS). La ISS (Véase anexo 22), que se construyó en 1998, es un laboratorio espacial cuya proeza es ser un espacio que alberga instalaciones científicas que favorecen un entorno idóneo para la investigación de la respuesta humana ante un ambiente de microgravedad. Este entorno permite a los investigadores observar respuestas fisiológicas únicas que no son enmascaradas por la gravedad terrestre, un ejemplo de esto es el flujo y fluido termocapilar y la estructura de las células vivas.

Otra de las peculiaridades de la estación espacial es posibilitar las demostraciones tecnológicas más allá de la órbita terrestre baja, por lo que los experimentos no solo favorecen al aprendizaje espacial, sino que la mayoría de ellos apoyan el progreso científico a cuestiones terrestres. Los más claros ejemplo son el ultrasonido a distancia^{144 145} o la aplicación de la Telemedicina que inicialmente fueron desarrollada para permitir la atención asistida desde la Tierra a las naves espaciales, sin embargo, hoy en día son prácticas comunes que se utilizan en regiones con escasos recursos y un alcance limitado a la Salud. En México, la aplicación de esta “*Medicina a distancia*”, ha tomado gran auge en la atención sanitaria en estados de la República con carencia de recursos y con difícil acceso a estas regiones¹⁴⁶.

Hasta la fecha, se han realizado 50 expediciones tripuladas a la ISS, mismas que han sido aprovechadas para realizar distintas experimentaciones y por lo tanto generar nuevos conocimientos y aprendizaje que puede ser utilizado en diversas áreas. Todo este aprendizaje científico- tecnológico- sanitario, es esencial para el cumplimiento de los objetivos de investigación que cada astronauta realizará durante la misión espacial. Con respecto al aprendizaje colaborativo abordado desde la perspectiva de enfermería, aunque actualmente no hay participación presencial a bordo de las naves espaciales o de la Estación Espacial Internacional, se propone que, ante la posible *colonización en marte*, el personal capacitado de enfermería estuviera presente, manteniendo un rol asistencial y de enseñanza, a bordo de las naves espaciales de traslado y en las *villas de salud Marcianas*.

Para concluir, podemos constatar que la necesidad de aprendizaje ha sido cumplida si el astronauta se siente satisfecho con la labor experimental que realiza durante las misiones, misma que genera un aprendizaje benéfico para el conocimiento de la medicina espacial y de otras áreas especializadas en los vuelos.

¹⁴⁴ NASA,. (2011). *NASA - La ciencia en la Estación Espacial Internacional*. Nasa.gov. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/science-iss_bkgd_sp.html

¹⁴⁵ Boen, B. (2011). *ISS: Ultrasound for a distance*. Nasa.gov. Obtenido 01, 2017, de https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/adum.html

¹⁴⁶ CENETEC,. (2013). *4 experiencias de telemedicina en México* (3rd ed., pp. 4-21). México. Obtenido 01, 2017, de <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/telemedicina/publicaciones/C4Experiencias.pdf>

XI. Conclusiones

La presente tesina tuvo como objetivo esencial proponer la adaptación y agrupación de un modelo de atención de enfermería al cuidado del astronauta que sufre una disrupción holística dada por el afrontamiento a una misión espacial, y todas las alteraciones anatomofisiológicas y biopsicosociales que conlleva. Es así como se construye un nuevo razonamiento teórico del cuidado y de esta manera se demuestra la posibilidad de renovar las prácticas habituales y atender nuevos paradigmas que expandan el campo de actuación de la enfermería.

El abordaje de las necesidades aquí expuestas, denota la importancia de la participación del profesional de enfermería durante cada uno de los tiempos por los que cursa; previo al viaje espacial, a bordo de la nave y al regreso a la Tierra, para brindar cuidados a las necesidades básicas de los astronautas.

Con respecto a la necesidad de nutrición, se concluye que la intervención de enfermería durante los tres estadios coadyuvaría a la atención oportuna y personalizada, basada en valoraciones semiológicas óptimas que garanticen el cumplimiento de la misión. Previo al viaje se consideraría esencial la realización de un examen completo que determine las necesidades nutricionales y prevea, en conjunto con otras disciplinas, las posibles anomalías y mal aprovechamiento nutricional. Abordo de la nave espacial se propone la asistencia presencial para complementar la evaluación comparativa nutrimental, que resultará importante para consolidar el plan de rehabilitación nutritiva posterior al vuelo.

En tanto, en la necesidad de eliminación, se determina que la contribución científica de la enfermería radicaría en la atención holística encaminada a la evaluación del funcionamiento de las vías de eliminación del individuo, determinando así una planificación de cuidados que prevean, cuiden y mantengan el bienestar del astronauta. La participación previa permitiría la determinación de alteraciones incapacitantes, a través de valoraciones clínicas. A bordo de la nave, además de constatar el funcionamiento de las vías de desecho, se conjugaría la actuación presencial para la interpretación metabólica de eliminaciones anómalas de macro y micronutrientes esenciales, como ejemplo: la proteinuria o la natriuresis, así mismo, la comprensión y enseñanza de los dispositivos en la nave que condicionan el cumplimiento de esta necesidad. A partir del establecimiento diagnóstico de los medios de eliminación, se determinaría la función orgánica, lo que conlleva la atención en la rehabilitación al regreso a la Tierra.

En cuanto a la necesidad de descanso y sueño, se concluye que la pertinencia del profesional de enfermería se orientaría a identificar, tratar y contrarrestar las modificaciones en el patrón de descanso, a partir de intervenciones que mejoren el sueño y permitan llevar a cabo ciclos regulares de reposo/ vigilia, cursando por los tres estadios. Previo a la misión, diagnosticar las alteraciones más comunes para

prever las incapacitaciones. La programación de actividades, en conjunto con las labores básicas de los tripulantes, para favorecer los ciclos sueño/ vigilia. A partir de este registro se realizaría monitorización continua en la Tierra para conocer el restablecimiento del ciclo circadiano.

Por otro lado, en la necesidad de limpieza eficaz e integridad cutánea, reside la actuación de enfermería que de manera conveniente antepondría la proliferación bacteriológica y disminuiría el riesgo de infecciones a bordo de la nave, esto a través de valoraciones que atienden las incapacidades para la autonomía de llevar a cabo las acciones de higiene corporal y cuidar la integridad cutánea. Se concluye que las intervenciones, complementadas con los sistemas de saneamiento integrados en la nave, erradicarían cualquier incidencia dermatológica.

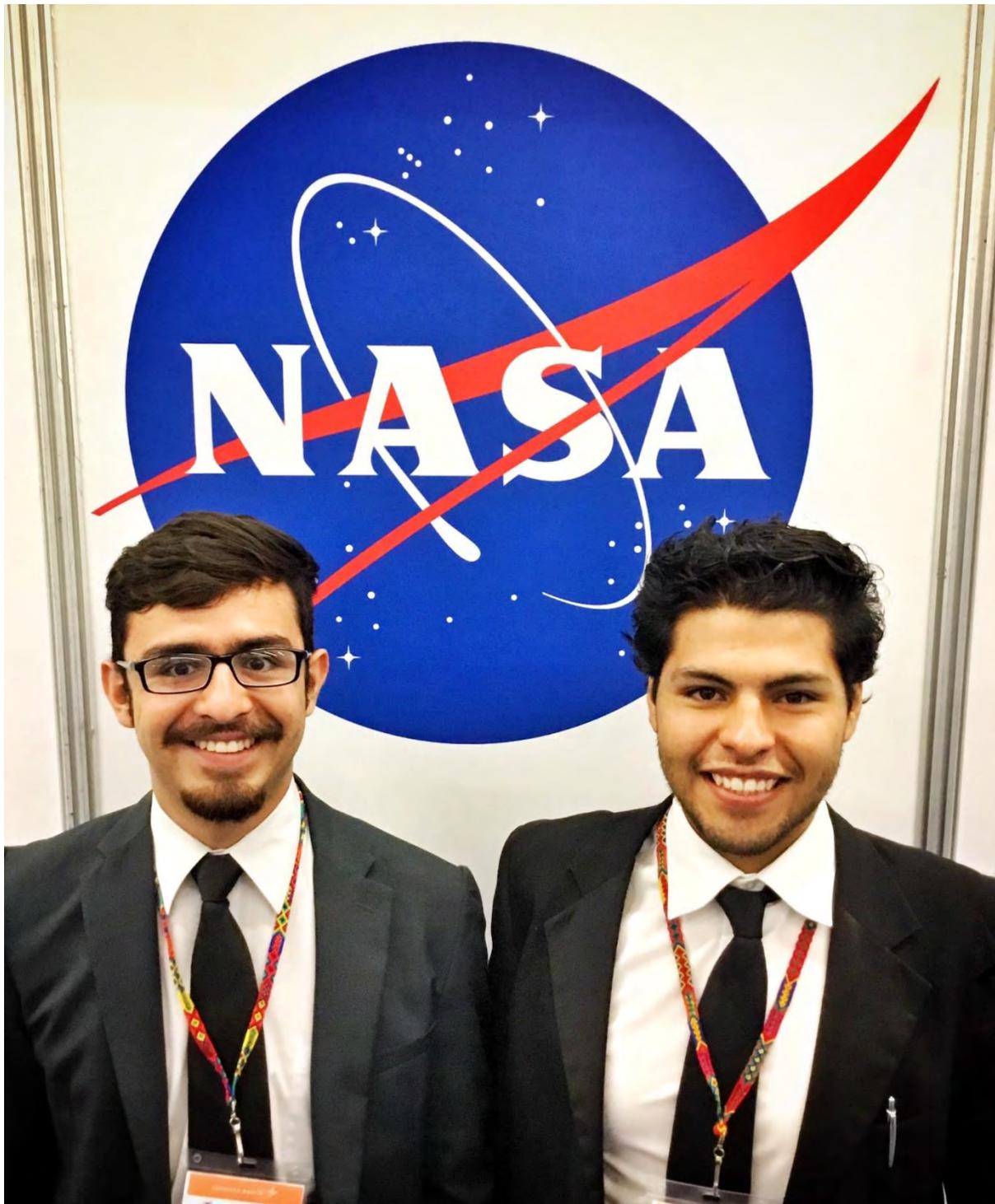
Sin dejar pasar las necesidades psicosociales, es como se aborda la actuación de enfermería en la necesidad de ocupación y aprendizaje, de las cuales se concluye la importancia en la autopercepción del astronauta de sentirse parte de un rol ocupacional que conlleve a la autorrealización personal. En cuanto a la participación de enfermería en el aprendizaje, se adoptaría un rol de enseñanza de las técnicas que aseguren las prácticas salubres durante las misiones espaciales

Al empatar un modelo teórico universal de enfermería, como lo es el propuesto por Virginia Henderson, junto con la asistencia sanitaria a los astronautas, se amplía el campo científico permitiendo la multidisciplinariedad, logrando así, favorecer la expectativa y perspectiva de las nuevas generaciones de aprendices.

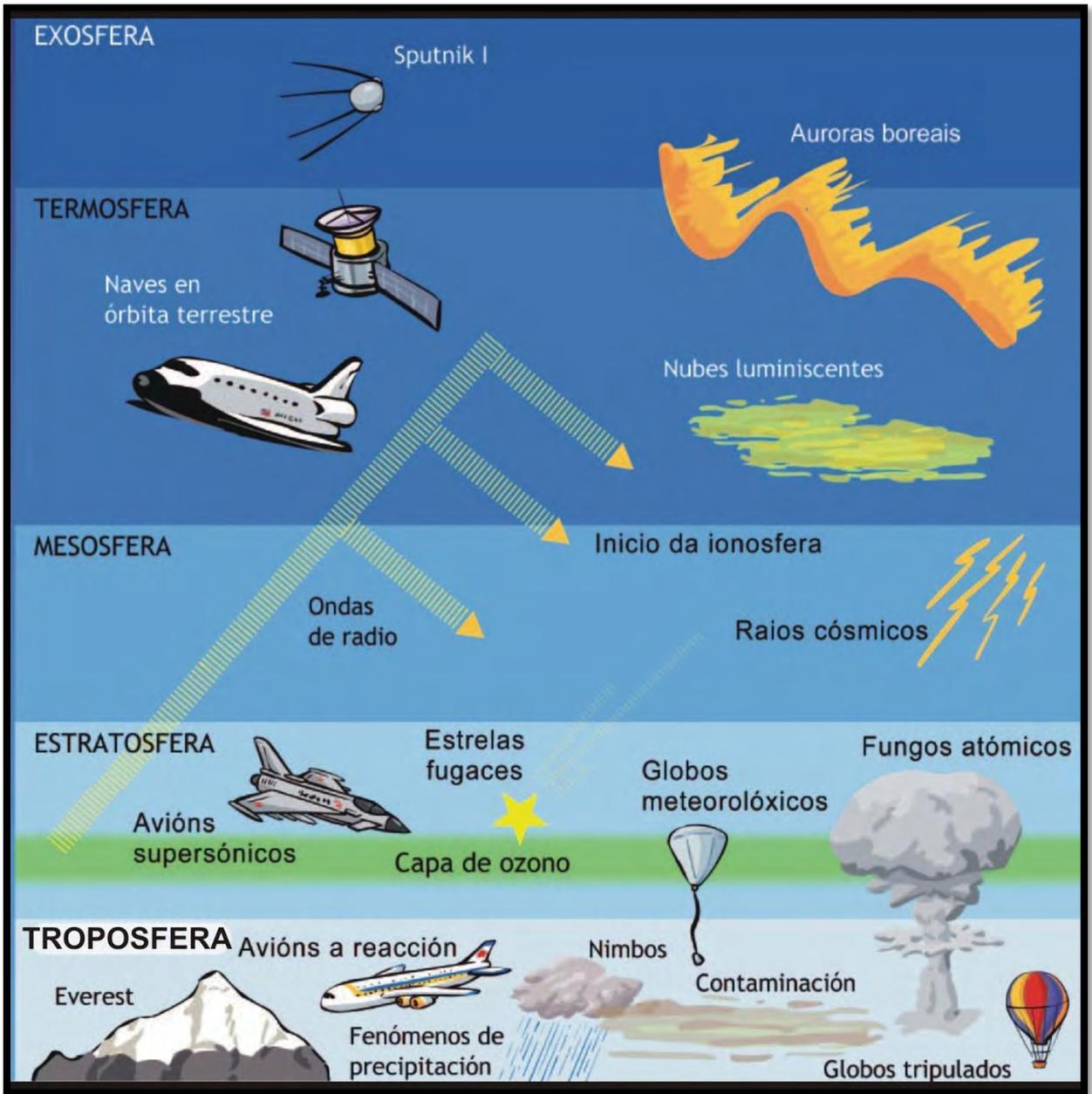
Así pues, la principal aportación de este trabajo radica en la implementación y diseño de un prototipo de cuidados de enfermería, mismo que abre paso a un nuevo campo de estudio de los paradigmas de enfermería y que servirá como guía referencial para futuras líneas de investigación, al mismo tiempo que complementará la atención brindada actualmente a los astronautas.

XII. Anexos

Anexo 1. Autores del libro “Enfermería espacial”



Anexo 2. Distribución de las capas de la atmósfera.



Anexo 3. Distribución de gases atmosféricos.

Gas	Concentration
Nitrogen, N ₂	78.1% by volume
Oxygen, O ₂	20.9% by volume
Argon, A	0.9% by volume
Carbon dioxide, CO ₂	350 ppm
Water vapor, H ₂ O	0–4%, variable
Ozone, O ₃	4–65 ppb
Methane, CH ₄	1,750 ppb
Carbon monoxide, CO	150 ppb
Nitrous oxide, N ₂ O	280 ppb

Anexo 4. Cambios anatomofisiológicos durante y posterior al viaje espacial.

Influencia de la ingravidez en el organismo de los cosmonautas

Por qué una estancia duradera en el espacio es peligrosa para la salud del hombre



En el vuelo:

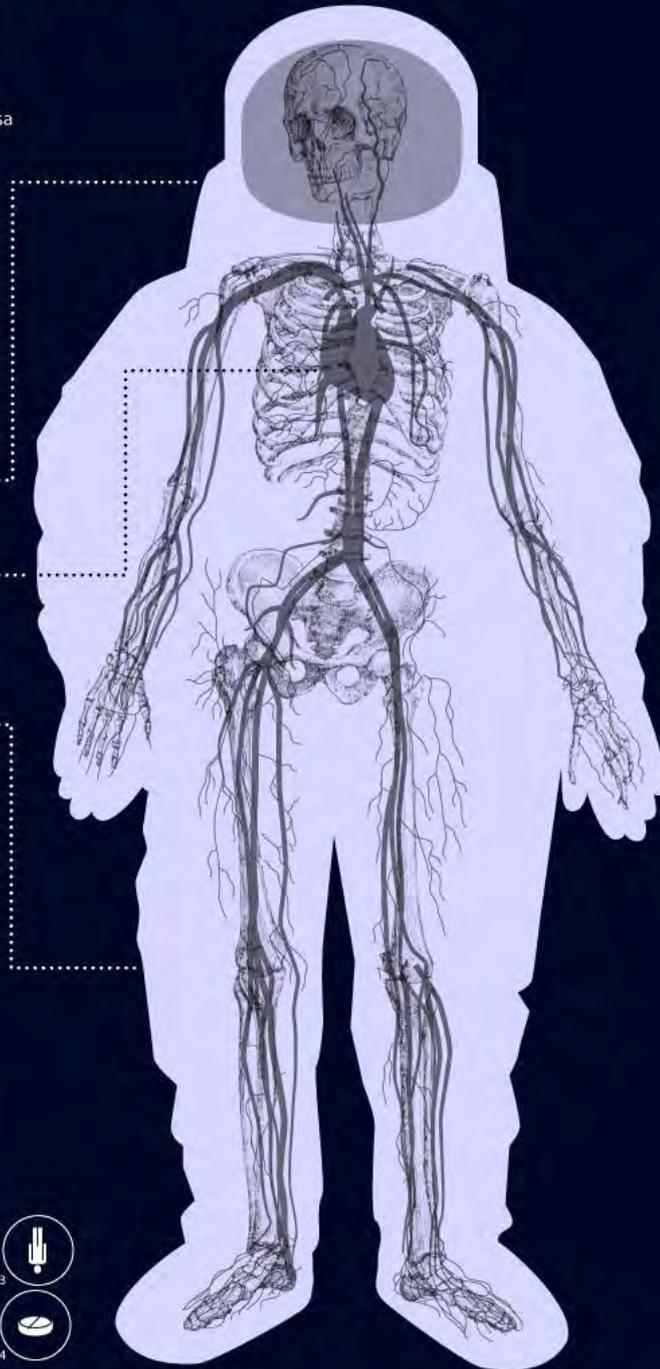
- A** Aparato vestibular
- Desorden de actividades; alucinaciones asociadas con la posición del cuerpo
- B** Sistema circulatorio
- Reducción de la capacidad de trabajo
 - Flujo de sangre a la cabeza
 - Reducción del volumen de sangre circulante
 - Deshidratación
- C** Aparato locomotor
- Atrofia de algunos grupos de músculos responsables de contrarrestar la fuerza de gravedad en condiciones terrestres
 - Pérdida de calcio en los huesos

Después del vuelo:

- B** Sistema circulatorio
- Reducción de la resistencia a la sobrecarga en el trabajo físico
 - Trastornos en la circulación de la sangre
- C** Aparato locomotor
- Sensación incómoda de aumento de peso
 - Alteración de la coordinación al caminar
 - Disminución de la resistencia a las sobrecargas

Métodos para atenuar los efectos nocivos:

- 1 Ejercicios en el gimnasio
- 2 Estimulación eléctrica de los músculos
- 3 Presión negativa aplicada a la mitad inferior del cuerpo
- 4 Consumo de medicamentos



Anexo 5. Tabla de alteraciones ocasionadas por la exposición a radiación.

Tejido	Dosis que causa un efecto severo (GY)	Periodo de latencia	Causa	Efecto
Sistema hematopoyético	2.0	14 días	Leucopenia Plaquetopenia	Infecciones Hemorragias
Sistema Inmune	1.0	Pocas horas	Linfopenia	Inmunosupresión Infección sistémica
Sistema gastrointestinal	5.0	7 días	Lesión del epitelio intestinal	Deshidratación Desnutrición
Piel	10. 0	21 días	Daño en la capa basal	Descamación cutánea
Testículo	3.0	2 meses	Aspermia celular	Esterilidad
Ovario	3.0	1 mes	Muerte interfásica del oocito	Esterilidad
Sistema respiratorio	10.0	3 meses	Falla en la barrera alveolar	Infecciones en vías respiratorias
Cristalino	5.0	> 1 año	Fallo en la maduración	Cataratas
Tiroides	10.0	> 1 año	Hipotiroidismo	Déficit metabólico
Sistema nervioso central	30. 0	Variable	Desmielinización y daño vascular	Encefalopatías y mielopatías

Anexo 6. Menú espacial establecido durante las misiones “*Gemini*” de la NASA.

Gemini Standard Menu (4-day cycle)

Day 1, 5, 9

Meal A

Peaches
Bacon Squares (8)
Cinnamon Toast Bread
Cubes (4)
Grapefruit Drink
Orange Drink

Meal B

Salmon Salad
Chicken and Rice
Sugar Cookie Cubes (4)
Cocoa
Grape Punch

Meal C

Beef and Potatoes
Cheese Cracker
Cubes (4)
Chocolate Pudding
Orange-Grapefruit Drink

Day 2, 6, 10

Meal A

Fruit Cocktail
Sugar-Coated Cornflakes
Bacon Squares (8)
Grapefruit Drink
Grape Drink

Meal B

Potato Soup
Chicken and Vegetables
Tuna Salad
Pineapple Fruitcake (4)
Orange Drink

Meal C

Spaghetti and Meat
Sauce
Ham and Potatoes
Banana Pudding
Pineapple-Grapefruit
Drink

Day 3, 7, 11

Meal A

Peaches
Bacon Squares (8)
Strawberry Cubes (4)
Cocoa
Orange Drink

Meal B

Cream of Chicken Soup
Turkey and Gravy
Butterscotch Pudding
Brownies
Grapefruit Drink

Meal C

Pea Soup
Beef Stew
Chicken Salad
Chocolate Cubes (4)
Grape Punch

Day 4, 8

Meal A

Fruit Cocktail
Sausage Patties
Bacon Squares (8)
Cocoa
Grape Drink

Meal B

Potato Soup
Pork and Scalloped
Potatoes
Apple Sauce
Orange Drink

Meal C

Shrimp Cocktail
Chicken Stew
Turkey Bites (4)
Dry Fruitcake (4)
Orange-Grapefruit Drink

Anexo 7. Alimentos empaquetados para las misiones espaciales.



Anexo 8. (A) Space Tortilla. (B) Taco preparado con una *space tortilla*.

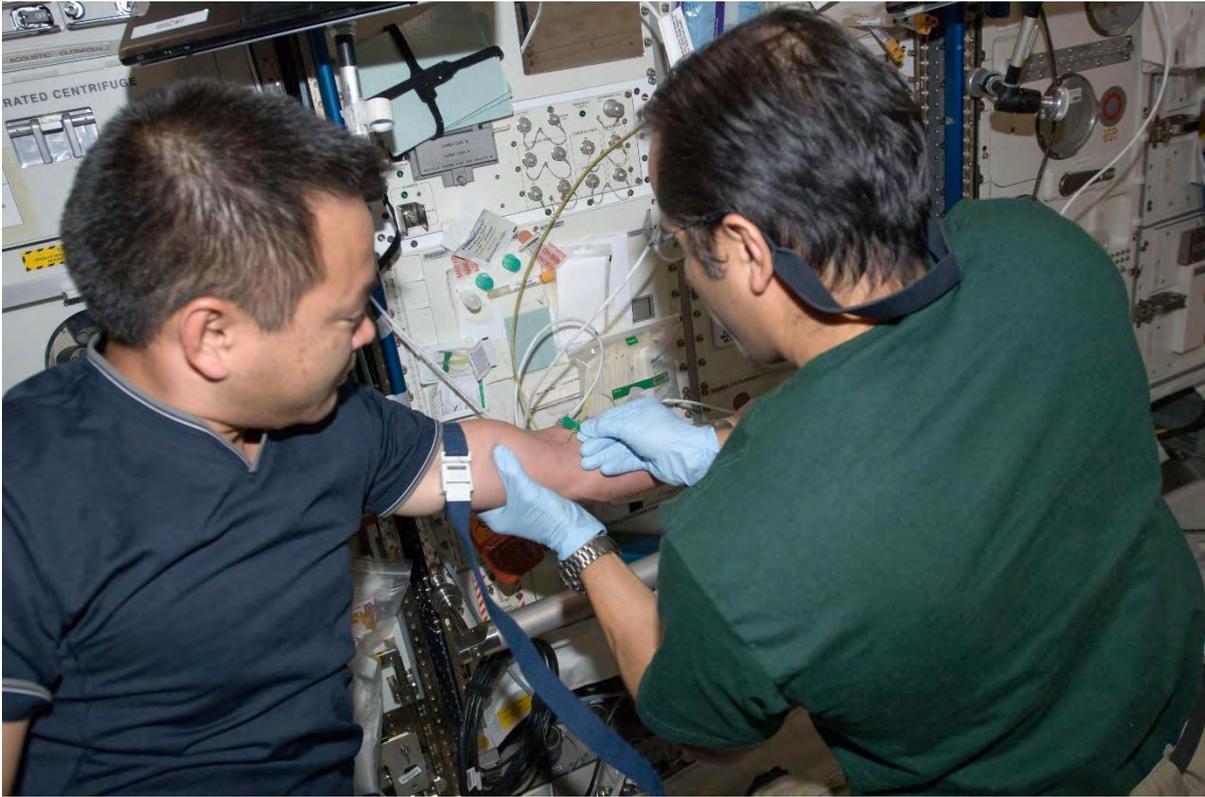
Space Tortilla Formulation (Recipe)

<u>Ingredients</u>	<u>% by Mass</u>
Wheat	61.79
Water	26.58
Glycerin	4.02
Shortening	3.71
Mono/Diglycerides	1.24
Salt	0.99
Baking Powder	0.87
Dough Conditioner	0.31
Fumaric Acid	0.19
Potassium Sorbate	0.15
Carboxymethyl Cellulose	0.12
Calcium Propionate	0.03
	<u>100.00%</u>

A.



Anexo 9. Recolección sanguínea en microgravedad



Anexo 10. Astronauta Jeff Williams utilizando el MELFI y depositando muestras sanguíneas en el refrigerador- centrifugador.



Anexo 11. Astronauta Karen Nyberg utilizando el dispositivo de medición de masa de aceleración lineal del espacio (SLAMMD)



Anexo 12. "Waste Collection System" (Sistema de colección de residuos) a bordo de la ISS. Logo del sanitario espacial.



Anexo 13. El astronauta Jeff Williams instalando un filtro en el “Urine processing assembly” a bordo de la ISS.



Anexo 14. Astronauta a bordo de la ISS utilizando la bolsa para dormir en el espacio.



Anexo 15. Cabina personal para dormir a bordo de la Estación Espacial Internacional

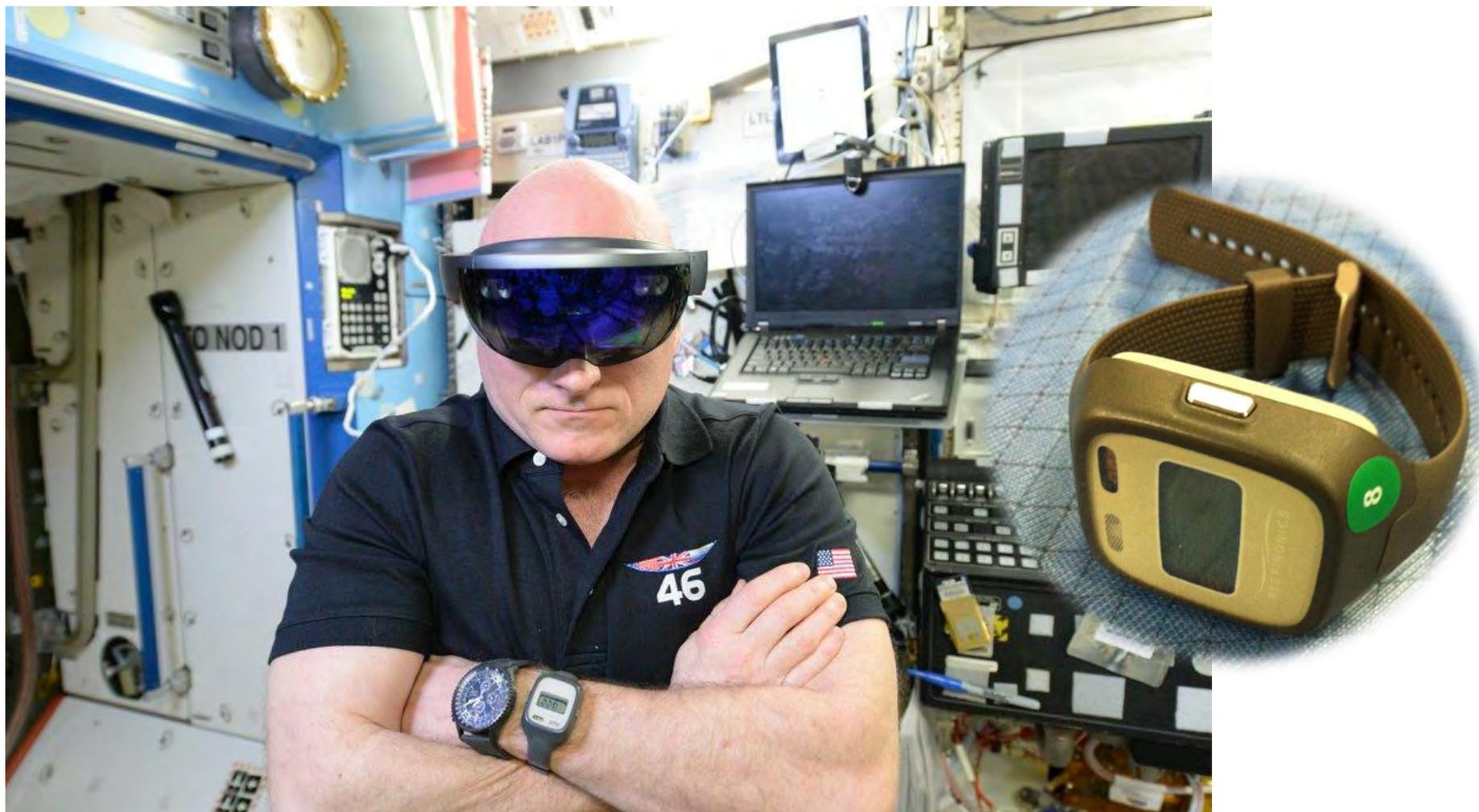


Anexo 16. (A) Sistema portátil para monitorización en microgravedad con tecnología textil MagiC- space.

(B). Electrodo para ECG incluidos en el sistema de monitorización



Anexo 17. Actiwatch: Reloj inteligente para monitorización. Astronauta Scott Kelly utilizando un reloj convencional y el actiwatch.



Anexo 18. La astronauta Samantha Cristoforetti utilizando el “Kit personal para la higiene corporal”.



Anexo 19. El astronauta Chris Hadfield realizando técnicas de higiene personal



Anexo 20. Prueba de stress realizada a Scott Carpenter previo al vuelo espacial



Anexo 21. Pruebas acuáticas realizadas por astronautas para practicar la Actividad Extravehicular (EVA)



Anexo 22. El mayor laboratorio científico espacial: la Estación Espacial Internacional (ISS)

