



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESTUDIO DESCRIPTIVO TRANSVERSAL DEL ÍNDICE DE MASA CORPORAL, PERFIL LIPÍDICO, GLICÉMICO Y HEMATOLÓGICO ENTRE EL PERSONAL DE CABINA AÉREA Y DE TIERRA EN EL ECUADOR EN LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Médico Cirujano

Profesor guía

Md. Esteban Ortiz Prado

Autora

Dayana Cristina Rosales Durán

Año

2017

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante Dayana Cristina Rosales Durán, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Md. Esteban Ortiz Prado
Médico especialista de alta montaña
y fisiología de la altura
Candidato a PhD en biomedicina
CI: 171139621-6

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Dra.. Martha Fors
Doctora en Ciencias Médicas (PhD.)
CI: 175635130-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Dayana Cristina Rosales Durán

CI: 180331946-4

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi motor diario mis padres y hermanas, les amo familia Rosales Durán son mi pilar y por quienes daría todo.

Agradezco a mí estimado tutor Dr. Esteban Ortiz Prado por ser ese apoyo incondicional en este proceso, a la Dirección General de la Aviación Civil por darme la oportunidad de desarrollar este tema.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, siendo él la razón más grande de mi vida, porque sé que cualquier adversidad puedo salir adelante si estoy a Su lado. También dedico este trabajo a mi querida universidad porque a través de esta investigación estoy impartiendo lo mucho me ha enseñado.

RESUMEN

Objetivo:

Determinar las diferencias entre el índice de masa corporal, perfil lipídico, glicémico y hematológico entre el personal de cabina aérea y de tierra en el Ecuador en los últimos 7 años.

Tipo de estudio: Estudio descriptivo, transversal.

Población: Se utilizó toda la base de datos que reposa en la dirección de aviación civil del Ecuador desde el año 2009 al 2016 que incluye hombres y mujeres pilotos, asistentes de vuelo, personal de cabina, mecánicos de tierra y control aéreo mayores de 18 años que presentaron al menos dos controles clínicos.

Universo de estudio: Se incluyó un total de 1211 participantes en el estudio.

Variables a medir: Edad, sexo, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), glucosa, hemoglobina, hematocrito, colesterol, triglicéridos, HDL, LDL y tipo de profesión. (Anexo Tabla de operacionalización de variables)

Metodología de estudio y materiales: Se analizó toda la información de la base de datos de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) la misma que contiene información sobre las variables medidas, que fueron analizadas con estadísticas descriptivas.

Resultados: El trabajar expuesto al ambiente de la cabina de avión no representa un factor importante dentro del proceso de aclimatación del personal. Sin embargo, los resultados demostraron que el personal de cabina tiene una mejor condición de salud que el personal de tierra lo que se evidenció que el sobrepeso (IMC: 23.9 vs 26.03 p:0.001) y el perfil lipídico entre el grupo de mecánicos versus sus pares pilotos se altera después de varios años de exponerse a las mismas condiciones laborales.

Conclusiones: Los datos presentados demuestran que la exposición intermitente al ambiente presurizado de la cabina aérea no causa alteraciones funcionales detectables en hombres o mujeres.

Palabras clave:

Cabina aérea, hipoxia hipobárica, perfil lipídico, adaptación, presión parcial de oxígeno.

ABSTRACT

Objective:

To determine the differences between body mass index, lipid, glycemic and hematological profile among air and ground staff in Ecuador in the last 7 years.

Type of study: Transversal descriptive clinical study.

Sampling: We used the entire database that is based in the civil aviation direction of Ecuador from 2009 to 2016 which includes men and women pilots, flight attendants, cabin crew, ground mechanics and air traffic control over 18 years Who had at least two clinical controls.

Sample size: A total of 1211 participants were included in the study.

Variables to be measured: Age, sex, weight, height, body mass index (BMI), glucose, hemoglobin, hematocrit, cholesterol, triglycerides, HDL, LDL and type of profession.

Study methodology and materials: We analyzed all information in the database of the General Directorate of Civil Aviation (DGAC) which contains information on the measured variables, which were analyzed with descriptive statistics.

Results: Working exposed to the cabin environment is not an important factor in the staff acclimatization process.

However, the results showed that cabin staff had a better health condition than ground personnel, which showed that overweight (BMI: 23.9 vs 26.03 p: 0.001) and the lipid profile among the mechanics group versus their Drivers is altered after several years of exposure to the same working conditions.

Conclusions:

The data presented demonstrate that intermittent exposure to the pressurized environment of the air car does not cause detectable functional alterations in men or women.

Keywords:

Airplane cabin, hypobaric hypoxia, lipid profile, adaptation, oxygen partial pressure.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	4
CAPÍTULO II	7
2. Marco Teórico	7
2.1 Definiciones	7
2.1.1 Hemoglobina	7
2.1.2 Hematocrito	7
2.1.3 Colesterol total	8
2.1.3.1 Triglicéridos (TG).....	8
2.1.3.2 Lipoproteínas de alta y baja densidad (HDL y LDL).....	8
2.1.4 Índice de masa corporal (IMC)	8
2.2 Hipoxia y sus tipos.....	9
2.2.1 Hipoxia hipoxémica	9
2.2.2 Hipoxia anémica.....	9
2.2.3 Hipoxia histotóxica	10
2.3 Hipoxia por gran altitud.....	10
2.4 Adaptación.....	11
2.5 Aclimatación	12
2.6 Adaptación versus aclimatación.....	12
2.7 Respuestas fisiológicas a la gran altitud.	12
2.8 Cinemática de despegue.	14
2.8.1 Condicionalidad de cabina de avión	14
2.8.2 Efectos de la altura sobre el cuerpo humano.....	14
2.8.3 Efectos de la hipoxia hipobárica.	17
2.9 Trabajador expuesto a la hipoxia intermitente crónica	18
CAPÍTULO III	19
3.1 OBJETIVOS	19
3.1.1 Objetivo Principal	19
3.1.2 Objetivo Secundario	19
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.2.1 Diseño del Estudio	19
3.2.2 Recolección y almacenamiento de datos.....	20
3.2.3 Estrategia de búsqueda	20
3.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	21

3.4 Plan de análisis estadístico.....	21
CAPÍTULO IV.....	23
4. RESULTADOS.....	23
4.1 Características demográficas generales.....	23
4.2 Diferencias entre grupos etarios.....	23
4.3 Diferencias en perfil lipídico entre grupos de trabajos.....	24
4.4 Valores de hemoglobina y hematocrito en hombres.....	25
4.5 Análisis de las diferencias en el grupo de los mecánicos.....	26
4.5.1 Perfil lipídico en mecánicos.....	26
4.5.2 Índice de Masa Corporal en mecánicos.....	27
4.5.3 Glicemias en mecánicos.....	28
4.5.4 Hemoglobina y hematocrito en mecánicos.....	28
4.6. Análisis en azafatos.....	29
4.6.1 Perfil lipídico en azafatos.....	29
4.6.2 Hemoglobina y hematocrito en azafatos.....	29
4.6.3 Índice de masa corporal en azafatos.....	30
5. Comparación de variables año 1 y año 5 en pilotos.....	31
5.1 Perfil lipídico en pilotos.....	32
5.2 Comparación de hemoglobina, hematocrito y glicemias en pilotos.	32
5.3 Comparación de IMC en pilotos.....	33
6. Análisis de pilotas.....	33
6.1 Perfil lipídico en pilotas.....	34
6.2 Hemoglobina y hematocrito en pilotas.....	35
6.3 Nivel de glucosa en pilotas.....	35
6.4 Índice de masa corporal en pilotas.....	36
7. DISCUSIÓN.....	37
CAPÍTULO V.....	42
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES.....	42
5.2 RECOMENDACIÓN.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS.....	52

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

La capa de gas llamada atmósfera es la que rodea al planeta y que, dentro de la troposfera, la concentración de los gases es invariable. El oxígeno, elemento fundamental para la vida de todos los seres vivos incluyendo a los seres humanos está presente en un 21%, mientras que el nitrógeno abarca la mayoría de dicha concentración con un 78%, y el resto de los gases incluyendo el dióxido de carbono es menor al 1 % (Koeppen, 1948).

La presión atmosférica del aire denominada presión barométrica (PB) depende de varios factores como son la latitud y la altitud y dependiendo de estos, las variaciones en altitud y latitud ocasionan cambios directos en las presiones parciales de cada uno de los gases que conforman la atmósfera (West, Schoene, Milledge, & Ward, 2007).

La exposición a diferentes alturas y la reducción de la presión barométrica provoca cambios en cada una de las presiones parciales de cada gas, sin afectar de ninguna manera a la concentración de cada uno de esos gases (Ortiz-Prado, Natah, Srinivasan, & Dunn, 2010).

Según la ley de Boyle el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión a la que está expuesto, es decir a más presión menos volumen y por ende más presión parcial de cada uno de sus gases (West et al., 2007). Cuando el cuerpo humano es expuesto a diferentes alturas y por ende a menor presión barométrica, la presión parcial de cada uno de los gases desciende, afectando fisiológicamente al cuerpo principalmente la reducción de la presión parcial de oxígeno. Esta afectación fisiológica denominada de manera resumida como hipoxia hipobárica o normobárica puede ser aguda o crónica, cada una afectando de manera distinta al ser humano (Ortiz-Prado et al., 2010).

Esta exposición aguda o crónica tiene efectos distintos en distintas poblaciones, especialmente en aquellas que han sufrido proceso adaptativo o de aclimatación (Bayer, Shi, Astner, Maftai, & Vaupel, 2011; Moore, Armaza, Villena, & Vargas, 2000; Ortiz-Prado et al., 2010).

Si bien los efectos de la hipoxia tanto aguda como crónica han sido

evidenciados en diferentes alturas poblaciones, la exposición prolongada de manera intermitente a altitudes comprendidas entre 2500 a 3000 msnm, han sido reportados en muy pocas ocasiones (Burtscher, 2014; Levine & Stray-Gundersen, 1997; West et al., 2007). Dentro del campo de la fisiología de la altura, el modelo de hipoxia hipobárica, corresponde a uno de los más útiles debido a la factibilidad de reproducibilidad, demostrado en varias investigaciones en cabinas presurizadas (Humphreys, Deyermond, Bali, Stevenson, & Fee, 2005; Lee, Yamamoto, & Relles, 2002).

Si bien estudios como la operación Everest II y otros estudios robustos ocasionaron hipoxia aguda grave, simulando altitudes mayores a los 8000 m.s.n.m, la hipoxia por descompresión dentro de los aviones ha sido menos estudiada (Houston, Sutton, Cymerman, & Reeves, 1987; Sutton et al., 1988).

La investigación relacionada a la aviación y a la exposición a climas extremos viene desde básicamente el inicio de la era de la aviación, no solo por el efecto de la baja de presión parcial de oxígeno atmosférico (APO₂) sino por otros efectos como las fuerzas gravitacionales, la exposición a rayos UV y la inmovilidad prolongada (Ortiz-Prado & Dunn, 2011; Sanlorenzo et al., 2015).

En los vuelos comerciales, medios de transporte con gran afluencia de gente, el despegue y el aterrizaje aéreo sumados a los cambios bruscos de presión, pueden causar ciertas alteraciones en el cuerpo humano (Mortazavi, Eisenberg, Langleben, Ernst, & Schiff, 2003; Muhm et al., 2007; Rovig, Bohnker, & Page, 2004).

Estos cambios fisiológicos ocasionados por la hipoxia varían de región a región en el cuerpo humano. Los efectos deletéreos de la hipoxia usualmente dependen de la demanda metabólica y disponibilidad de oxígeno en los tejidos (Semenza, 2014). Cuando la variación de la PO₂ llega a niveles subnormales se puede desarrollar algún grado y tipo de hipoxia, la misma que puede ser sistémica o local (Adams et al., 2009). Asimismo, cuando la disponibilidad de oxígeno disminuye a nivel sistémico ocasiona una baja en los niveles de la presión parcial de oxígeno arterial (PaO₂), situación conocida como hipoxia hipoxémica (Nicolaidis, Rizzo, & Hecher, 2000).

Es importante señalar que el cuerpo reacciona de distintas formas,

dependiendo si está aclimatado o adaptado, la mayoría de las modificaciones fisiológicas surgen a nivel cardiovascular y respiratorio (Gelfi et al., 2004; Moore et al., 2000).

Existen pocos estudios publicados que hayan examinado los diversos efectos que producen la exposición aguda o crónica en el personal de cabina de las aerolíneas comerciales (Cottrell, 1988; Mortazavi et al., 2003; Rovig et al., 2004). Si bien este tema tiene gran trascendencia debido a la masiva utilización de este medio de transporte, pocos estudios se han realizado en Latinoamérica y de lo que conocemos ninguno en el Ecuador.

La información proviene principalmente de los estudios realizados en los países desarrollados. Los pasajeros que permanecen sentados durante el vuelo están en mayor riesgo de sufrir de problemas hematológicos como el edema periférico o la trombosis venosa profunda (Brundrett, 2001). En un estudio publicado por McNeely, et al. en el 2014 se pudo identificar que al menos el 15% de los pasajeros presentaron cambios respiratorios, neurológicos y cardíacos demostrables, esto en el transcurso de su carrera como personal de cabina de aviones comerciales (McNeely et al., 2014). Otros estudios han reportado el aumento de riesgo de presentar distintos tipos de leucemia, patología aparénteme más frecuente entre pilotos comerciales (Browne & Sullivan, 2005).

De esta manera y debido a la falta de información sobre los efectos de la hipoxia intermitente en tripulantes y personal de cabina que tienen varios vuelos diarios se ha hipotetizado que estos podrían presentar alteraciones en algunos parámetros fisiológicos. Siendo este un tema de interés particular para personal médico de la milicia o médicos de la altura, se ha planteado la duda de si es que el volar y exponerse a bajas presiones parciales y después cambiar bruscamente a presiones más altas tienen un efecto sobre dicho personal.

El Ecuador por ejemplo es un país con menos de 250.000 Km de territorio, el mismo que se distribuye entre altas cordilleras y extensas selvas o mares ocasionaría que dentro de una rutina normal de vuelo, una piloto suba en la costa, aterrice en la sierra y vuelva a pernoctar en la costa en un plazo menor a

24 horas. El efecto de los vuelos múltiples y los cambios a diferentes alturas de aterrizaje podrían causar efectos aún no reportados en personal de cabina de avión.

Por este motivo se ha considerado fundamental realizar un estudio epidemiológico en un grupo poblacional específico como son los pilotos, personal de vuelo, mecánicos terrestres y controladores aéreos. El estudio y análisis de estas poblaciones podría darnos datos importantes sobre los posibles factores agravantes y sus efectos sobre el cuerpo humano.

1.2. Justificación

El transporte aéreo permite que los individuos atraviesen zonas horarias más rápido, facilitando la vida de los seres humanos. Esta facilidad de viajar entre continentes ha hecho que la movilidad humana aumente estrepitosamente en los últimos 50 años (Castelli, 2004). Este medio de transporte es muy útil, sin embargo, expone a cambios bruscos en lo referente a la presión atmosférica, inmovilidad, el ritmo circadiano y las horas de vigilia o sueño (Ariznavarreta et al., 2002).

Esta desincronización entre luz-oscuridad externa y el ciclo circadiano se conoce como el *“jet lag”*, que se manifiesta a través de la alteración del ciclo del sueño, la atención, el tiempo de vigilia y por consiguiente una marcada dificultad para dormir durante el tiempo asignado para el sueño en el huso horario establecido (Malone et al., 2016; Scott et al., 1996). Tanto los factores externos como los internos (hormonales y fisiológicos) se traducen en fatiga, decaimiento y alteraciones generales dentro del ciclo del sueño (Ariznavarreta et al., 2002). Este decaimiento ha sido estudiado debido a las potenciales implicaciones que tiene sobre la vigilia, eficiencia y del desempeño laboral (Malone et al., 2016).

De tal manera, para entender este fenómeno y tomando como referencia a la montaña más alta que es el Everest con una altitud de 8,800m aproximadamente, el reto que tienen que enfrentar las personas para escalar es seguir respirando mientras suben cada metro de la montaña, debido a que cuando se empieza a subir, el organismo busca los mecanismos principales para sobrellevar esta hipoxia hipobárica a través de la activación de los

quimio y baro receptores (Hainsworth, Drinkhill, & Rivera-Chira, 2007). De esta forma, el organismo logra aumentar su gasto cardiaco y por ende su esfuerzo respiratorio, el mismo que dura aproximadamente 3-5 días hasta que mecanismos más complejos y duraderos como la angiogénesis y la poliglobulia tomen su lugar (Dunn, Wu, Zhao, Srinivasan, & Natah, 2012; Ortiz-Prado & Dunn, 2011).

Cuando el nivel de hipoxia no es importante los cambios fisiológicos son menos evidentes. Alturas entre 2000 a 2500 metros son consideradas bajas alturas y muy poca información está disponible sobre sus efectos a largo plazo en el cuerpo.

La exposición a la altura dentro de un avión presurizado conlleva mucho menos riesgos que escalar el Everest, sin embargo, a parte de la pérdida súbita de presión de los aviones, los efectos deletéreos vienen de la mano de la exposición aguda a alturas entre los 2000 a 2500 metros en personas no aclimatizadas sugiriendo un posible aumento de riesgo trombótico (Ortiz-Prado & Dunn, 2011).

La importancia del sistema de presurización en un avión, tomando en cuenta que por lo general vuelan a alturas muy cercanas a los 10,000-12,000 m. de altura (11 Km de altitud) radica en detener los efectos deletéreos de la presión exterior del avión. La pérdida aguda de presión dentro del avión se caracterizaría por, una hipoxia marcada y rápida con desenlace fatal, debido a la pérdida de oxígeno disponible en el caso de no disponer de mascarillas. Es bien conocido que la altura y la latitud tienen un efecto directo sobre la presión parcial de los gases que componen la troposfera, esta disminución exponencialmente opuesta a la altura ganada (West, 1993).

Por ejemplo, a los 15,000 [ft] (4524 [m]) la presión de aire se reduce a un 50% de la presión al nivel del mar, es decir a aproximadamente 440 mmHg de presión barométrica (de la Rosa Gudiño, 2016, pp. 9-15).

En general a partir de los 3,000m de altitud una persona no adaptada y no aclimatada puede requerir inclusive oxígeno extra para poder ascender a alturas superiores. Cuando la altura excede los 7000 metros y más, la zona de la muerte conocida así por sus efectos sobre el organismo hace que la

disponibilidad de oxígeno sea tan limitada que solo un selecto grupo de deportistas han logrado dichas hazañas. En personas no preparadas, exposiciones bruscas a alturas superiores a los 5500 m podrían causar la pérdida de la conciencia, alteraciones pulmonares, cerebrales e inclusive la muerte (Luks et al., 2014).

Entender los procesos fisiológicos a los que el sistema se ve expuesto durante los vuelos es imperativo con el fin de analizar si existen riesgos inminentes o no luego de la exposición prologada a este microclima. En este sentido, se considera que este es el primer estudio de este tipo realizado en Ecuador, una zona geográfica única que en pocas horas de vuelo permite alcanzar distintas presiones barométricas y por ende efectos distintos en la población.

De hecho, según el Reglamento de servicios de operación, trabajos aéreos y actividades conexas de la Dirección de aviación civil de Ecuador, las políticas a las que deben regirse todo el personal que participe en labores aéreas debe cumplir con ciertas especificaciones, especialmente de edad, estado físico, estudios psicológicos para ser aptos de realizar las diferentes actividades que implica los servicios de vuelo (Ecuador, Aviación Civil, 2014)

Cabe señalar que en Ecuador se evidencia una falta de información sobre este tipo de temas investigativos, por este motivo el presente estudio académico será referencial y permitirá entender qué cambios temporales o crónicos se puede encontrar en el personal de cabina, además de brindar un extenso análisis acerca de los procesos de aclimatación y adaptación que se requieren para alcanzar un equilibrio durante los vuelos que realiza el personal.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1 Definiciones

2.1.1 Hemoglobina

La hemoglobina es una proteína que tiene un peso molecular de 66.5 KD y es la principal fuente de transporte de las moléculas de oxígeno. Este un conjunto de proteínas que se unen de manera no covalente al hierro, están presentes en los glóbulos rojos del sistema circulatorio en una cantidad referencial de 12-15 g/dl en un adulto promedio. Esta proteína se encarga de transportar oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos del cuerpo y viceversa. Elimina también el dióxido de carbono desde los tejidos a los pulmones en un porcentaje no mayor al 3% (Hall, 2011; John, 2016).

Cada molécula de hemoglobina puede transportar una molécula de oxígeno por su constitución con 4 grupos hemo y debido a su configuración, cada 100 ml de sangre pueden transportar hasta 20.1 ml de oxígeno, es decir más de 1 litro de oxígeno en el total de la sangre circulante (Vera, 2010).

2.1.2 Hematocrito

Es la proporción de glóbulos rojos respecto al plasma sanguíneo y circulante. El rango normal está entre 42% a 50% en sexo masculino y en mujeres de 38% a 47% a nivel del mar, en mayores alturas estos valores pueden superar los 55% y 45% respectivamente (Beall et al., 1998). Esta prueba muy fácil de realizar se la usa como un indicador sobre el porcentaje de glóbulos rojos o hematíes que hay en la sangre por unidad de volumen y nos indica la cantidad de elementos figurados en la sangre, brindándonos una buena idea del estado de anemia o de poliglobulia de un paciente (de Miguel Llorente, Suárez, Rubio, & de Ozalla, 2001).

Se creía que a menor presión parcial de oxígeno en el medio ambiente los niveles de hematocrito disminuían en todas las poblaciones por igual, pero esta hipótesis ya ha sido relegada ya que se ha demostrado en investigaciones con tibetanos y etíopes que los niveles de hematocrito y hemoglobina no llegan a ser los mismos que los de los pobladores andinos (Moore, 2001). La población de etíopes de las alturas presentó valores de hemoglobina y saturación de

oxígeno muy parecidos a los individuos del nivel del mar, lo que demuestra que las adaptaciones genéticas a las alturas dependen del tiempo de exposición al factor exógeno (Beall & Brittenham, 1998).

2.1.3 Colesterol total

Es el resultado de la suma de los diferentes tipos de colesterol a nivel serológico y se lo puede detectar con una simple prueba de sangre. El colesterol total se usa solo o como parte de todo un perfil de lípidos para ayudar a predecir el riesgo cardiovascular de un individuo de desarrollar enfermedades cardiovasculares.

2.1.3.1 Triglicéridos (TG)

Son compuestos bioquímicos que se forman a partir de tres ácidos grasos los cuales se ligan a una molécula de glicerol y después estas se depositan en los tejidos adiposos y musculares. Constituyen así a una de las formas más importante de almacenamiento energético en el organismo y su exceso nos indica existe una alteración metabólica o la ingesta exagerada de lípidos en la dieta (Freire de Freitas, y otros, 2013).

2.1.3.2 Lipoproteínas de alta y baja densidad (HDL y LDL)

Son lipoproteínas que tienen una mayor solubilidad y que sirven para el transporte de los lípidos dentro del organismo. Estos lípidos tienen funciones específicas, estas lipoproteínas se separan en dos grupos: las ricas en TG las cuales son mayores y menos densas, representadas por los quilomicrones, y el otro grupo las ricas en colesterol, que forman partículas de densidad baja (LDL-c) y de densidad alta (HDL-c) (Freire de Freitas, y otros, 2013).

2.1.4 Índice de masa corporal (IMC)

Se lo obtiene del cálculo del peso en kilogramos / altura cuadrada en metros. En base a los resultados, los sujetos se clasifican como delgados (IMC <18,5kg / m²), peso normal (IMC ≥18,5 a <25kg / m²), sobrepeso (IMC ≥25 a <30kg / m²) y obesos (IMC ≥30kg / M²) (OMS, 2014). Este indicador nos da una buena idea del estado nutricional del paciente a estudiar y poder en este sentido comparar los resultados entre poblaciones.

2.2 Hipoxia y sus tipos

El oxígeno desempeña un papel vital dentro del organismo de seres aerobios, aceptando electrones durante el metabolismo energético y la respiración celular, ocasionando de esta forma la producción de energía con su consiguiente producción de dióxido de carbono (Wagner & Mason, 2005).

Los seres humanos tienen que ser capaces de extraer oxígeno de la atmósfera y transportarlos hacia sus células donde se lo utiliza para los procesos metabólicos esenciales dentro de la mitocondria y poder contribuir a la respiración celular (Bonuccelli et al., 2010). Este proceso depende de la presión parcial de oxígeno y la concentración del mismo gas, siendo esta última estable a nivel de toda la troposfera.

La hipoxia es un tema complicado y difícil de definir, puede ser tan fácil como decir que la falta de oxígeno es igual a la anoxia y disminución del mismo como hipoxia, sin embargo, existen libros enteros que lo definen como la disminución en la disponibilidad, utilización y consumo a nivel local, intracelular, corporal o sistémico (Ortiz-Prado, Natah, Srinivasan, & Dunn, 2010).

2.2.1 Hipoxia hipoxémica

La hipoxia hipoxémica se define como una presencia generalizada de niveles subnormales de oxígeno causados por una reducción de la presión parcial de oxígeno (PaO_2) en la circulación arterial. Este tipo de hipoxia suele atribuirse a una reducción de la PO_2 atmosférica (exposición a gran altitud), una ventilación pulmonar deficiente (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), asfixia o la adición de sangre venosa con PO_2 relativamente baja en la corriente arterial (shunt izquierda a derecha).

2.2.2 Hipoxia anémica

Este tipo de hipoxia es causada por una reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre debido a una concentración reducida de glóbulos rojos (RBC) o hemoglobina dentro de las células, debido a valores subnormales de PaO_2 . Este subtipo de hipoxia incluye diferentes condiciones de anemia como la causada por hemorragias masivas, deficiencias de hierro o de complejo B, intoxicación por monóxido de carbono, enfermedad de células falciformes y personas con capacidad enzimática disminuida para la reducción de la hemoglobina, como metahemoglobinemia o deficiencias congénitas

enzimáticas (Caramelo, Justo, & Gil, 2007).

Cabe recalcar que lo que disminuye aquí son los glóbulos rojos o la capacidad transportadora de los mismos a diferencia de los otros tipos.

2.2.3 Hipoxia histotóxica

La hipoxia histotóxica es causada por el efecto de agentes tóxicos como el cianuro o el cobalto que afectan la respiración celular a nivel mitocondrial. Durante este tipo de hipoxia, la capacidad del individuo de ventilar o intercambiar oxígeno con la atmósfera permanece inalterada, pero la utilización de oxígeno por las células se ve alterada, constituyendo una forma peligrosa y potencialmente incurable de hipoxia (Scheufler, 2004).

2.3 Hipoxia por gran altitud

La hipoxia de gran altitud se divide en hipoxia aguda, intermitente o crónica basada en la duración de la exposición. La hipoxia aguda se define como la depleción súbita o rápida del oxígeno disponible o la exposición durante menos de 24 horas. La hipoxia intermitente se define como la exposición a una baja concentración de oxígeno de manera discontinua, mientras que la hipoxia crónica se define como una exposición continua a ambientes con bajo contenido de oxígeno durante una duración superior a 24 horas (Jha, Anand, Sharma, Kumar, & Adya, 2002).

La reducción de la presión parcial del oxígeno, inducida por la exposición a gran altitud, es causada por una reducción significativa de la presión barométrica (hipoxia hipobárica). En condiciones controladas, es posible simular hipoxia de gran altitud, disminuyendo la presión dentro de una cámara sellada. La hipoxia normobárica aguda puede ser inducida manipulando la fracción de oxígeno inspirado (FiO_2). La reducción resultante de la concentración de oxígeno (hipoxia hipobárica o normobárica) conduce a un intercambio inadecuado de oxígeno dentro de los pulmones, las arterias y los tejidos, produciendo hipoxia sistémica.

La relación entre la exposición a gran altitud y la fisiología humana depende de la altitud de exposición. Para estudiar los efectos de la hipoxia hipobárica o normobárica, la elevación real o simulada se ha clasificado en tres categorías:

- Exposición a altitud: 1500 - 3000 m.

- Exposición a gran altitud: 3500 - 5500 m.
- Exposición a extrema altitud: > 5500 m.

El grado de hipoxia es directamente proporcional a la reducción de la presión atmosférica y por consiguiente a la fracción inspirada de oxígeno (FiO₂). La reducción de la presión atmosférica y la consecuente hipoxia hipobárica aguda se relaciona con varias afecciones patológicas, como el edema agudo de montaña, edema pulmonar relacionado con la gran altitud, edema cerebral o hipertensión pulmonar debida a gran altitud (Strapazzon & Semplicini, 2009).

Dependiendo del tiempo de exposición y de la susceptibilidad del sujeto, se pueden presentar muchos síntomas clínicos. Los síntomas neurológicos más comunes de la hipoxia aguda en humanos incluyen: somnolencia, falsa sensación de bienestar, deterioro del juicio, disminución de la agudeza visual y temblores. Cuando la hipoxia continúa, los efectos se propagan a varios sistemas, perjudicando el funcionamiento normal del corazón, los pulmones y los músculos, resultando en condiciones patológicas graves e incluso la muerte (Smedley & Grocott, 2013).

2.4 Adaptación

La adaptación es el proceso genético mediante el cual una población se prepara de generación a generación a un hábitat (Gelfi et al., 2004). Este proceso se lleva a cabo a lo largo de muchas generaciones, confiriendo un beneficio evolutivo o una aptitud mejorada. La adaptación a gran altura es genéticamente expresada y transmitida de una generación a otra y esta varía dependiendo la población y el tiempo de exposición al nuevo hábitat (Moore, 2001).

Estas adaptaciones incluyen cambios anatómicos y fisiológicos y difieren de una población a otra, dependiendo del tiempo de adaptación. Algunas adaptaciones se observan en ciertas poblaciones, mientras que en otras estas condiciones no están presentes. Por ejemplo, en América del Sur, los nativos de los Andes se han desarrollado después de 10000 años de exposición, mayores cavidades torácicas e índices de masa corporal más pequeños que los habitantes del Himalaya, con más de 40000 años de adaptación. Otro ejemplo es una mayor concentración en la hemoglobina y los recuentos de

glóbulos rojos en las poblaciones andinas versus sus pares africanos u orientales (Brutsaert, Soria, Caceres, Spielvogel, & Haas, 1999). Estos mecanismos suelen estar dirigidos a mejorar el suministro de oxígeno, sin embargo, algunos de estos mecanismos, pueden conducir a consecuencias patológicas como el mal de montaña crónico, una mayor incidencia del accidente cerebrovascular isquémico, hipertensión pulmonar o alteraciones cardíacas (Weinstein, 2007).

2.5 Aclimatación

Esta condición permite al organismo regular sus procesos internos para sostener cambios dentro de la vida útil de un organismo o un “*life span*” y estos procesos no son genéticamente transmitidos. La aclimatación a gran altitud, en parte, mejora el suministro de oxígeno dentro de los tejidos, especialmente los tejidos más susceptibles a la hipoxia, como el cerebro o el corazón (Mesa, Camacho, & Morales, 2015). Este complicado proceso lleva días.

2.6 Adaptación versus aclimatación.

La exposición a la altura y la respuesta del organismo a esta depende del tiempo de exposición. Los sujetos que han estado expuestos a hipoxia crónica por varias generaciones desarrollan mecanismos adaptativos mientras que aquellos que están expuestos por periodos más cortos de tiempo, dentro de una vida, desarrollan mecanismos de aclimatación (Huez, Faoro, Guénard, Martinot, & Naeije, 2009; Moore et al., 2000; Ortiz-Prado et al., 2010; West et al., 2007).

En la fase de aclimatación los mecanismos compensatorios son más rápidos, pero menos eficaces.

2.7 Respuestas fisiológicas a la gran altitud.

Durante la exposición a gran altitud, la presión parcial reducida de oxígeno constituye el mayor desafío. Se activan muchos mecanismos fisiológicos que compensan la hipoxia. Los cambios más significativos se discuten en esta sección.

En los mamíferos no aclimatados, el primer mecanismo compensatorio es un marcado aumento de la frecuencia respiratoria (Dehnert et al., 2002). La respuesta ventilatoria hipóxica aguda es un mecanismo que regula y

desencadena la hiperventilación durante la hipoxia. Un átomo de PO_2 reducido provoca una reducción en la presión arterial parcial del oxígeno. Los quimiorreceptores periféricos localizados en la aorta, detectan cambios en el contenido de oxígeno en sangre y dióxido de carbono y el cuerpo carotídeo, localizado en las arterias carótidas, detecta cambios en el oxígeno (O_2) y el contenido de dióxido de carbono (CO_2), así como los cambios en el pH de la sangre (McMurray, 1994).

Como la hiperventilación trae más aire en los pulmones, también produce un aumento importante en el pH sanguíneo llamado alcalosis respiratoria. Este aumento importante en el pH está mediado por una PCO_2 arterial reducida. Esta alcalosis fisiológica contrarresta, en parte, el efecto estimulante de la hipoxia sobre los cuerpos carotídeos ("Human Adaptation to High Altitude," n.d.).

Una vez que los quimiorreceptores son estimulados por hipoxia e hipercapnia, se activan otros mecanismos dirigidos a regular la homeostasis del oxígeno.

La respuesta ventilatoria de hipoxia aguda observada al comienzo de la exposición se atenúa, causando una "depresión" en la frecuencia respiratoria. Esta reducción relativa en la frecuencia respiratoria se llama depresión ventilatoria hipóxica. Una vez que los mecanismos compensatorios respiratorios se atenúan, se desarrollan otros ajustes más efectivos y crónicos. Se pretende que estos mecanismos sean más eficaces y duren más tiempo.

Puede haber una caída relativamente pequeña en la temperatura del núcleo. Esta reducción en la temperatura del núcleo reduce la demanda metabólica de oxígeno y glucosa, y puede generar un estado protector en los tejidos (Dunn et al., 2012).

Hay un aumento en el número de "portadores de oxígeno" circulantes. El contenido de glóbulos rojos (RBC) aumenta con un proceso llamado policitemia. Después de los primeros días de hipoxia sostenida, la secreción de eritropoyetina aumenta en respuesta a la baja PO_2 arterial. La elevación de la eritropoyetina sérica estimula la producción de eritrocitos en la médula ósea y este estímulo dura mientras persiste la hipoxia (Fandrey, 2005).

Después de 4-10 días de hipoxia, el número de glóbulos rojos circulantes

(RBC) en la circulación aumenta (Kryger et al., 1978). Esta policitemia se considera ventajosa ya que aumenta la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. La policitemia mejora la oxigenación sistémica, ya que hay más hemoglobina disponible para transportar oxígeno. Este mecanismo secundario o compensatorio se encuentra en condiciones tales como exposición crónica a gran altitud, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfisema pulmonar y enfermedad de montaña crónica (Burtscher, 2014; Hackett & Roach, 2001).

2.8 Cinemática de despegue.

Para tener un panorama global, es fundamental conocer el proceso de despegue y lo que conlleva la parte técnica de este acontecimiento para entender los efectos que produce en el cuerpo humano.

Según el investigador Claudi Mans, experto en aviación, cuando un avión alcanza una altitud determinada, la presión que se tiene fuera de la cabina es demasiado baja para poder respirar, respondiendo a esta regla básica: a mayor altitud, menos presión (Carmona, 2015).

2.8.1 Condicionalidad de cabina de avión

Las condiciones en la que los aviones comerciales deben establecerse para optimizar el vuelo y garantizar un ambiente óptimo para el personal de cabina es mediante la presurización. Esta medida permite que el personal soporte los cambios de altura, presión y tengan suficiente oxígeno para respirar.

2.8.2 Efectos de la altura sobre el cuerpo humano

De acuerdo a este punto, por medio de este estudio también se valora la importancia de cumplir con el objetivo de salud ocupacional, considerando la exposición de cambio de presión parcial de oxígeno debido a la altura como un factor que podría ocasionar un riesgo o beneficio en la salud de los participantes (Gendreau & DeJohn, 2002; Marode, 1975; Silverman & Gendreau, 2009).

Los cambios que atraviesa el cuerpo humano al estar expuesto a un vuelo se deben principalmente a las alteraciones en la presión parcial de oxígeno dentro de la cabina debida a la presurización de las mismas y los cambios consecuentes de la presión barométrica.

El tiempo de exposición a la altura y por ende a la hipoxia es el factor determinante de la gravedad de los efectos de la hipoxia sobre el cuerpo humano (Ortiz-Prado et al., 2010).

Los aviones que vuelan comercialmente están presurizados durante el vuelo para contrarrestar la baja de presión atmosférica a altitudes que van desde los 9000 a 12200 metros sobre el nivel del mar (msnm). La presurización de la cabina equivale normalmente a una altitud relativa de 1400 a 2500 msnm (Pine, 2016). En este punto la presión barométrica cae desde un valor normal sobre el nivel del mar de 760mmHg a valores que pueden llegar hasta los 570 mmHg de PB dentro del avión (Cottrell, 1988; Silverman & Gendreau, 2009).

Existen escasos estudios que han examinado los efectos debido a las exposiciones ocupacionales en los asistentes de vuelo, según McNeely reporta que al menos el 15% de los participantes presentaron cambios respiratorios, neurológicos y cardíacos en el transcurso de su carrera como personal de cabina (McNeely et al., 2014).

Los cambios fisiológicos durante la exposición a gran altitud varían en relación a la aptitud física de las personas, las distintas fuerzas gravitacionales, la duración de la exposición al aire de cabina, así como cambios genéticos que protegen o favorecen la ocurrencia de patologías (Katzner, Frumin, Silverman, Koenig, & Schultz, 2013; Mortazavi et al., 2003; Van Baalen et al., 2015).

Así también los repentinos cambios en la presión del aire en el despegue y el aterrizaje pueden causar que la de Presión de oxígeno (PO₂) se altere en distintos órganos del cuerpo (Muhm et al., 2007). Cuando ésta variación de la PO₂ baja a niveles subnormales, se desarrolla una hipoxia sistémica conocida como hipoxia hipoxémica. Esta hipoxia produce una serie de modificaciones a nivel cardiovascular, respiratorio, hematológico y neurológico (Ortiz-Prado et al., 2010; Ortiz-Prado, Ojeda, & Silva, 2007). Si bien el nivel en donde la altura afecta sistemáticamente a las personas es aún discutido, los datos sugieren que por encima de los 2500 msnm estos mecanismos empiezan a hacerse evidentes (Moore et al., 2000). Estos mecanismos están diseñados para tratar de compensar el descenso en la disponibilidad de oxígeno atmosférico (West et al., 2007).

El grado en el cual la PO₂ atmosférica cambia depende de la latitud, las condiciones climatológicas entre otros, sin embargo, en condiciones controladas como las cabinas de los aviones estas varían muy poco, es así que es importante señalar que los aviones están presurizados durante el vuelo para contrarrestar la baja de presión atmosférica a la altitud 9100 a 12200 metros que alcanza un avión.

La presurización de la cabina equivale normalmente a 1400 a 2500 msnm (Pine, 2016). En este punto la presión barométrica cae desde un valor normal sobre el nivel del mar de 760mmHg a 560mmHg, lo que resulta una disminución en la oxigenación arterial (PaO₂) de los individuos de 95mmHg a 50-60mmHg en el interior de la cabina a 2500 metros (Gendreau & DeJohn, 2002).

Dichos eventos provocan cambios en la saturación de oxígeno como se describe en el estudio de Matsumoto et al (Matsumoto & Goebert, 2001). Se midieron niveles 99% antes del despegue y una caída de 94% durante el vuelo, este descenso de la saturación de oxígeno en sangre arterial produce una disociación de la oxihemoglobina. Los individuos responden a este ambiente hipóxico mediante la activación de mecanismos compensadores como el aumento en la frecuencia respiratoria, aumento en la frecuencia cardiaca y en el gasto cardiaco (Burtscher, 2014; Matsumoto & Goebert, 2001).

Estos cambios en altura afectan la presión parcial de oxígeno atmosférico dentro de la cabina, llegando a valores que van desde los 136 mmHg hasta los 119 mmHg, comparándolo con valores normales de 149.6 mmHg en condiciones normales siempre y cuando usamos la atmosfera estándar descrita por West en el 2007 (West et al., 2007).

Fisiológicamente los cambios de presión parcial de oxígeno atmosférico harán que la presión parcial de oxígeno arterial y tisular varíe, llegando a valores subnormales, especialmente en aquellos sujetos no aclimatados o adaptados (Cottrell, 1988; Ortiz-Prado et al., 2010; Peacock, 1998).

Estos cambios que podrían no significar mucha diferencia a nivel fisiológico, podría llegar a ser importante en aquellos expuestos de manera aguda por tiempos largos o de manera crónica, llegando a valores de PO₂ arterial de 50-60mmHg en el interior de la cabina cuando esta está despresurizada a 2500

metros (Gendreau & DeJohn, 2002).

Con presiones atmosféricas que bordean los 115 mmHg, el cuerpo responde liberando más oxígeno, desplazando su curva de disociación de hemoglobina a la izquierda. Dichos eventos provocan cambios en la saturación de oxígeno como lo describe Matsumoto et al. en el 2001(Matsumoto & Goebert, 2001).

2.8.3 Efectos de la hipoxia hipobárica.

La baja de la presión parcial de oxígeno afecta a todo el cuerpo, sin embargo, los órganos que tienen más capacidad para compensar estas disminuciones de oxígeno son los órganos blanco (Hall & Guyton, 2014).

Por otro lado, la hipoxia sistémica induce vasodilatación periférica y una vasoconstricción pulmonar, dando lugar a cambios en la presión arterial sistémica y un aumento en la presión arterial pulmonar, que también puede contribuir a un edema pulmonar de altitud (Tang et al., 2014).

En varios reportes se han identificados efectos de la hipoxia sobre el sistema nervioso central, causando falta de coordinación y disminución cognitiva en grandes alturas (Ortiz-Prado et al., 2007; Virués-Ortega, Garrido, Javierre, & Kloezeman, 2006).

Entre los efectos más comunes de la hipoxia aguda que se consideran como emergencias aéreas se encuentran los problemas cardiacos, respiratorios y neurológicos. Los eventos respiratorios, principalmente las exacerbaciones de asma y EPOC, son menos frecuentes que cualquiera de los eventos cardíacos o neurológicos, que comprende aproximadamente 5 a 15 por ciento de las quejas generales (Pine, 2016).

Es decir, como la presión barométrica disminuye en la cabina del avión durante el ascenso, el aire contenido en cualquier cavidad del cuerpo no comunicante se expandirá. Siendo un ejemplo el neumotórax no comunicante (West et al., 2007).

La expansión de gas en los pulmones también se incrementa por el alto contenido de humedad. Se estima que el volumen de aire en una cavidad del cuerpo no comunicante, aumentará en aproximadamente un 38% en ascenso desde el nivel del mar a la máxima "altitud de cabina" de 2500 metros (Pine, 2016).

2.9 Trabajador expuesto a la hipoxia intermitente crónica

Los habitantes de la altura desarrollan policitemia de manera compensatoria a la hipoxia hipobárica, de la misma manera que los pacientes con compromiso pulmonar severo residentes a nivel del mar (Dávila Cruz & Santiago Mariaca, 2017, pág. 3).

En varios estudios se ha demostrado que la exposición laboral a grandes alturas y por ende a la hipoxia hipobárica puede generar en problemas de accidente cerebrovascular, trombosis y alteraciones emocionales frecuentes (Jaillard, Hommel, & Mazetti, 1995; Jha, Anand, Sharma, Kumar, & Adya, 2002; Tahan et al., 1997).

En ese sentido queremos investigar si la exposición crónica a la hipoxia intermitente leve de la cabina de avión es suficiente como para generar cambios importantes a nivel hematológico o físico en los sujetos de estudio.

CAPÍTULO III

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo Principal

- Determinar las diferencias entre el índice de masa corporal, perfil lipídico, glicémico y hematológico entre el personal de cabina aérea y de tierra en el Ecuador en los últimos 7 años.

3.1.2 Objetivo Secundario

- Describir la evolución de los parámetros fisiológicos y físicos de hombres y mujeres trabajadores de cabina aérea y personal terrestre en diferentes momentos del tiempo.
- Identificar posibles cambios detectables en parámetros de la química sanguínea, el perfil lipídico e índice de masa corporal en periodos de tiempo especificados en los diferentes cargos profesionales.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Diseño del Estudio

El estudio realizado es un estudio observacional, descriptivo transversal en trabajadores de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC) en los últimos siete años.

En este sentido, se cumplió con los requisitos de la Universidad de las Américas considerando este estudio de bajo riesgo por lo que no necesitó la aprobación del comité de bioética. En el transcurso del estudio se respetó los principios éticos de los participantes cumpliendo con la declaración de Helsinki 2013. Según la normativa local y los instrumentos legales internacionales, los estudios observacionales que no incluyan ningún tipo de procedimiento en los sujetos o inclusión de información sensible no necesitan ser sometidos a una evaluación expedita por parte del comité de bioética y no requieren el consentimiento informado ya que los datos fueron archivados en historias clínicas previas, sin uso de datos identificables por lo tanto este estudio no requirió de un consentimiento informado.

Se recolectó los datos de todos los funcionarios de aerolíneas y aeropuertos de Ecuador, que acudieron al menos dos veces a realizarse un chequeo de rutina, tomando en cuenta como línea de base el primero para comparar con los

resultados de los controles posteriores.

Los grupos poblacionales fueron hombres y mujeres, tanto personal de cabina (pilotos y azafata/os) como personal terrestre, (mecánicos y controladores de tránsito aéreo)

3.2.2 Recolección y almacenamiento de datos

Todos los datos fueron obtenidos de la DGAC, cuya exportación incluyó las variables consideradas en este estudio (perfil lipídico, hemoglobina, hematocrito, glicemia e índice de masa corporal), convirtiendo la base en anonimizada, habiendo codificado la información para su posterior descripción.

Luego del manejo de los datos, se obtuvo un total de 1211 participantes que cumplieron al menos con el requisito de tener dos controles en un año seguido.

El acceso a la base de datos se garantizó gracias a la aprobación por el comité de titulación de la carrera de medicina de la Universidad de Las Américas. Se consideró que esta investigación no tenía riesgo alguno para ser evaluada por el comité de ética (CEISH-UDLA). Tanto el protocolo de estudio como la aprobación de la investigación por parte de la universidad fueron presentados a la DGAC, la cual aprobó la realización del mismo.

El personal de la DGAC nos facilitó la base de datos en formato xls de manera anonimizada. Todos los datos fueron almacenados digitalmente en una computadora matriz, usando el programa Microsoft Excel (Versión 2013) como interfaz.

La sistematización y el análisis estadístico se lo realizó en el programa Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 23.0.

3.2.3 Estrategia de búsqueda

Para la información científica de este estudio se utilizaron palabras claves como azafatas, pilotos, cabina de avión, personal y tripulantes de vuelo, presión de oxígeno en aviones, presión barométrica y efectos de la hipoxia sobre el cuerpo humano, incluyendo adaptación y aclimatación tanto en español como en inglés. Estos términos fueron desplegados en los principales buscadores y bases de datos médicas científicas como son PubMed, Google Scholar y OVID, a la vez que la información clínica relevante fue revisada en el portal actualizado UpToDate disponible en la Universidad.

3.3 Criterios de inclusión y exclusión.

La institución de la Dirección General de Aviación Civil como ente regulador de todos los participantes somete a cada participante a un chequeo pre-laboral y dependiendo de la licencia, los controles son anuales, bi-anuales, cada tres o cinco años. En el caso de este trabajo, se consideró como población a todos los participantes hombres y mujeres en los diferentes cargos laborales desde el año 2009 hasta el 2016 y que por lo menos tuvieran dos controles realizados.

Se excluyeron a los participantes que no contaban con valores de hemoglobina, hematocrito, colesterol, triglicéridos, HDL, LDL, participantes con un solo control y a los participantes con datos erróneos no compatibles con la vida.

3.4 Plan de análisis estadístico.

En el caso de variables cuantitativas se obtuvieron medidas de tendencia central como la media y de dispersión como el rango y la desviación estándar. Para variables cualitativas se calcularon frecuencias absolutas y porcentajes. Los resultados se presentaron en tablas y figuras como: barras simples, compuestas y pasteles.

Las variables cuantitativas estudiadas fueron parámetros de biometría hemática, un examen del perfil lipídico de los participantes, así como medidas antropométricas considerando el IMC la variable a medir (Anexo Matriz de operacionalización de variables). Se compararon mediciones antes de iniciar el trabajo y después de 1, 2, 3 ó 5 años de labor para detectar posibles cambios en estos parámetros. Se utilizaron los controles de seguimiento que deben cumplir los tripulantes según la Dirección General de Aviación Civil. También se realizaron comparaciones entre los datos de las biometrías hemáticas, examen de perfil lipídico y antropometría del personal de cabina versus el personal terrestre (Prueba estadística de T de Student)

Para la comparación de los resultados de los exámenes pre y post exposición a la altura se utilizó la T-test para muestras relacionadas o emparejadas, ya que dicha prueba permite determinar si existen diferencias significativas entre los resultados de una variable medida en dos momentos (antes y después) sobre una misma muestra de personas.

Se midieron en total 8 variables Índice de masa corporal (IMC) Hemoglobina (HB), Hematocrito (HTO), Glucosa (Glucosa), Triglicéridos (TG), Colesterol (Colesterol), Lipoproteínas de alta densidad (HDL), Lipoproteínas de baja densidad (LDL).

Para demostrar que en realidad desde el punto de vista estadístico existe una diferencia significativa entre los resultados de las comparaciones de los exámenes de antes y después para cada variable se plantearon las siguientes Hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en los valores de la variable en sus mediciones antes y después.

H_1 : Si existen diferencias significativas en los valores de la variable en sus mediciones antes y después

Criterio de Decisión

Para la aceptación o rechazo de la Hipótesis nula (H_0) se tiene en cuenta el siguiente criterio de decisión

P-valor (Significancia bilateral de la prueba) $< 0,05$ se rechaza H_0

P-valor ((Significancia bilateral de la prueba) $> 0,05$ se acepta H_0

El criterio anterior previamente establecido permite determinar si en realidad las diferencias son significativas.

Para la realización de las prueba T-test, los datos se tabularon y procesaron en el software SPSS versión 23.0, lo cual permitió arribar a importantes conclusiones.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Características demográficas generales

Como resultado de este estudio, se incluyeron 1211 participantes, de los cuales 1091 fueron hombres y 120 mujeres, los mismos que se clasificaron por grupos laborales. Los trabajadores expuestos a la altura o a la cabina de avión fueron los pilotos (776), azafatas/os (123) lo que representa el 74,2% de la población mientras que el grupo de personal terrestre integrado por personas de control aéreo ATC (91) y mecánicos MM (221), representaron el 25.8%.

La diferencia de género entre los distintos trabajadores es presentada en la Figura 1, la cual representa cual es la distribución entre hombres y mujeres según la profesión.

De los hombres, los pilotos representaron el 69%, seguido de los mecánicos con un 20%. En el caso de las mujeres, existió un predominio de azafatas con el 69%.

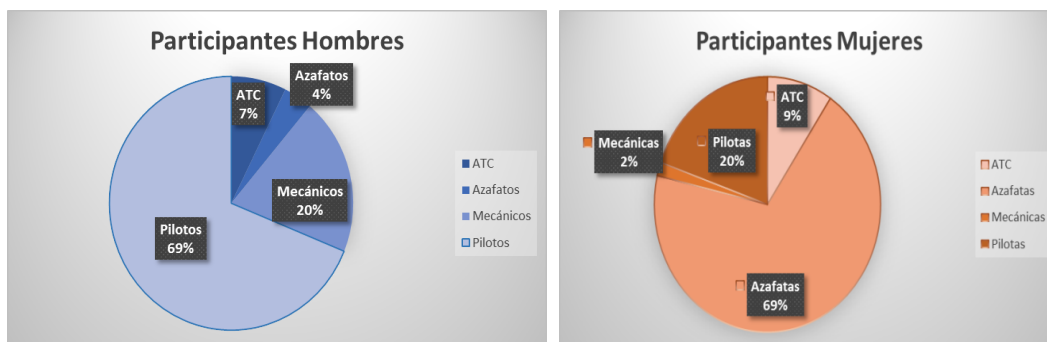


Figura 1. Distribución de pacientes por actividad relacionada con el sexo

4.2 Diferencias entre grupos etarios

Realizamos el análisis de los distintos grupos y encontramos que el grupo con mayor rango de edad osciló entre 16 y 72 años y correspondió al grupo de pilotos. (Tabla 1). La edad promedio mayor se encontró en el grupo ATC de hombres.

Tabla 1

Frecuencia de distribución de diferentes edades en los grupos laborales estudiados

Edad	Mínima	Máxima	Media	SD
Pilotos	16.00	72.00	40.53	12.56
Pilotas	22.00	62.00	34.57	8.99
ATC mujeres	23.00	42.00	31.96	5.12
ATC hombres	21.00	66.00	41.11	9.63
MM	18.00	70.00	40.77	12.21
Azafatas	18.00	57.00	32.75	8.62
Azafatos	20.00	65.00	32.49	8.47

4.3 Diferencias en perfil lipídico entre grupos de trabajos

En el análisis de las variables de perfil lipídico en hombres se pudo evidenciar que los niveles de colesterol están alterados en toda la población según los datos referenciales del laboratorio.

Según los resultados de este estudio, la media de triglicéridos sobrepasa el máximo valor aceptado, pero es en los mecánicos y controladores de tránsito aéreo (ATC) en los que se encuentran en cifras más elevadas, con valores de 193.42 y 208.20 mg/dL respectivamente, siendo los pilotos quienes tienen mejores valores lipídicos.

En términos de HDL los trabajadores expuestos a la cabina aérea presentaron cifras más altas de HDL y más baja de LDL en comparación con los mecánicos o los trabajadores de tierra.

En la siguiente figura se puede evidenciar que los datos resultantes de cada grupo varían y a pesar de tener muestras de distintos tamaños los resultados demuestran que los sujetos mecánicos tienen peores perfiles lipídicos que los expuestos a la cabina de avión.

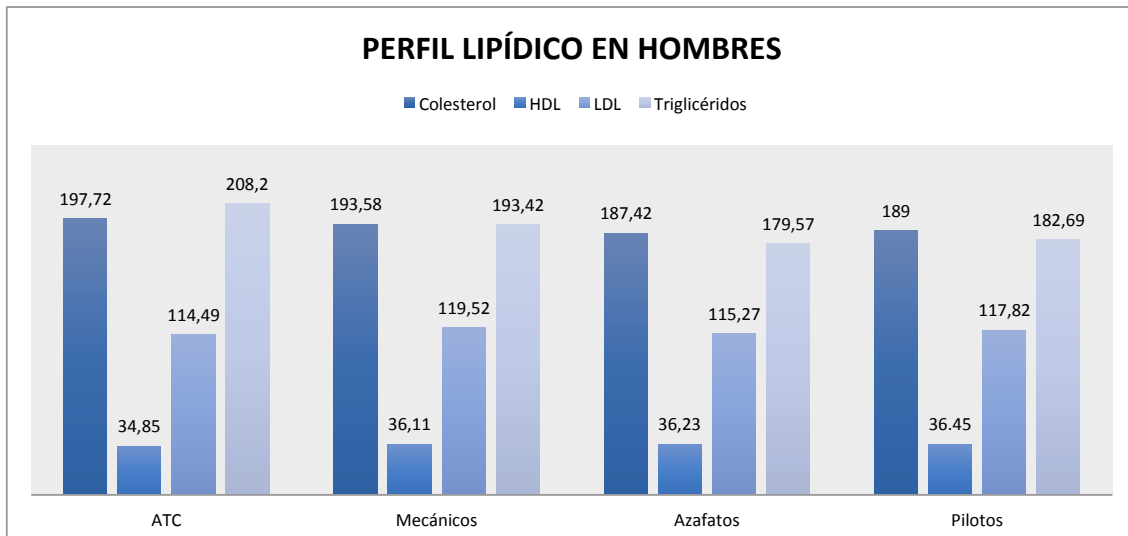


Figura 2. Perfil lipídico entre grupos de trabajos en hombres

4.4 Valores de hemoglobina y hematocrito en hombres

En la siguiente figura aparecen los resultados de hemoglobina (HB) y hematocrito (HTO) de los hombres según su profesión. Se observa que la media de la Hemoglobina (15.86g/dL) y de HTO (50.49%) del grupo MM es mayor que la del resto de los hombres.

Se realizó una comparación de medias entre el personal de cabina aérea (15.81 g/dL y 50.04%) y el personal de superficie terrestre (15.89 g/dL y 50.72%). Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

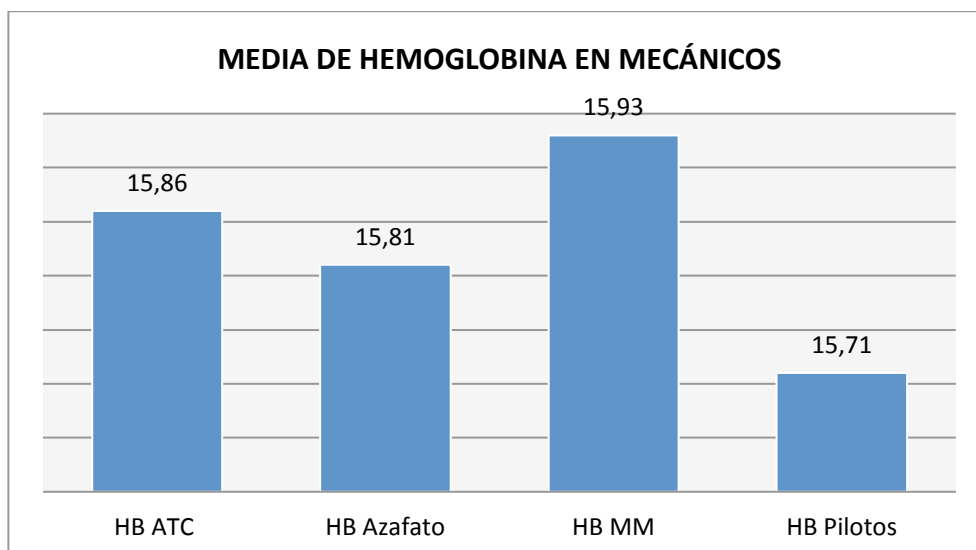


Figura 3. Media de hemoglobina en hombres

Si bien el análisis de la hemoglobina es directamente proporcional a la del hematocrito, se realizó el análisis de estas variables y se las expresó según la unidad de porcentaje tal como indica la siguiente figura.

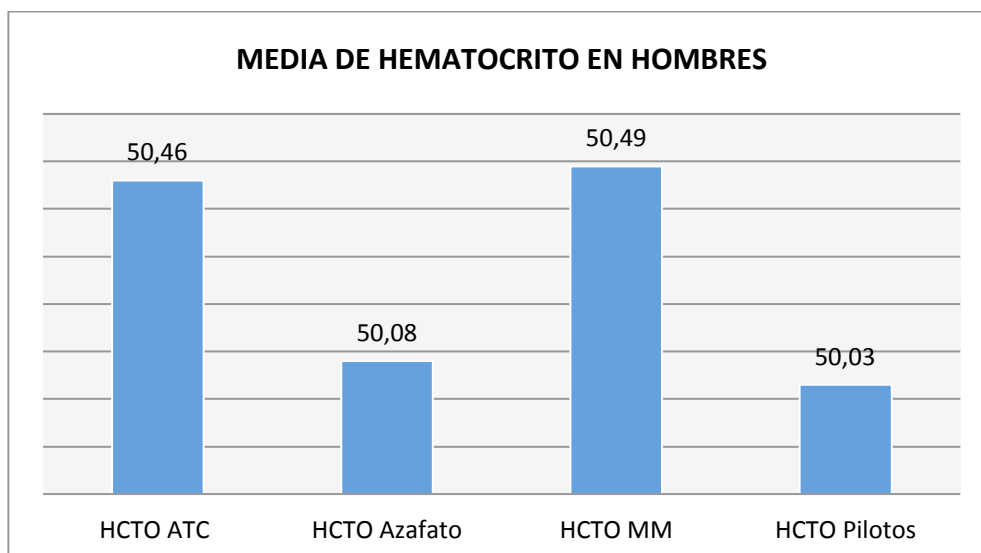


Figura 4. Media de hematocrito en hombres.

4.5 Análisis de las diferencias en el grupo de los mecánicos

En relación al análisis estadístico, las únicas pruebas estadísticas que tuvieron significación al nivel de 0.05% fueron las realizadas a las variables, perfil lipídico, IMC y la glicemia entre los trabajadores dedicados a la mecánica antes y después de laborar en el sistema del aeropuerto, ya que en todos estos casos el P-valor fue $< 0,05$.

4.5.1 Perfil lipídico en mecánicos

Como se puede observar, los mecánicos tienen un perfil lipídico que se ve afectado luego de 3 años de trabajar en dicha profesión. (Figura 5).

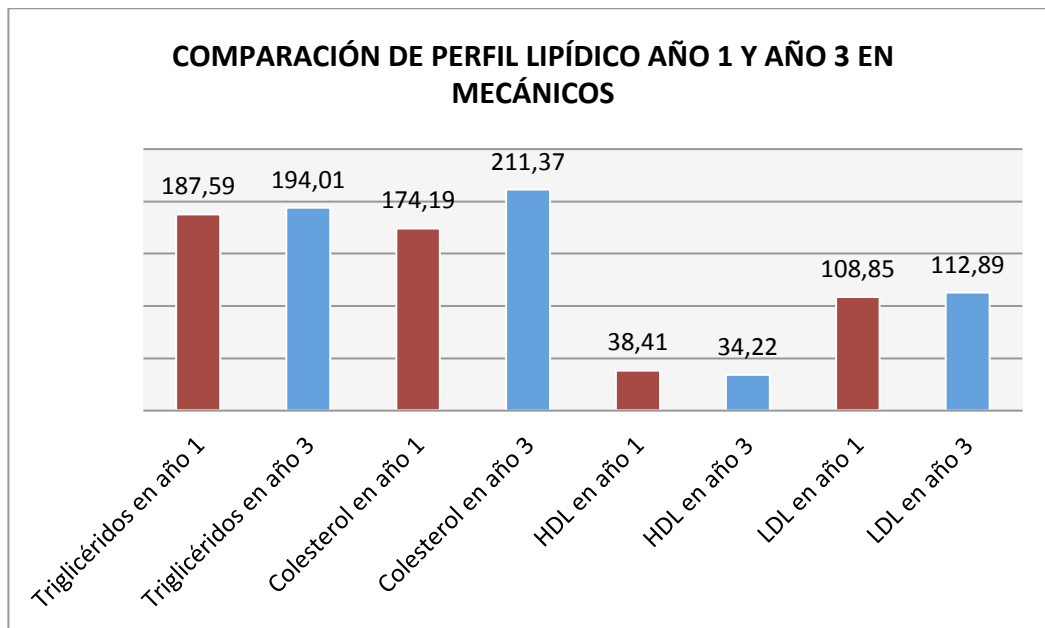


Figura 5. Perfil lipídico en mecánicos.

Estos datos demuestran que el colesterol, las LDL y los triglicéridos aumentan luego de tres años de trabajar en ese puesto, difiriendo significativamente versus su primer año de trabajo. Por otro lado, las HDL han disminuido, demostrando como los niveles de colesterol “bueno” disminuyen mientras el “malo” aumenta.

4.5.2 Índice de Masa Corporal en mecánicos

Los resultados del análisis del IMC demuestran que el peso aumenta en mecánicos, afectando negativamente su salud. El índice de masa corporal en el año 1 fue de 23.9 mientras que en el año 3 fue de 26.1, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

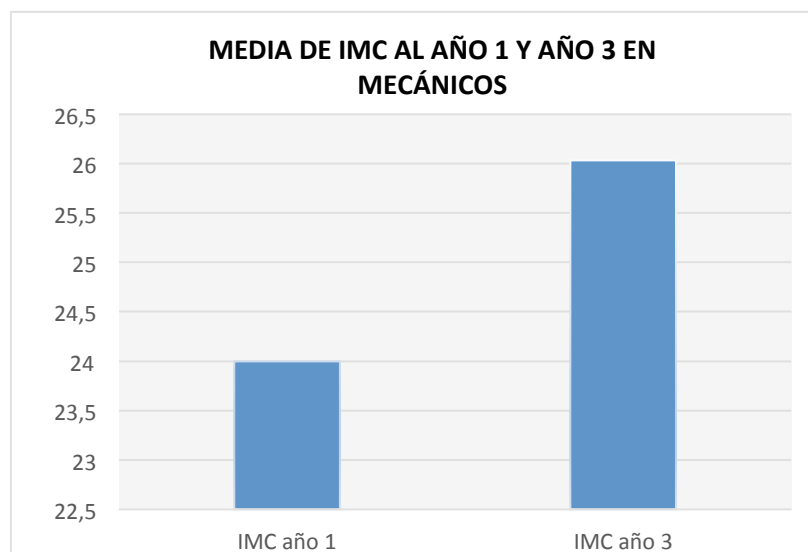


Figura 6. Medias de índice de masa corporal en mecánicos

4.5.3 Glicemias en mecánicos

En el análisis de glucosa en ayunas se puede ver que los mecánicos aumentan su glucosa en más de 5 mg/dl en relación a su primer año de trabajo.

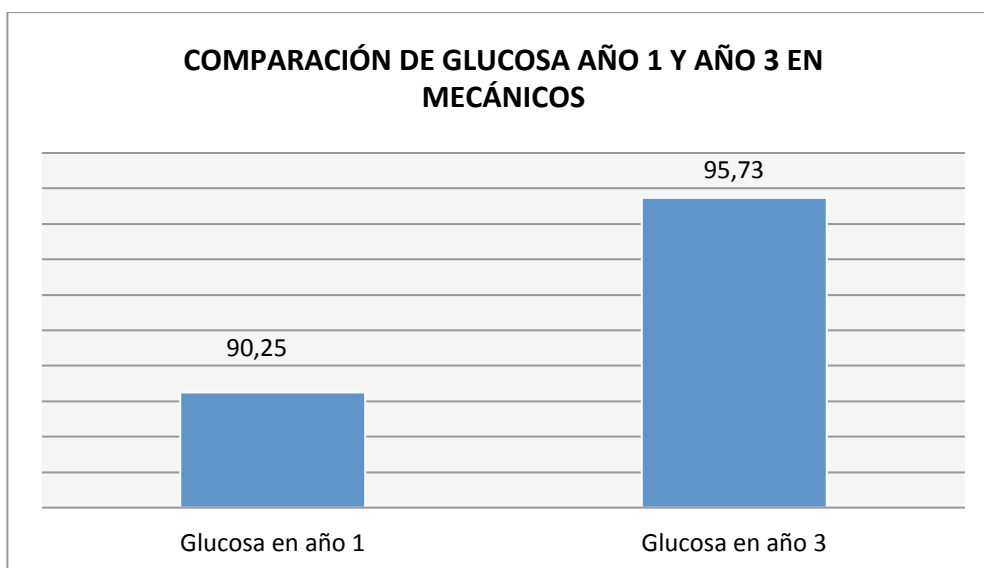


Figura 7. Glucosa en mecánicos

4.5.4 Hemoglobina y hematocrito en mecánicos

La Hb y el HCTO no cambiaron significativamente luego de 3 años de trabajo, como se observa en la siguiente figura, el hecho de trabajar en tierra no afecta los niveles hematológicos estudiados.

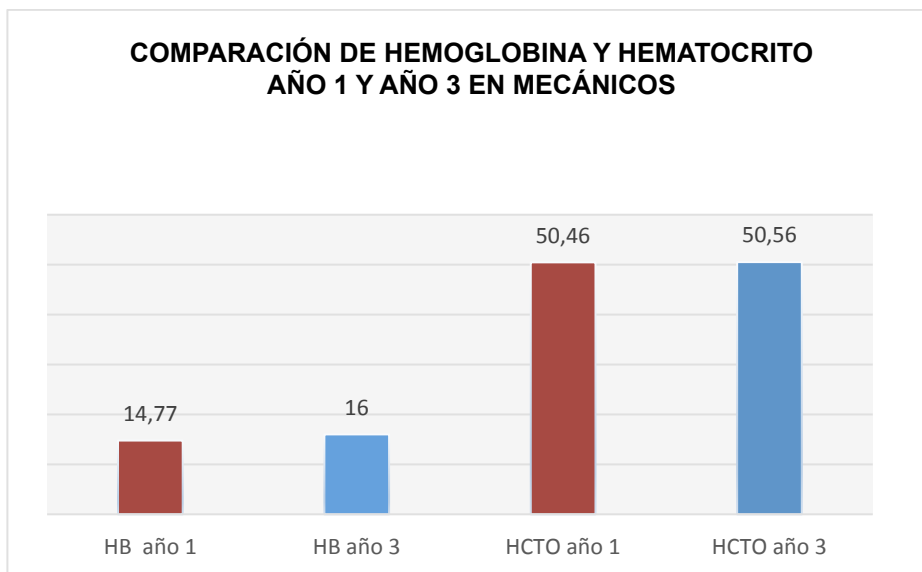


Figura 8. Hemoglobina y hematocrito de mecánicos

4.6. Análisis en azafatos

Como se pudo constatar en el análisis de variables en azafatos existen diferencias significativas en varias de estas medidas en los azafatos en el primer momento respecto al segundo. El p-valor (significancia bilateral) es $< 0,05$ en las comparaciones de los valores de triglicéridos $p < 0,009$ y HDL (Lipoproteínas de alta densidad) $p < 0,001$, IMC (Índice de masa corporal) $p < 0,001$, hemoglobina y hematocrito $p < 0,001$, lo cual demuestra que en estas variables existen diferencias significativas entre los dos momentos analizados.

En los Figuras de comparación de medias se puede ver lo siguiente:

4.6.1 Perfil lipídico en azafatos

Como se puede ver en este análisis del perfil lipídico comparando las medias de los valores del primer año y el tercer año se puede ver un incremento en todas las variables, excepto en el HDL.

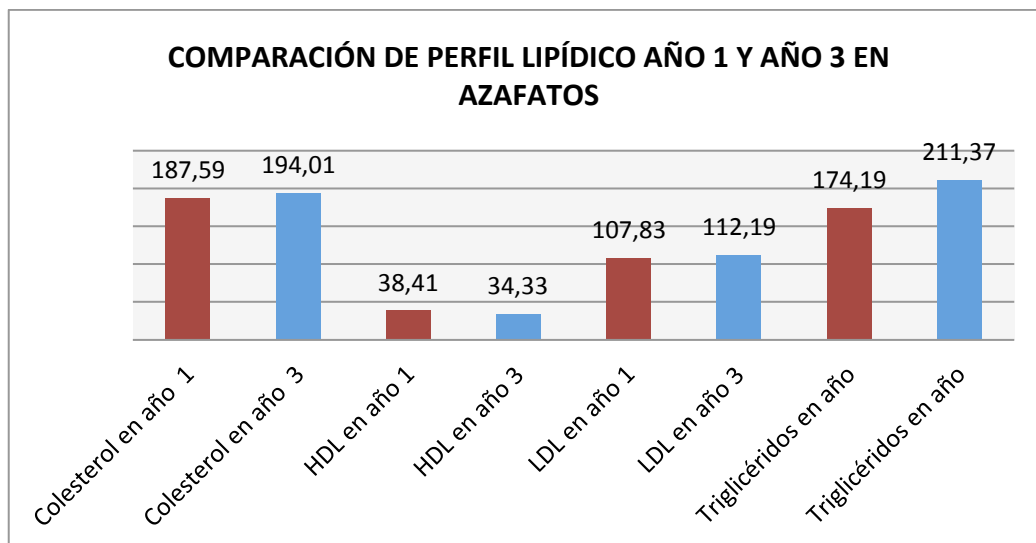


Figura 9. Perfil lipídico en azafatos

4.6.2 Hemoglobina y hematocrito en azafatos

En el caso de los azafatos en cuanto a la hemoglobina y hematocrito según los análisis estadísticos existe un aumento en cuanto a la hemoglobina al tercer año.

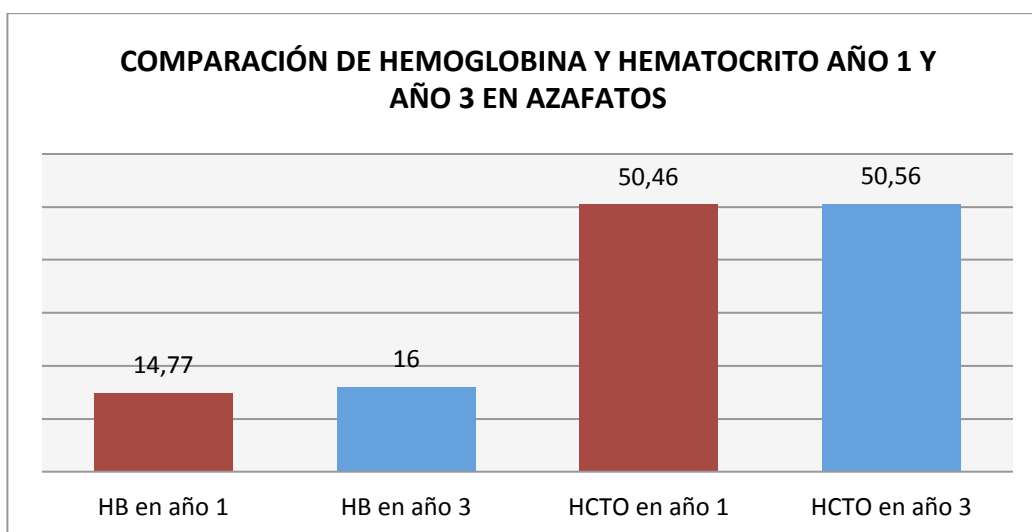


Figura 10. Hemoglobina y hematocrito en azafatos

4.6.3 Índice de masa corporal en azafatos

Comparando la media del IMC en los azafatos en el año 3, existe un incremento en comparación al primer valor, sin embargo, se encuentran en un peso normal.

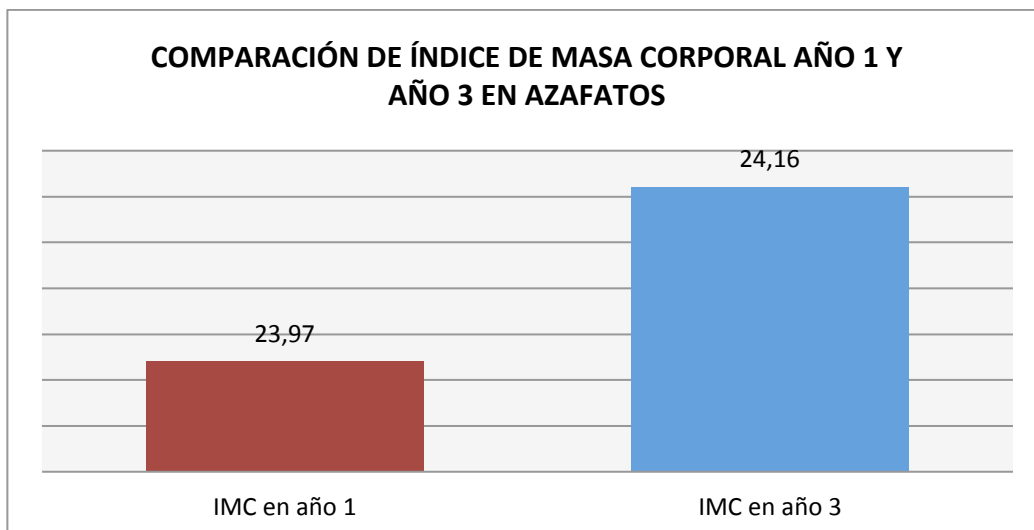


Figura 11. IMC en azafatos

Considerando a los triglicéridos con valor $p < 0,009$ en el perfil lipídico, se aprecia que en esta población hay un aumento en la segunda medición correspondiente a 211.37 mg/dL, lo cual los pone en riesgo de hipertrigliceridemias.

En el caso de las variables de hemoglobina y hematocrito en azafatos se observó un incremento en la media de estos, lo que podría desencadenarse en una poliglobulia por lo que se debe seguir estudiando en esta población la relación de estas variables con la poliglobulia.

Mientras que la variable del índice de masa corporal aumenta dentro de parámetros normales.

5. Comparación de variables año 1 y año 5 en pilotos

En el caso de los pilotos se aprecian diferencias significativas en cuanto a Colesterol, HDL, Hemoglobina, Glucosa e IMC, ya que la significancia bilateral (p-valor) fue menor que 0,05 en todas estas variables.

Los valores de las variables de colesterol, hemoglobina y IMC, aumentaron en la segunda medición, pero los valores de las variables glucosa y HDL decrecieron en la segunda medición en relación con la primera, de todas maneras, se debe recalcar que esta población tanto en el perfil lipídico y las glicemias a pesar del cambio, se mantienen en rangos normales.

5.1 Perfil lipídico en pilotos

Los resultados arrojados por el SPSS muestran que en las variables colesterol y lipoproteínas en alta intensidad (HDL) existen diferencias significativas en cuanto a los valores de ambas mediciones (antes y después) teniendo en cuenta que el p-valor es $< 0,05$.

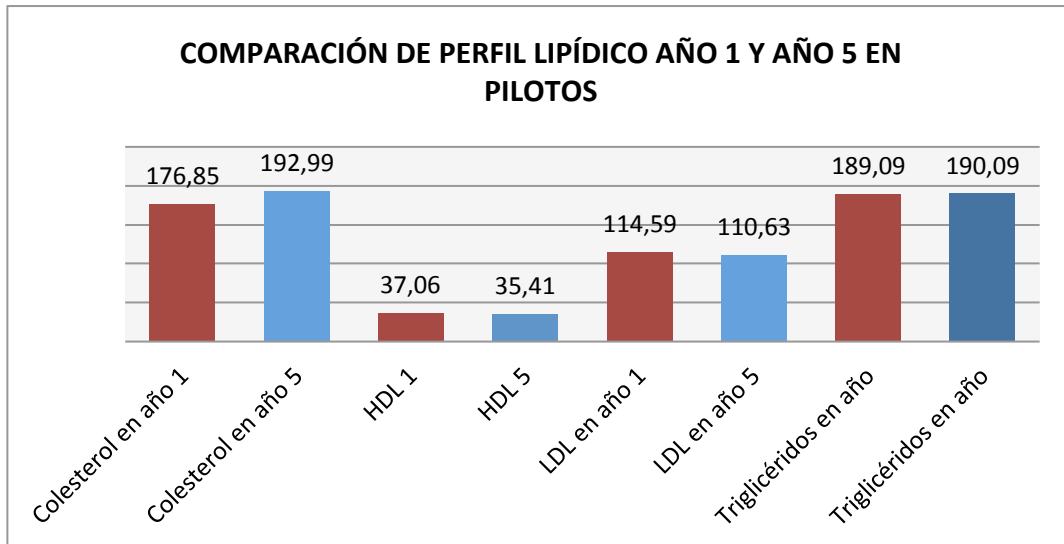


Figura 12. Perfil lipídico en pilotos.

5.2 Comparación de hemoglobina, hematocrito y glicemias en pilotos.

Los valores de la variable Hemoglobina aumentaron en la segunda medición, pero los valores de la variable glucosa decrecieron en la segunda medición en relación con la primera, de todas maneras, se debe recalcar que esta población a pesar del cambio en las variables, se mantienen en rangos normales.

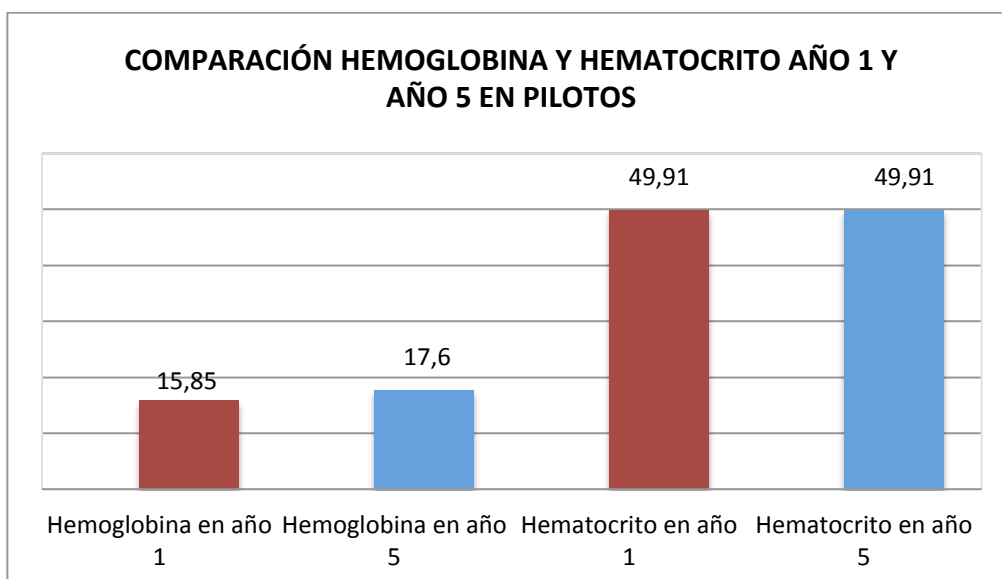


Figura 13. Hemoglobina y hematocrito en pilotos

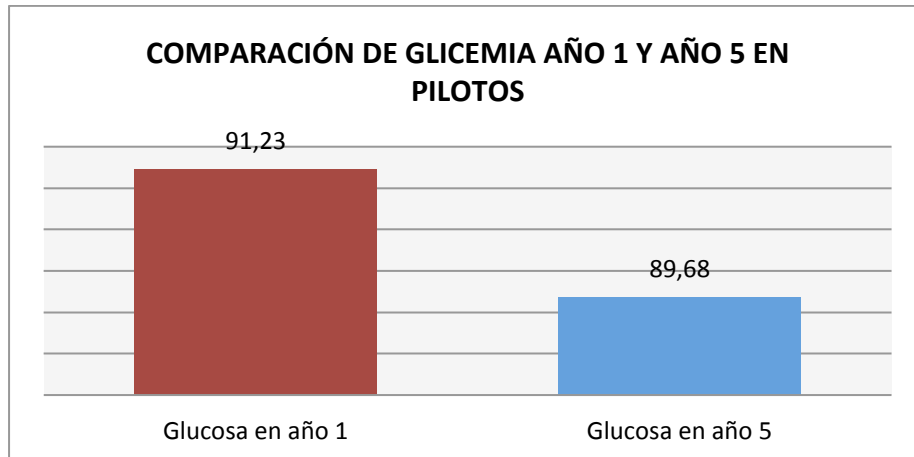


Figura 14. Glucosa en pilotos

5.3 Comparación de IMC en pilotos

Las variables del IMC, con significancia bilateral (p -valor) menor que 0,05 en sus momentos comparativos no afecta en cuanto al aumento en la segunda medición sin embargo en la comparación sigue estando en un rango de IMC de sobrepeso.

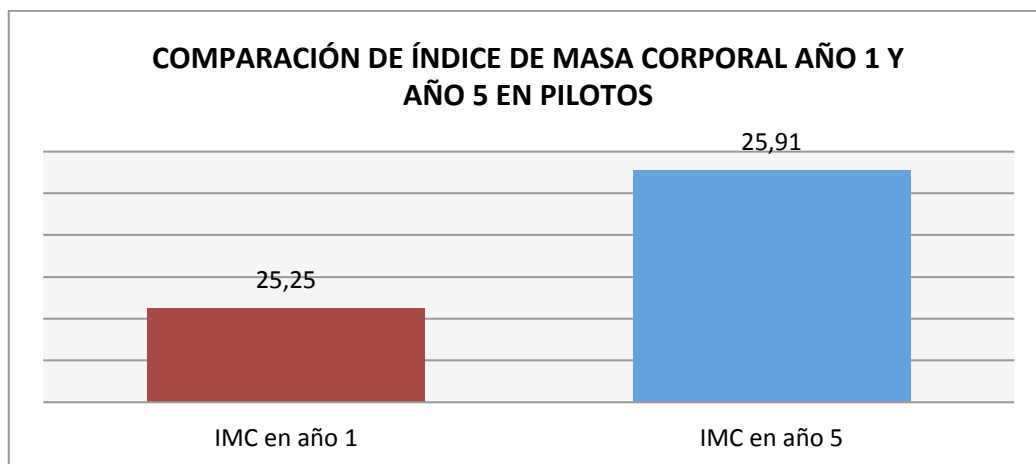


Figura 15. IMC en pilotos

6. Análisis de pilotas

Los resultados arrojados por el SPSS muestran que en la variable lipoproteínas en alta intensidad (HDL) existen diferencias significativas en cuanto a los valores de ambas mediciones (antes y después) teniendo en cuenta que el p -valor es $< 0,05$. En el análisis del resto de variables no se demostró diferencias significativas entre los valores de las mediciones de los controladores aéreos

(mujeres) antes (año 1) y después (año 2), ni en azafatas, ya que el p-valor en todos los casos fue $> 0,05$, por tanto, se aceptó la Hipótesis nula (No existen diferencias significativas).

En la tabla 2, aparecen las diferencias entre las medias de las variables estudiadas en el año 1 y en año 2.

Tabla 2

Diferencias de los valores en pilotas antes y después

COMPARACIÓN AÑO 1 Y AÑO 2 EN PILOTAS

Variables	Media	SD
IMC en año 1	22,15	2,32
IMC en año 2	22,43	2,33
Hemoglobina en año 1	13,63	2,69
Hemoglobina en año 2	14,64	1,34
Hematocrito en año 1	45	2,95
Hematocrito en año 2	46,93	4,36
Glucosa en año 1	83,74	8,69
Glucosa en año 2	84,16	9,45
Triglicéridos en año 1	95,8	28,75
Triglicéridos en año 2	112	64,18
Colesterol en año 1	168,4	27,05
Colesterol en año 2	170,37	43,1
HDL en año 1	46,85	9,44
HDL en año 2	42	8,88
LDL en año 1	90,66	44,37
LDL en año 2	105,53	35,91

6.1 Perfil lipídico en pilotas

Según se analizó en estas variables existe un aumento significativo de sus cifras en la comparación al segundo año.

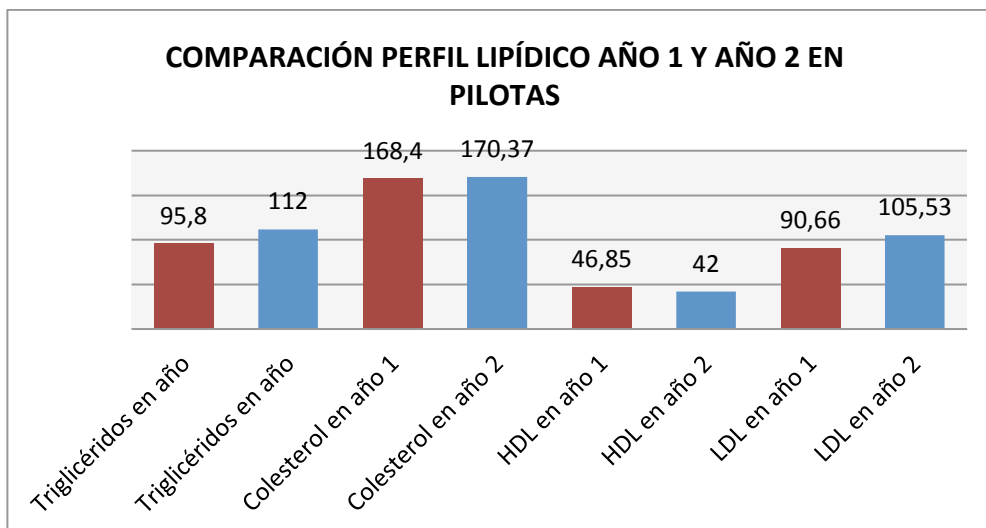


Figura 16. Perfil lipídico en pilotas

6.2 Hemoglobina y hematocrito en pilotas

Según este análisis estadístico se obtuvo un aumento en la media de hemoglobina en el segundo año de ejercer como pilotas, así mismo se evidencia un incremento en el hematocrito del segundo año, sin embargo, la diferencia no fue significativa.

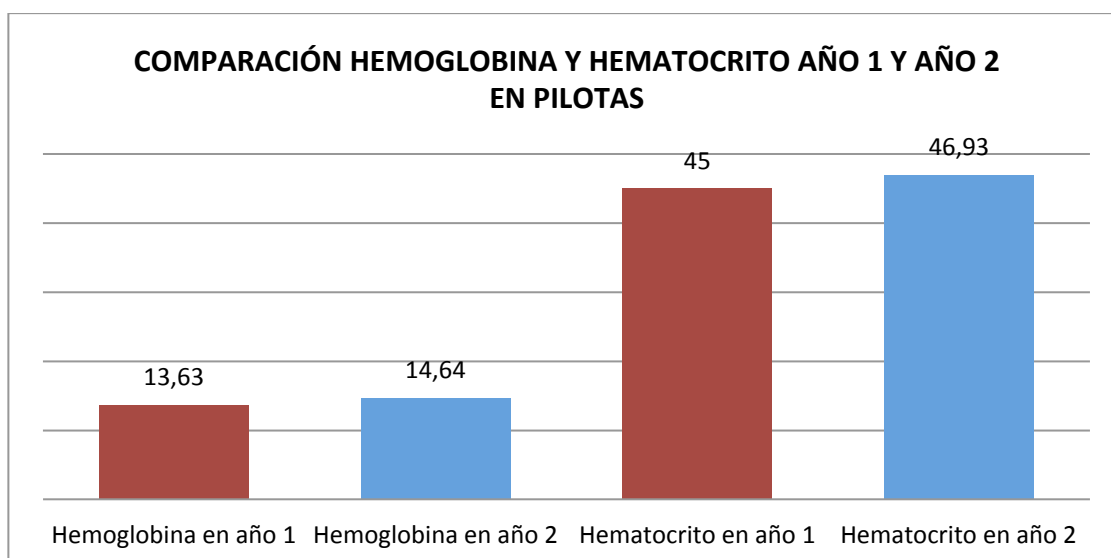


Figura 17. Hemoglobina y hematocrito en pilotas

6.3 Nivel de glucosa en pilotas

En relación al nivel de glucosa en sangre de pilotas y por medio del análisis estadístico, existe un aumento mínimo en cuanto a la glucosa del segundo año, que es estadísticamente no significativo.

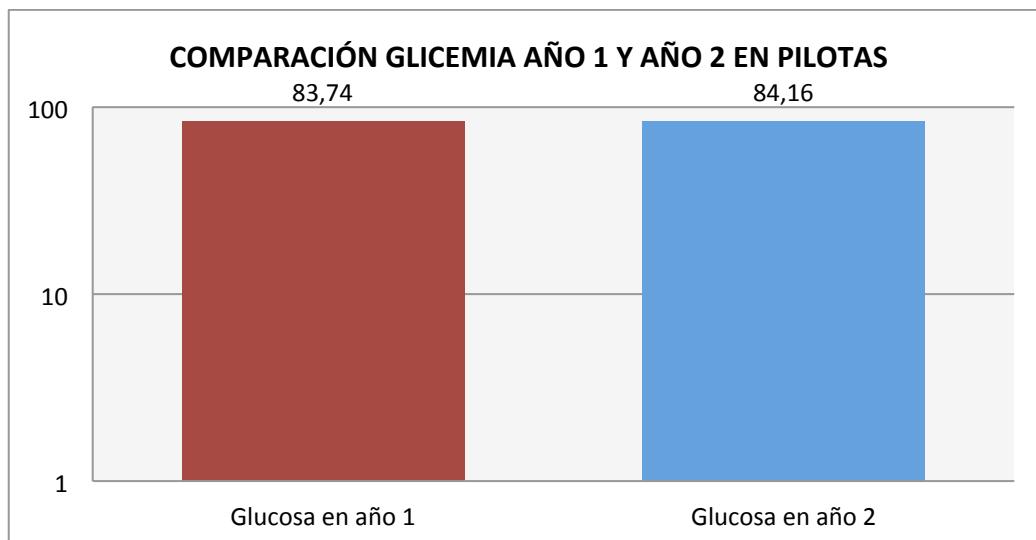


Figura 18. Glicemia en pilotas

6.4 Índice de masa corporal en pilotas

En cuanto al IMC por medio del análisis estadístico se constata un mínimo incremento en cuanto al segundo año de valoración.

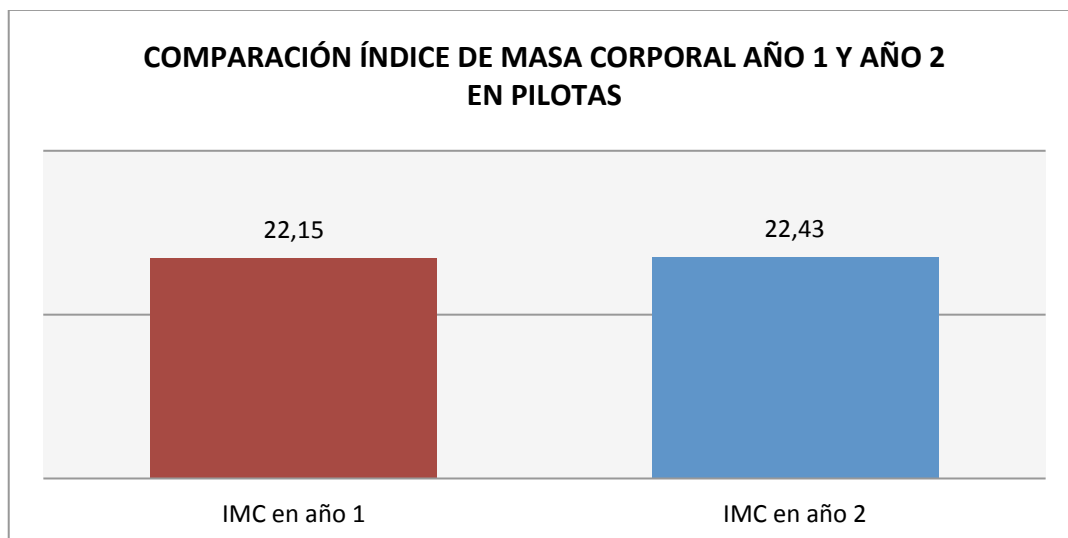


Figura 19. Índice de masa corporal en pilotas

En cuanto a las comparaciones de medias respecto al HDL, se observó que el HDL disminuyó en la segunda medición respecto a la primera.

En resumen, se encontró que el promedio de hemoglobina en hombres es de 15.83Mg/dL y el promedio de hematocrito en hombres es de 50.2%, en el caso de las mujeres el promedio de hemoglobina es de 14.10mg/dL y el promedio de

hematocrito en mujeres es de 44.84%.

7. DISCUSIÓN

Se debe recalcar que de toda nuestra muestra posterior a realizar el análisis en SPSS no existen diferencias significativas entre los valores de las mediciones de las 8 variables de los controladores aéreos ni en azafatas, por lo que nos hemos centrado en proporcionar información de todos los análisis con valor $p < 0.05$. Se evidenció que la relación que tiene la exposición a la altura inducida por la cabina aérea de un avión, no se considera como factor de riesgo para distintos parámetros fisiológicos y físicos como se expone a continuación.

Son pocos los estudios que se han publicado sobre la contribución del examen médico de rutina al mantenimiento de la seguridad operacional y sin embargo, se destinan a ese proceso millones de dólares cada año.

Las autoridades reglamentarias disponen que el personal aeronáutico deba someterse a un reconocimiento médico aeronáutico para acceder a la licencia y para la renovación de la licencia y de los certificados médicos. Esta revisión médica no varía demasiado a lo largo de la carrera del piloto, azafato y personal de cabina. Aun cuando la incidencia de la mayoría de las afecciones varía con la edad, se reconoce que las enfermedades del cuerpo son menos comunes entre los pilotos profesionales menores de 40 años que entre los de más edad. Por eso mismo, las enfermedades del cuerpo rara vez constituyen un factor de importancia en los accidentes de aviones de línea con doble tripulación a cargo de pilotos jóvenes (ICAO, 2012).

Según las regulaciones técnicas de la dirección general de aviación civil (DGAC) ninguna persona podrá actuar como piloto ni copiloto al mando según esta regulación cuando haya cumplido 65 años de edad (RDAC, 2012). Este reglamento se pasa por alto según las estadísticas de este estudio, ya que el rango de edad para piloto va desde los 16 a 72 años de edad, considerando el riesgo que podrían tener tanto en el área de salud sistémica y mental, como lo reporta un estudio realizado en personal de cabina, donde se reporta mayor incidencia en desordenes de depresión o bipolaridad que enfermedades físicas en este grupo de personas, incluso por no perder su licencia no reportan su enfermedad, no siguen un tratamiento apropiado poniendo en riesgo la vida de

otras personas (Vuorio, 2017). Sin embargo, en otro estudio realizado por la Administración Federal de Aviación propone la regla de los 60, que prohíbe a los pilotos de líneas aéreas trabajar en las operaciones una vez que hayan alcanzado la edad de 60 años. La Regla de la Edad 60 continúa siendo un tema polémico en los ámbitos legislativo y jurídico, ya que parece que no hay ninguna justificación médica, científica o de seguridad, como tal, la perpetuación de la esta regla, donde sólo la edad se utiliza como el único criterio de la aptitud del piloto, representa una discriminación por la edad en la aviación comercial (Wilkening R, 2002).

Es importante recalcar que todo aspirante para azafata/o debe cumplir con reglamentos generales como; tener mayoría de edad, poseer destrezas en natación, al menos nadar 100 m en un máximo de 2 minutos y 30 segundos, contar con una buena imagen personal (no suelen admitir tatuajes ni piercings visibles), aquí se puede destacar que un requisito indispensable en éste ámbito es la altura, para solicitar un puesto como azafata de vuelo, en mujeres: sobre los 1.57m aproximadamente y hombres: mayor a 1.68m y siempre un peso proporcionado a la estatura, es decir un IMC en peso normal (CEMAC, 2016). En este estudio, se cumple con este requisito en las pilotas y azafatos a pesar de la comparación mantienen un rango IMC en peso normal. Caso contrario el personal que permanece en superficie terrestre, específicamente los mecánicos (MM), tienden a aumentar de peso, llegando al sobrepeso según la clasificación de la OMS. El resultado en comparar el primer control del año 1 versus el control del año 5 es de 23.9 a 26.03Kg/m² de IMC, esto puede ser debido a que en los requisitos y reglamentos para mecánico de mantenimiento de aeronaves, operador de estación aeronáutica y encargado de operaciones de vuelo por la naturaleza de sus funciones no tienen requisitos de aptitud física (Evans, 2009).

Sistematizando los resultados mediante paired-samples T test, se encontró que; el promedio de hemoglobina en hombres es de 15.83Mg/dL y el promedio de hematocrito en hombres es de 50.2%, en el caso de las mujeres el promedio de hemoglobina es de 14.10mg/dL y el promedio de hematocrito en mujeres es de 44.84%.

En cuanto a grupos de trabajo, se evidenció que son los mecánicos que tienden a superar los valores normales en cuanto a perfil lipídico, glicemias y sobrepeso, reconociendo que la actividad de esta población puede ser extenuante.

Tomando valores referenciales de triglicéridos (50 a 150 mg/dL) según este estudio, la media de triglicéridos sobrepasa el máximo valor aceptado, pero es en los mecánico y controladores de tránsito aéreo los que se encuentran en cifras elevadas con valores de 193.42 y 208.20 mg/dL respectivamente, así podemos concluir que esta población se encuentra en mayor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, dislipidemias e hiperlipidemias.

Por otro lado, puede considerarse como factor protector según esta investigación laborar como piloto o azafato ya que son los que tienen cifras más alta de “colesterol bueno” como denomina la literatura al HDL, ya que ayuda a reducir y eliminar el colesterol sistémico, disminuyendo el riesgo de enfermedad metabólica, sustentando otro dato en los pilotos se aprecia tanto en el perfil lipídico y las glicemias que a pesar de que existe un cambio en la comparación de muestras se mantienen en rangos normales.

En guía internacionales de manejo de dislipidemias se recomienda en población mayor a 20 años realizar tamizaje para manejo de dislipidemias (ADA, 2011). La tendencia en mecánicos y pilotos a incrementar sus niveles de triglicéridos colesterol y LDL, son factores que se deben tener precaución y analizarlos ya que en estudios científicos certifican que son las afecciones cardiovasculares las que ocupan el primer lugar seguido de los casos ortopédicos y musculoesqueléticos (Wirawan IM, Aldington S, 2013).

por lo que se podría validar la importancia de tener un control médico aeronáutico riguroso, con el fin de hacer una estratificación del riesgo cardiovascular, poniendo en consideración un riesgo bajo al personal con los valores referenciales obtenidos.

Las citas periódicas con el médico examinador aeronáutico para la revisión de rutina tiene una importancia formal relativamente escasa, ya que la atención por lo general se concentra en detectar enfermedades físicas, quitando importancia aun cuando el médico examinador tome la iniciativa de indagar

informalmente en problemas de conducta o salud mental, perfil lipídico, hematológico, entre otros. Poniendo en desventaja a los titulares de licencias más jóvenes que conozcan las probabilidades de patologías puntuales de importancia para su área laboral.

Un gran determinante del contenido arterial de oxígeno (PaO₂) es la hemoglobina, que a su vez es reflejo del hematocrito; es muy importante conocer el valor de hemoglobina o hematocrito que indica la necesidad de transfundir al paciente. (Pizarro, 2000) En este estudio se obtuvo valor referencial en cuanto a la media de hemoglobina en toda la población siendo en hombres 15.8 g/dL y en mujeres 14.1 g/dL.

Se realizó un estudio transversal analítico, en la ciudad de Cuenca en el 2013, trabajando con una muestra aleatorizada de 411 hemogramas de un universo de 5.000. El valor de hemoglobina promedio para varones fue de 16,45 g/dl y de hematocrito de 48,61 %, para mujeres el valor promedio de hemoglobina fue de 14,12 g/dl y de hematocrito 42,62%. Los valores encontrados en este estudio se relacionan a los de este estudio considerando que en Cuenca se encuentran a 2500 msnm (Maldonado Muñoz, 2013).

En cuanto al planteamiento del problema de este estudio; si existe o no un cambio debido a la aclimatación como respuesta a la hipoxia crónica es evidente que el personal de cabina aérea tiende a aumentar sus valores de HB y HTO como medida compensatoria.

Son además otros datos como la glucosa, colesterol, triglicéridos y HDL que reportan variabilidad de distribución (dispersión de la media) $p < 0.05$ entre todo el personal de superficie terrestre. Se puede atribuir a este resultado la falta de control médico y social en comparación con el personal de cabina, ya que, para la obtención de la licencia de personal aéreo, uno de los requisitos es cuidar la presencia física, así como tener controles periódicos físicos y de salud, recordando que una de sus funciones es estar preparados para atender emergencias en el avión o a pasajeros. Por otro lado, con estos resultados se considera que el trabajar en personal aérea es un factor protector para no tener dislipidemias.

A través de una revisión bibliográfica se observa que existe escasez de

indicadores confiables que sean fácilmente aplicables para poder predecir un nivel individual de tolerancia como la susceptibilidad al desarrollo de una actividad laboral en la altura. Este estudio se realizó en 16 trabajadores de sexo masculino (talla: 1.67 +/- 8cm, peso: 63.7 +/- 12.3, edad: 28.9 +/- 10 años). Como conclusión se determina que la mayoría de trabajadores se encontraban adaptados a las condiciones ambientales de altura (2850mts), lo que se traduce en minimización del riesgo laboral de sufrir accidentes como los que se evidencian en obreros que trabajan al nivel del mar. (Teixidó, 2015).

Es importante que el personal de salud conozca los valores de referencia de hemoglobina y hematocrito en una población específica como en este estudio el personal de cabina aérea y el personal que pertenece en superficie terrestre, asociando esta diferencia a la baja de presión parcial de O₂ en cabina aérea, lo cual se puede atribuir a una policitemia compensatoria con el aumento de Hb.

En este estudio de análisis descriptivo, encontramos diferencias significativas entre los grupos ocupacionales; de cabina aérea frente a los trabajadores que permanecen en la superficie terrestre.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Según las diferencias de las variables medidas, son los mecánicos de aeronaves el grupo de personas que determinan que existe diferencia significativa, por la tendencia al sobrepeso e incrementar sus valores en niveles lipídicos por estas razones incrementan su riesgo cardiovascular.
- Las diferencias más significativas que arroja este estudio en la comparación de las variables durante 7 años es en el caso de los mecánicos en parámetro lipídicos y el IMC, con tendencias a elevar sus valores, poniéndolos en riesgo de dislipidemias y sobrepeso.
- En cuanto a la evolución de las variables estudiadas mediante la comparación entre sexo y lugar de trabajo, se evidencia que el personal de azafatos representan una población sin riesgo ya que poseen valores dentro de parámetros normales, mientras los mecánicos son el grupo con mayor vulnerabilidad a presentar cambios, tienen una alta tendencia a la obesidad, al igual que los pilotos.
- Se reportan varios cambios en este estudio en trabajadores hombres en diferentes momentos del tiempo como son; las variables en mecánicos el colesterol, las LDL y los triglicéridos tienden a aumentar luego de tres años de trabajar en ese puesto, difiriendo significativamente versus su primer año de trabajo. Por otro lado, las HDL han disminuido, demostrando como los niveles de colesterol “bueno” disminuyen mientras el “malo” aumenta. De la misma población de mecánicos, el IMC tienden al aumento de este, afectando negativamente su salud. El índice de masa corporal en el año 1 fue de 23.9 mientras que en el año 3 fue de 26.1, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) así como aumentan su glucosa en más de 5 mg/dl en relación a su primer año de trabajo
- En el caso de los pilotos se aprecian diferencias significativas en cuanto a Colesterol, HDL, Hemoglobina, Glucosa e IMC, ya que la significancia bilateral (p-valor) fue menor que 0,05 en todas estas variables. Medias

que fueron comparadas en el año 1 y al año 5.

Los cambios significativos que se detectaron en este estudio son; los niveles de glucosa por su disminución en la segunda toma para la comparación y los niveles de hemoglobina que incrementan en el control a los 5 años en el caso de los pilotos.

5.2 RECOMENDACIÓN

- Es importante reconocer que para realizar un trabajo que requiera la exposición a altitud por tiempos prolongados es indispensable cumplir con parámetros físicos y psicológicos, así también se recomienda un control riguroso y continuo para evitar complicaciones significativas ocasionados por variables del entorno.
- Implementar protocolos de seguimiento en controles médicos que incluyan variables como los que se consideraron en este estudio y aplicarlos a todo el personal tanto de cabina como de tierra.
- Establecer revisiones médicas al personal de mecánicos y proponer actividades complementarias que eviten el sedentarismo y con esto disminuir el riesgo cardiovascular.
- Brindar capacitación previa a posibles candidatos a este tipo de vacantes laborales, por lo que es necesario una rigurosa preparación y análisis para medir las condiciones físicas para cada ámbito.
- Se recomienda estandarizar valores referenciales tanto de personas expuestas a altura, como de personas que laboran en superficie terrestre en cuanto a rangos de hemograma y perfil lipídico, reconociendo que algunas de estas pueden estar alteradas como medidas de compensación.
- Identificar a los individuos con concentraciones anormales especialmente en el perfil lipídico, y referirlos oportunamente para manejo médico.
- Recomendamos continuar con este tipo de trabajos investigativos, ya que el campo es muy amplio y en Ecuador hay escasez sobre información relevante en este ámbito.

REFERENCIAS

- American Diabetes Association Standards of Medical Care in Diabetes. (2011). *Diabetes Care* January 2011 34:S11-S61; doi:10.2337/dc11-S011
- Adams, J., Difazio, L., Rolandelli, R. H., Lujan, J., Hasko, G. Y., Csoka, B., ... Németh, Z. (2009). HIF-1: a key mediator in hypoxia (Review). *Acta Physiologica Hungarica*, 96(1), 19–28.
- Ariznavarreta, C., Cardinali, D. P., Villanua, M. A., Granados, B., Martin, M., Chiesa, J. J., Tresguerres, J. A. (2002). Circadian rhythms in airline pilots submitted to long-haul transmeridian flights. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 73(5), 445–455.
- Bayer, C., Shi, K., Astner, S. T., Maffei, C.-A., & Vaupel, P. (2011). Acute versus chronic hypoxia: why a simplified classification is simply not enough. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 80(4), 965–968.
- Beall, C., & Brittenham, G. (1998). Hemoglobin concentration of high-altitude Tibetans and Bolivian Aymara, 385–400.
- Bonuccelli, G., Tsirigos, A., Whitaker-Menezes, D., Pavlides, S., Pestell, R. G., Chiavarina, B., ... others. (2010). Ketones and lactate “fuel” tumor growth and metastasis: Evidence that epithelial cancer cells use oxidative mitochondrial metabolism. *Cell Cycle*, 9(17), 3506–3514.
- Browne, A., & Sullivan, B. (2005). Abortion in Canada. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 14(03), 287–291.
- Brundrett, G. (2001). Comfort and health in commercial aircraft: a literature review. *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 121(1), 29–37. <https://doi.org/10.1177/146642400112100108>
- Brutsaert, T. D., Soria, R., Caceres, E., Spielvogel, H., & Haas, J. D. (1999). Effect of developmental and ancestral high altitude exposure on chest morphology and pulmonary function in Andean and European/North American natives. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council*, 11(3), 383–395. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6300\(1999\)11:3<383::AID-AJHB9>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:3<383::AID-AJHB9>3.0.CO;2-X)

- Burtscher, M. (2014). Effects of living at higher altitudes on mortality: a narrative review. *Aging and Disease*, 5(4), 274–280. <https://doi.org/10.14336/AD.2014.0500274>
- Caramelo, C., Justo, S., & Gil, P. (2007). Anemia en la insuficiencia cardiaca: fisiopatología, patogenia, tratamiento e incógnitas. *Revista Española de Cardiología*, 60(8), 848–860. <https://doi.org/10.1157/13108999>
- Castelli, F. (2004). Human mobility and disease: a global challenge. *Journal of Travel Medicine*, 11(1), 1–2.
- Cottrell, J. J. (1988). Altitude exposures during aircraft flight: flying higher. *CHEST Journal*, 93(1), 81–84.
- de Miguel Llorente, D., Suárez, J. G., Rubio, M. L., & de Ozalla, C. B. A. (2001). Protocolo diagnóstico de las poliglobulias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 8(52), 2789–2791.
- De Rosa, M. C., Carelli Alinovi, C., Galtieri, A., Russo, A., & Giardina, B. (2008). Allosteric properties of hemoglobin and the plasma membrane of the erythrocyte: new insights in gas transport and metabolic modulation. *IUBMB Life*, 60(2), 87–93. <https://doi.org/10.1002/iub.15>
- Dehnert, C., Hütler, M., Liu, Y., Menold, E., Netzer, C., Schick, R., ... Steinacker, J. M. (2002). Erythropoiesis and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 23(8), 561–566. <https://doi.org/10.1055/s-2002-35533>
- Dunn, J. F., Wu, Y., Zhao, Z., Srinivasan, S., & Natah, S. S. (2012). Training the Brain to Survive Stroke. *PLoS ONE*, 7(9), e45108. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045108>
- Evans AD, Watson DB, Evans SA, Hastings J, Singh J, Thibeault C. (2009). Safety management as a foundation for evidence-based aeromedical standards and reporting of medical events. *Aviat Space Environ* (6):511-5.
- Fandrey, J. (2005). High-altitude polycythemia. *Haematologica*, 90(1), 1–1.
- Gelfi, C., De Palma, S., Ripamonti, M., EBERINI, I., WAIT, R., Bajracharya, A.,

- Cerretelli, P. (2004). New aspects of altitude adaptation in Tibetans: a proteomic approach. *The FASEB Journal*, *18*(3), 612–614.
- Gendreau, M. A., & DeJohn, C. (2002). Responding to medical events during commercial airline flights. *New England Journal of Medicine*, *346*(14), 1067–1073.
- Hackett, P. H., & Roach, R. C. (2001). High-altitude illness. *New England Journal of Medicine*, *345*(2), 107–114.
- Hainsworth, R., Drinkhill, M. J., & Rivera-Chira, M. (2007). The autonomic nervous system at high altitude. *Clinical Autonomic Research*, *17*(1), 13–19.
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2014). *Textbook of medical physiology* (13TH ed.). Saunders.
- Houston, C. S., Sutton, J. R., Cymerman, A., & Reeves, J. T. (1987). Operation Everest II: man at extreme altitude. *Journal of Applied Physiology*, *63*(2), 877–882.
- Huez, S., Faoro, V., Guénard, H., Martinot, J.-B., & Naeije, R. (2009). Echocardiographic and tissue Doppler imaging of cardiac adaptation to high altitude in native highlanders versus acclimatized lowlanders. *The American Journal of Cardiology*, *103*(11), 1605–1609.
- Human Adaptation to High Altitude: Regional and Life-Cycle Perspectives. (n.d.). Retrieved June 1, 2017, from <https://ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/9881522/>
- Humphreys, S., Deyermond, R., Bali, I., Stevenson, M., & Fee, J. P. H. (2005). The effect of high altitude commercial air travel on oxygen saturation. *Anaesthesia*, *60*(5), 458–460.
- Jaillard, A. S., Hommel, M., & Mazetti, P. (1995). Prevalence of stroke at high altitude (3380 m) in Cuzco, a town of Peru. *Stroke*, *26*(4), 562–568.
- Jha, S. K., Anand, A. C., Sharma, V., Kumar, N., & Adya, C. M. (2002). Stroke at high altitude: Indian experience. *High Altitude Medicine & Biology*, *3*(1), 21–27. <https://doi.org/10.1089/152702902753639513>
- John, E. (2016). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 13E. Retrieved from http://42.112.35.45:6008/handle/DHKTYTHD_123/693

- Katzer, R. J., Frumin, E., Silverman, D., Koenig, K. L., & Schultz, C. H. (2013). In-flight medical emergencies: creation of a novel simulation based medical student curriculum. *Medical Teacher*, *35*(10), 874–874.
- Koeppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=UCC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=042713>
- Kryger, M., McCullough, R., Doekel, R., Collins, D., Weil, J. V., & Grover, R. F. (1978). Excessive polycythemia of high altitude: role of ventilatory drive and lung disease. *The American Review of Respiratory Disease*, *118*(4), 659–666. <https://doi.org/10.1164/arrd.1978.118.4.659>
- Lee, A. P., Yamamoto, L. G., & Relles, N. L. (2002). Commercial airline travel decreases oxygen saturation in children. *Pediatric Emergency Care*, *18*(2), 78–80.
- Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (1997). “Living high-training low”: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*, *83*(1), 102–112.
- Luks, A. M., McIntosh, S. E., Grissom, C. K., Auerbach, P. S., Rodway, G. W., Schoene, R. B., ... Hackett, P. H. (2014). Wilderness Medical Society practice guidelines for the prevention and treatment of acute altitude illness: 2014 update. *Wilderness & Environmental Medicine*, *25*(4), S4–S14.
- Malone, S. K., Zemel, B., Compher, C., Souders, M., Chittams, J., Thompson, A. L., & Lipman, T. H. (2016). Characteristics associated with sleep duration, chronotype, and social jet lag in adolescents. *The Journal of School Nursing*, *32*(2), 120–131.
- Marode, E. (1975). The mechanism of spark breakdown in air at atmospheric pressure between a positive point and a plane. I. Experimental: Nature of the streamer track. *Journal of Applied Physics*, *46*(5), 2005–2015.
- Matsumoto, K., & Goebert, D. (2001). In-flight psychiatric emergencies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, *72*(10), 919–923.
- McMurray, S. J. (1994). High altitude medicine for family physicians. *Canadian*

- Family Physician*, 40, 711–718.
- McNeely, E., Gale, S., Tager, I., Kincl, L., Bradley, J., Coull, B., & Hecker, S. (2014). The self-reported health of US flight attendants compared to the general population. *Environmental Health*, 13(1), 1.
- Mesa, J. F. C., Camacho, D. F. R., & Morales, J. C. C. (2015). Comportamiento de índices fisiológicos en un grupo de estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, expuestos de 2600 a 3800 msnm en el páramo de Sumapaz durante un día. Estudio observacional. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 15(1), 85–94.
- Moore, L. G. (2001). Human genetic adaptation to high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 2(2), 257–279. <https://doi.org/10.1089/152702901750265341>
- Moore, L. G., Armaza, F., Villena, M., & Vargas, E. (2000). Comparative aspects of high-altitude adaptation in human populations. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 475, 45–62.
- Mortazavi, A., Eisenberg, M. J., Langleben, D., Ernst, P., & Schiff, R. L. (2003). Altitude-related hypoxia: risk assessment and management for passengers on commercial aircraft. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 74(9), 922–927.
- Muhm, J. M., Rock, P. B., McMullin, D. L., Jones, S. P., Lu, I. L., Eilers, K. D., ... McMullen, A. (2007). Effect of aircraft-cabin altitude on passenger discomfort. *New England Journal of Medicine*, 357(1), 18–27.
- Nicolaidis, K. H., Rizzo, G., & Hecher, K. (2000). Doppler studies in fetal hypoxemic hypoxia. *Placental and Fetal Doppler*, 66–83.
- Ortiz-Prado, E., & Dunn, J. F. (2011). High altitude exposure and ischemic stroke. *Rev Fac Cien Med (Quito)* 2011, 36: 63-70. Retrieved from https://www.google.com.ec/search?q=High+altitude+exposure+and+ischemic+stroke&ie=utf-8&oe=utf-8&rls=org.mozilla:es-ES:official&client=firefox-a&channel=sb&gfe_rd=ctrl&ei=Xt0cU4aED8jO8geWkoHIBg&gws_rd=cr
- Ortiz-Prado, E., Natah, S., Srinivasan, S., & Dunn, J. F. (2010). A method for measuring brain partial pressure of oxygen in unanesthetized

- unrestrained subjects: the effect of acute and chronic hypoxia on brain tissue PO₂. *Journal of Neuroscience Methods*, 193(2), 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.08.019>
- Ortiz-Prado, E., Ojeda, O., & Silva, F. (2007). Accidente Cerebrovascular en poblaciones situadas a grandes alturas: Revisión y análisis de los factores de riesgo. *REVISTA ECUATORIANA DE NEUROLOGIA*, 16(1). Retrieved from http://www.medicosecuador.com/espanol/articulos_medicos/398.htm
- Penaloza, D. (2012). Efectos de la exposición a grandes alturas en la circulación pulmonar. *Revista Española de Cardiología*, 65(12), 1075–1078. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2012.06.027>
- Pine, J. (2016). Management of inflight medical emergencies on commercial airlines. Up to Date.
- Rovig, G. W., Bohnker, B. K., & Page, J. C. (2004). Hearing health risk in a population of aircraft carrier flight deck personnel. *Military Medicine*, 169(6), 429.
- Rusko, H., Tikkanen, H., & Peltonen, J. (2016). Altura y Entrenamiento de Resistencia. *PubliCE Premium*. Retrieved from <http://g-se.com/es/salud-y-fitness/articulos/altura-y-entrenamiento-de-resistencia-2091>
- Sanlorenzo, M., Vujic, I., Posch, C., Cleaver, J. E., Quaglino, P., & Ortiz-Urda, S. (2015). The risk of melanoma in pilots and cabin crew: UV measurements in flying airplanes. *JAMA Dermatology*, 151(4), 450–452.
- Scheufler, K. (2004). Tissue oxygenation and capacity to deliver O₂ do the two go together?, p. 45 a 54.
- Scott, J. A. G., Hall, A. J., Dagan, R., Dixon, J. M. S., Eykyn, S. J., Fenoll, A., ... Lamothe, F. (1996). Serogroup-specific epidemiology of *Streptococcus pneumoniae*: associations with age, sex, and geography in 7,000 episodes of invasive disease. *Clinical Infectious Diseases*, 22(6), 973–981.
- Semenza, G. L. (2014). Oxygen sensing, hypoxia-inducible factors, and disease

- pathophysiology. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 9, 47–71.
- Siddiqui, A., Galiano, R. D., Connors, D., Gruskin, E., Wu, L., & Mustoe, T. A. (1996). Differential effects of oxygen on human dermal fibroblasts: acute versus chronic hypoxia. *Wound Repair and Regeneration*, 4(2), 211–218.
- Silverman, D., & Gendreau, M. (2009). Medical issues associated with commercial flights. *The Lancet*, 373(9680), 2067–2077.
- Smedley, T., & Grocott, M. P. (2013). Acute high-altitude illness: a clinically orientated review. *British Journal of Pain*, 7(2), 85–94. <https://doi.org/10.1177/2049463713489539>
- Strapazzon, G., & Semplicini, A. (2009). High-altitude cerebral effects: risks and mechanisms. *The Lancet Neurology*, 8(7), 604. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70159-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70159-0)
- Sutton, J. R., Reeves, J. T., Wagner, P. D., Groves, B. M., Cymerman, A., Malconian, M. K., ... Houston, C. S. (1988). Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *Journal of Applied Physiology*, 64(4), 1309–1321.
- Tahan, A. Al, Buchur, J., Khwsky, F. El, Ogunniyi, A., Al-Rajeh, S., Larbi, E., ... Bangboye, E. (1997). Risk factors of stroke at high and low altitude areas in Saudi Arabia. *Archives of Medical Research*, 29(2), 173–177.
- Tang, X., Zhang, J., Qin, J., Gao, X., Li, Q., Yu, J., ... Huang, L. (2014). Age as a risk factor for acute mountain sickness upon rapid ascent to 3,700 m among young adult Chinese men. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1287.
- Van Baalen, M., Mason, S., Foy, M., Wear, M., Taiym, W., Moynihan, S., ... Tarver, W. (2015). Evidence Based Medicine in Space Flight: Evaluation of Inflight Vision Data for Operational Decision-Making. Retrieved from <http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20140017001>
- Vera, F. (2010). LA HEMOGLOBINA: UNA MOLÉCULA PRODIGIOSA, 104, 213–232.

- Virués-Ortega, J., Garrido, E., Javierre, C., & Kloezeman, K. C. (2006). Human behaviour and development under high-altitude conditions. *Developmental Science*, 9(4), 400–410.
- Vuorio A, Laukkala T, Navathe P, Budowle B, Bor R, Sajantila A. (2017). *Aerosp Med Hum Perform*. 2017 Jan 1;88(1):42-47. doi: 10.3357/AMHP.4620.2017. Review.
- Wagner, P., & Mason, J. (2005). *Ventilation, blood flow and gas exchange*.
- Weinstein, K. J. (2007). Thoracic skeletal morphology and high-altitude hypoxia in Andean prehistory. *American Journal of Physical Anthropology*, 134(1), 36–49. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20619>
- West, J. B., Schoene, R. B., Milledge, J. S., & Ward, M. P. (2007). *High altitude medicine and physiology*. Hodder Arnold London. Retrieved from <http://www.jrnms.com/wp-content/uploads/2014/05/JRNMS-95-1-40-43.pdf>
- Wirawan IM, Aldington S, Griffiths RF, Ellis CJ, Larsen PD. (2013). *Cardiovascular investigations of airline pilots with excessive cardiovascular risk*. *Aviat Space Environ Med*. 2013 Jun;84(6):608-12.
- Wilkening R. (2002). *The age 60 rule: age discrimination in commercial aviation*. *Aviat Space Environ Med*;73(3):194-202.

ANEXOS

ABREVIATURAS

APO2: Presión parcial de oxígeno atmosférico.

ATC: Air traffic control, controlador de tránsito aéreo.

HB: Hemoglobina.

HTO: Hematocrito.

HDL: High density lipoprotein, Lipoproteína de alta densidad.

IMC: Índice de masa corporal.

LDL: Low density lipoprotein, lipoproteína de baja densidad.

MM: Mecánicos.

mmHg: Milímetros de mercurio.

msnm: Metros sobre el nivel del mar.

O2: Oxígeno.

PaO2: Presión parcial de oxígeno arterial.

PB: Presión barométrica.

PC: Piloto comercial.

PO2: Presión de oxígeno.

TG: Triglicéridos.

Operacionalización de variables

Hemoglobina	Es una proteína que tiene cuatro cadenas y un grupo hemo que sirve para transportar oxígeno dentro del organismo.	Variable cuantitativa	g/dL
Hematocrito	Es la relación entre el volumen plasmático y los elementos figurados de la sangre.	Variable cuantitativa	Porcentaje
Colesterol	Lípidos transportados en la sangre	Variable cuantitativa	mg/dl
Triglicéridos	Éster que es formado por la molécula de glicerol y 3 ácidos grasos.	Variable cuantitativa	mg/dl
HDL	Lipoproteínas de alta densidad (HDL) indica la cantidad de lípidos que son movilizados desde los depósitos hacia la sangre.	Variable cuantitativa	mg/dl
LDL	Lipoproteínas de baja densidad (LDL) se encargan de transportar los lípidos hacia los depósitos de grasa	Variable cuantitativa	mg/gl
Glucosa	Fuente calórica de la familia de los carbohidratos.	Variable cuantitativa	mg/dl

PO₂	La presión parcial de oxígeno	Variable cuantitativa	mmHg
IMC	Índice de Masa corporal	Variable cuantitativa	Discreta
Sexo	Hombre o mujer	Variable cualitativa	Dicotómico a hombre o mujer
Edad	En años	Variable cuantitativa	continua
Piloto Comercial PC	Piloto de avión	Variable cualitativa	Dicotómico a si o no
Controlador tránsito aéreo ATC	Controlador de tránsito aéreos	Variable cualitativa	Dicotómico a si o no
Mecánicos aéreos MM	Mecánicos de tierra	Variable cualitativa	Dicotómico a si o no
Azafata/os	Tripulante de cabina	Variable cualitativa	Dicotómico a si o no

