



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN PULMONAR Y VALORES ESPIROMÉTRICOS
ENTRE INDÍGENAS KICHWAS QUE RESIDEN SOBRE LOS 2500 M.S.N.M
DE ALTURA VERSUS SUS PARES AMAZÓNICOS QUE RESIDEN
BAJO LOS 600 M.S.N.M.

Autor

Víctor Sebastián Encalada Vásquez

Año
2019



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN PULMONAR Y VALORES ESPIROMÉTRICOS
ENTRE INDÍGENAS KICHWAS QUE RESIDEN SOBRE LOS 2500 M.S.N.M
DE ALTURA VERSUS SUS PARES AMAZÓNICOS QUE RESIDEN BAJO LOS
600 M.S.N.M.

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

Profesor Guía
Dr. Esteban Ortiz Prado

Autor
Víctor Sebastián Encalada Vásconez

Año
2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo Análisis de la función pulmonar y valores espirométricos entre indígenas kichwas que residen sobre los 2500 m.s.n.m de altura versus sus pares amazónicos que residen bajo los 600 m.s.n.m, a través de reuniones periódicas con el estudiante Víctor Sebastián Encalada Vásquez, en el semestre 201910, 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”.

Esteban Ortiz Prado
Médico Especialista de Alta Montaña
Master of Science Specialization: Mountain Medicine and High-Altitude
Physiology
7167R-12-4222 Máster Registrado SENEKYT
REG-INV-16-01676 Investigador SENEKYT
C.C.: 1711396216

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, Análisis de la función pulmonar y valores espirométricos entre indígenas kichwas que residen sobre los 2500 m.s.n.m de altura versus sus pares amazónicos que residen bajo los 600 m.s.n.m, de Víctor Sebastián Encalada Vásquez, en el semestre 201910, 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”.

Víctor Sebastián Encalada Vásquez
C.C.: 180360774-4

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Américas lugar donde obtuve todos mis conocimientos; lo que me permitió realizar este trabajo de investigación con compromiso y dedicación, al igual que a todas las personas involucradas en el proceso de titulación.

Al apoyo incondicional de mis padres quienes han sido el mejor ejemplo a lo largo de toda mi vida.

A mi director de Tesis, Dr. Esteban Ortiz

Prado, quien me compartió todo su conocimiento acerca de investigación y con el cual fue posible volver realidad este proyecto.

DEDICATORIA

Este logro en mi vida profesional lo dedico a mi familia, en especial a mis padres quienes han confiado en mí, me han apoyado todos estos años y de quienes he aprendido la mejor lección: el trabajo y la dedicación son los pasos correctos para poder cumplir mis metas.

RESUMEN

Introducción

Alrededor del mundo se conoce que cerca de 140 millones de personas residen sobre los 2500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La exposición aguda y crónica tiene efectos directos sobre la fisiología pulmonar. En el Ecuador donde más de 6 millones de personas residen en el altiplano, estudiar las diferencias fisiológicas entre poblaciones es importante.

Objetivo

El objetivo de esta investigación es analizar la función pulmonar a través de un estudio espirométrico en dos poblaciones de la misma etnia donde la una se localiza a baja y la otra a gran altura.

Métodos

Este es un estudio observacional analítico de corte transversal, donde se establecieron las diferencias espirométricas en términos de función pulmonar en dos poblaciones que residen a diferentes alturas.

La población Kichwa de Limoncocha (252 m.s.n.m) y aquella de Oyacachi (3800 m.s.n.m). El levantamiento de información sociodemográfica, antropométrica y espirométricas de las diferencias entre las distintas variables fueron comparadas por poblaciones, sexo y grupo etario.

Las pruebas estadísticas usadas fueron el Chi cuadrado para analizar asociación o independencia de variables categóricas, mientras que para variables cuantitativas se usaron T-Test para comparar dos medias, ANOVA para más de dos y en el caso de que las variables no cumplieran con los criterios de normalidad, se usó el test de Kruskal Wallis para comparar más de dos grupos.

Resultados

147 personas cumplieron los criterios de inclusión, de los cuales 71 personas pertenecían a Oyacachi y 76 a Limoncocha. En cuanto a la población de Limoncocha (n=76) se cuenta con 51% (n=39) de mujeres y 49% (n=37) de hombres, mientras que en Oyacachi (n=71) las mujeres representaron el 58% (n=41) y los hombres el 42% (n=30). La media de edad para el grupo de altura

fue de 36.8 ± 11.4 años en mujeres y 37.0 ± 13.1 años en hombres mientras que para la población de la Amazonia fue de 38.3 ± 12.7 años en mujeres y 40.4 ± 14.6 años en hombres. En relación con la función pulmonar se encontró que los pobladores de Oyacachi tuvieron valores de FVC, mayores a los de la Amazonia para hombres [IC: -0.74 – -0.93] y mujeres [CI: -0.50 – -0.13] respectivamente. Finalmente, al analizar los patrones espirométricos se encontró que la mayoría de la población Kichwa presenta patrones espirométricos normales; sin embargo, existe un 12.9% de individuos con patrones restrictivos.

Conclusión

Los residentes de la población de Oyacachi tuvieron mayor capacidad pulmonar que sus pares de la Amazonía; indicando una mayor capacidad pulmonar, situación fisiológicamente plausible acorde a la literatura publicada. Al analizar los patrones pulmonares espirométricos obtenidos en estas poblaciones se evidenció que ninguna persona tenía patrón obstructivo, mientras que, por otro lado, el patrón restrictivo se presentó en ambas poblaciones Kichwas (Limoncocha y Oyacachi) en un 12.9% aunque es claro que existe un predominio de este patrón en los individuos pertenecientes a Limoncocha.

Palabras clave: Kichwas, Limoncocha, Oyacachi, función pulmonar, fisiología de la altura.

ABSTRACT

Background

Around the world, it is known that about 140 million people reside over 2,500 meters above the sea level (m.s.n.m). Acute and chronic exposure has direct effects on pulmonary physiology. In Ecuador 6 million people reside in the plateau, that's why studying the physiological differences between these populations is important.

Objectives

The objective of this research is to analyze the lung function through a spirometric study in two populations of the same ethnic group in which one is located at low and the other at high altitude.

Methods

This is an analytical observational cross-sectional study, where the spirometric differences were established in terms of lung function between two populations that reside at different heights.

The Kichwa population of Limoncocha (252 m.s.n.m) and that of Oyacachi (3800 m.s.n.m.). The sociodemographic, anthropometric and spirometric information survey of the differences between the variables were compared by population, sex and age group.

The statistical tests used were, Chi square to analyze association or independence of categorical variables, while for quantitative variables T-Test was used to compare two means, ANOVA for more than two and in the case that the variables did not meet the criteria of normality, Kruskal Wallis test was used to compare more than two groups.

Results

147 people met the inclusion criteria, of which 71 people belonged to Oyacachi and 76 to Limoncocha. The population of Limoncocha (n = 76), 51% (n = 39) were women and 49% (n = 37) were men, while in Oyacachi (n = 71) women represented 58% (n = 41) and men 42% (n = 30). For the high-altitude group, the mean age was 36.8 ± 11.4 years in women and 37.0 ± 13.1 years in men, meanwhile for Amazon group it was 38.3 ± 12.7 years in women and $40.4 \pm$

14.6 years in men. In the study of lung function, it was found that the Oyacachi had higher FVC values than those in the Amazon for men [IC: -0.74 - -0.93] and women [CI: -0.50 - -0.13] respectively. Finally, when analyzing the spirometric patterns it was found that the majority of the Kichwa population tends to have normal spirometric patterns; however, there is 12.9% of individuals with restrictive patterns.

Conclusion

Residents of Oyacachi had greater lung capacity than their peers from the Amazon; indicating a greater pulmonary capacity, physiologically plausible according to published literature. When analyzing the spirometric patterns obtained in these populations it was evident that no person had an obstructive pattern, while on the other hand, the restrictive pattern appeared in both Kichwa populations (Limoncocha and Oyacachi) in 12.9% although it is clear that there is a predominance of this in the individuals belonging to Limoncocha.

Key words: Kichwas, Limoncocha, Oyacachi, Pulmonary Function, High altitude physiology.

ÍNDICE

Capítulo I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
Capítulo II.....	6
2.1 Marco Teórico.....	6
2.1.1 Tipos de hipoxia.....	6
2.1.2 Fisiología pulmonar.....	9
Capítulo III.....	12
3.1 Fisiología de la altura.....	12
3.1.1 Reseña histórica.....	12
3.1.2 Consecuencias sobre el cuerpo humano.....	13
3.2 Adaptación a la altura.....	14
3.2.1 Aclimatización.....	15
3.2.1.1 Aumento de la ventilación pulmonar.....	15
Capítulo IV.....	18
La espirometría.....	18
4.1 Aplicaciones, indicaciones y contraindicaciones.....	18
4.2 Criterios de aceptabilidad y reproducibilidad.....	19
4.3 Interpretación.....	20
4.4 Espirometría en la altura.....	21
Capítulo V.....	23
Materiales y Métodos.....	23
5.1 Diseño del estudio.....	23
5.2 Población.....	23

5.3 Zona geográfica	23
5.4 Grupos de estudio	24
5.5 Grupos de estudio	24
5.6 Recolección de datos	25
5.7 Análisis de datos.....	26
5.8 Fuente de información.....	28
5.9 Aspectos éticos.....	28
5.10 Operacionalización de variables.....	29
Capítulo VI.....	30
Resultados.....	30
6.1 Resultados Demográficos	30
6.2 Medidas antropométricas	32
6.3 Resultados espirométricos	34
Capítulo VII	43
7.1 Discusión.....	43
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
8.1 Conclusiones.....	45
8.2 Recomendaciones	46
8.3 Limitaciones del estudio	46
REFERENCIAS	48
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	29
Tabla 2. Variables demográficas.....	30
Tabla 3. Resultados espirométricos.....	34
Tabla 4. Patrones espirométricos en la población de Oyacachi.....	41
Tabla 5. Patrones espirométricos en la población de Limoncocha.....	41
Tabla 6. Patrones espirométricos en la población Kichwa.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tamaño de la muestra	23
Figura 2. Edad: Diagrama de caja y bigotes comparando la edad en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	31
Figura 3. Diagrama de caja y bigotes comparando la talla en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	32
Figura 4. Diagrama de caja y bigotes comparando el peso en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	33
Figura 5. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de FVC observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	36
Figura 6. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de FEV1 observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	37
Figura 7. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor la relación FEV1/FVC observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.	38
Figura 8. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de flujo espiratorio máximo observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi	39
Figura 9. Regresión lineal simple comparando la variable edad con el valor de FVC obtenido en la población.....	40

Capítulo I

1.1 Introducción

Alrededor del mundo se conoce que cerca de 140 millones de personas residen sobre los 2500 m.s.n.m los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de todos los continentes (M. Q. Pasha & Newman, 2010). Se conoce que la mayor parte de los asentamientos están en los Andes, las Montañas Rocosas, los Himalaya, los Alpes y algunos lugares de África como Etiopía. El territorio más importante, ubicado en América del Sur, es el de la cordillera montañosa de los Andes, donde se encuentran las poblaciones más numerosas. Los países andinos que abarcan la gran mayoría de poblados ubicados a grandes alturas están ubicados entre Bolivia, Perú, Ecuador y Chile. Solo en Ecuador y basados en la población del censo 2010 según el INEC; 6 millones de personas residen sobre los 2500 m.s.n.m (INEC, 2010). Entre toda esta población, al menos 390.000 personas pertenecen a grupos indígenas de la sierra ecuatoriana, siendo los Kichwas de la sierra (40%) los más numerosos (UNICEF, 2006).

Desde el inicio de la migración humana desde el centro de África hacia el resto del mundo, el ser humano ha tenido que adaptarse a los cambios de clima, latitud y longitud que causan variaciones a corto, mediano y largo plazo en los seres humanos (L. G. Moore, 2001).

El cuerpo humano al estar expuesto a toda esta cadena de flujos migratorios logró establecer asentamientos en diferentes alturas en búsqueda de alimentos y sustento. Una vez que el ser humano se ha establecido por sobre los 1500 m.s.n.m por varios años, luego décadas y luego cientos de generaciones, el cuerpo sufre un proceso indudable de adaptación (Frisancho, 1975; B. Moore, 1985). Estos mecanismos adaptativos, que han pasado de una generación a otra, sirven para compensar la disminución de oxígeno a la cual se ven sometidos y de esta forma codificar cambios genéticos que permitirán que sus futuras generaciones estén mejor preparadas, proceso conocido como evolución. (C. M. Beall, 2014).

De los factores desencadenantes de esta adaptación, la disminución en la presión parcial de oxígeno atmosférico (APO_2) es sin duda alguna de las más

importantes, la misma que se ve afectada por la altura y tiene como resultado generar hipoxia (E Ortiz-Prado & Dunn, 2011; Esteban Ortiz-Prado, León, Unigarro, & Santillán, 2018). Esta variabilidad en términos de presión de oxígeno genera a su vez una variación de los niveles de disponibilidad de oxígeno, provocando una disminución del oxígeno sistémico circulante en las personas, proceso conocido como hipoxia hipoxémica (Lin et al., 1998). Los bajos niveles de presión atmosférica de oxígeno puede producir ciertos niveles de hipoxia en los seres humanos, la misma que se presenta de manera progresiva y es dependiente del proceso evolutivo de adaptación a las grandes alturas (Ortíz-Prado & Dunn, 2011).

La hipoxia es uno de los problemas generados por la exposición a las grandes alturas o a la baja de oxígeno inspirado. La hipoxia como tal abarca una amplia gama de definiciones, sin embargo, para fines de esta tesis se resumirá de esta manera.

Hipoxia, es la condición en la cual existe una disminución del aporte, la disponibilidad, el consumo o la aceptación del oxígeno por parte de una célula, un tejido o todo el organismo (E Ortiz-Prado, Natah, Srinivasan, & Dunn, 2010). En general, existen varios tipos de hipoxia; la hipoxia hipóxica o hipoxémica que ocurre al existir una deficiencia en el intercambio de oxígeno dentro de los pulmones y por ende de la circulación general. La hipoxia hipémica o anémica ocurre cuando el cuerpo no logra transportar las cantidades adecuadas de oxígenos a los tejidos. La hipoxia por estancamiento que ocurre al no existir la suficiente cantidad de sangre en el cuerpo, o en el caso, que exista un impedimento para el adecuado flujo de esta. Finalmente, la hipoxia histotóxica que ocurre cuando los tejidos del cuerpo no pueden utilizar las cantidades de oxígeno presentes, la misma que es conocida como una “hipoxia falsa” ya que técnicamente la oxigenación tisular se encuentra dentro de los límites normales (Cain, 1977; Jaramillo, 2002).

Dentro de la exposición a la altura, el tipo de hipoxia a presentarse es la hipoxia hipobárica, la misma que consiste en la disminución del aporte de oxígeno debido a una caída de presión barométrica que se afecta directamente por el nivel de altura. El transporte de oxígeno está caracterizado por cuatro etapas

las cuales son: la ventilación alveolar, difusión sanguínea, transporte ligado a hemoglobina y la liberación en los tejidos en el cuerpo. Los mismos que pueden verse afectados en ciertos niveles de hipoxia. A partir de esto podemos entender que, existen adaptaciones agudas y crónicas a los niveles de oxígeno, los mismos que dependen del tipo de población, los niveles de altura y el tiempo de exposición que tenga cada persona; entendiendo así que es distinto analizar un grupo poblacional que ha sido sometido de manera súbita a grandes alturas a un grupo poblacional que nació y se desarrolló a estos niveles (L. G. Moore, Charles, & Julian, 2011a).

El cuerpo humano suele adaptarse a los bajos niveles de oxígeno a los que se ve expuesto, lo hace de manera crónica para evitar factores adversos que dañen su integridad por lo cual existen diferentes mecanismos adaptativos, la función pulmonar se ve afectada conociendo que la ventilación pulmonar puede aumentar hasta 5 veces como mecanismo compensatorio a largo plazo (Muñoz, 2017).

Además, sabiendo que la resistencia vascular pulmonar aumenta, la presión pulmonar se ve forzada a aumentar de la misma manera para poder mantener un flujo sanguíneo constante y se genera también una vasoconstricción sobre la vascularidad pulmonar y cerebral (Esteban Ortiz-Prado et al., 2018). Es decir, todos estos cambios que generan mayor trabajo a nivel pulmonar y cardiaco para su supervivencia generan cambios adaptativos en el cuerpo humano, sin embargo, a largo plazo pueden generar inconvenientes y daños directos sobre estos órganos y sistemas como son la hipertrofia del ventrículo derecho y la carga pulmonar (Muñoz, 2017).

Gracias a la sobrecarga constante que existe para lograr la adaptación del cuerpo humano a los niveles de altura, es importante verificar si existe o no patología pulmonar en los habitantes de estos territorios como son los Kiwchas en nuestro país; por esta razón, para evaluar la función pulmonar se utiliza la espirometría como herramienta; la misma que mide el volumen de aire máximo inhalado y exhalado en un determinado tiempo (García-Río et al., 2013). De esta manera, el propósito es evaluar el diagnóstico de enfermedades pulmonares, como parte de la atención primaria sobre todo en pacientes con

riesgo pulmonar de cualquier tipo como pacientes fumadores, poblaciones de riesgo como los Kichwas, personas que permanecen expuestas a nocivos pulmonares y otras.

1.2 Justificación

La adaptación de los seres humanos a la altura no es un tema nuevo de interés; de hecho, ha sido motivo de estudio antropológico a lo largo de los años tratando de comprender el desarrollo humano dentro de varios escenarios en este caso sometido a hipoxia hiperbárica. Existen varias poblaciones como la que se encuentra ubicada en los Himalayas, en la que se han estudiado distintos factores biológicos como la afección genética de estos individuos, y otros aspectos sociales como la expectativa y calidad de vida de los mismos (Moore, Niermeyer, & Zamudio, 1998).

En el Ecuador existen aproximadamente 6 millones de personas que residen sobre los 2500 m.s.n.m (INEC, 2010). De estas personas, aproximadamente 390.000 pertenecen a distintos grupos indígenas de la sierra ecuatoriana y más del 40% de estos corresponden a los denominados Kichwas de Tungurahua (UNICEF, 2006). Existen dos grupos de población Kichwas en el territorio ecuatoriano, los cuales son étnicamente similares pero ubicados en distintos puntos geográficos.

Uno de los parámetros de adaptación a la altura es la función pulmonar; por lo que es necesario comparar que cambios fisiológicos pulmonares han existido en estas poblaciones; de esta manera el estudio propone realizar la comparación de distintos parámetros que evalúan la función pulmonar entre ambos grupos indígenas ecuatorianos, para comprender mejor la adaptación a la altura y los cambios fisiológicos evolutivos que han existido. Este tipo de proyecto no se ha realizado en el Ecuador por lo que investigar acerca de este tema permite posicionarse en la medicina de Alta montaña de manera pionera, buscando que los siguientes estudios tomen en cuenta estas poblaciones poco exploradas.

1.3 Alcance

El alcance del estudio se encuentra delimitado por la etnia Kichwa, de manera específica los dos grupos poblacionales. El primero se encuentra en la provincia del Napo dentro de la reserva ecológica Cayambe – Coca ubicados en la zona de Oyacachi y el segundo en la provincia de Sucumbíos ubicados en la zona de Limoncocha. Siendo específicos, el trabajo se lo realizó en estas dos provincias únicamente. Sin embargo, los resultados serán reproducibles a nivel nacional ya que entre las regiones ecuatorianas se encuentra más del 99% de la población local.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar la función pulmonar entre indígenas Kichwas que residen sobre los 2500 m.s.n.m de altura versus sus pares amazónicos que residen bajo los 600 m.s.n.m.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar si existen diferencias en los parámetros de FEV1 y FVC entre los nativos Kichwas.
- Identificar la relación FEV1/FVC entre los grupos de nativos Kichwas.
- Identificar el porcentaje de nativos con patrones anormales en la espirometría (según la relación FEV1/FVC).

Capítulo II

2.1 Marco Teórico

La hipoxia se define como la disminución del aporte de oxígeno en los tejidos en el cuerpo humano, generalmente suele presentarse precedida de hipoxemia que es la insuficiente cantidad de oxígeno en la sangre; sin embargo, existen ocasiones en las que puede existir hipoxia sin hipoxemia dependiendo de la causa específica por la que esta se produzca.

La hipoxia ha sido estudiada a lo largo de los años por varias razones; para comprender la patogénesis de esta o entender la adaptación y evolución de poblaciones en grandes alturas y que enfermedades se presentan en las mismas, e inclusive para poder desarrollar regímenes de entrenamiento para atletas y deportistas, entre otros. A partir de esto se han establecido varias clasificaciones de la hipoxia según el ámbito de investigación en el que se encuentre; la más conocida es la clasificación por el mecanismo fisiopatológico por el cual se produce, la clasificación según el tiempo de evolución y finalmente la establecida de acuerdo a la presión barométrica (Coppel, Hennis, Gilbert-Kawai, & Grocott, 2015).

2.1.1 Tipos de hipoxia

Clasificación por el mecanismo fisiopatológico

Hipoxia hipoxémica

También conocida como hipoxia generalizada, donde el problema principal se encuentra en el sistema cardiopulmonar, lo que produce que exista menor presión de oxígeno a nivel de los vasos sanguíneos afectando tanto al sistema circulatorio como pulmonar. Puede ser producida por cualquier circunstancia que bloquee el intercambio gaseoso exclusivamente a nivel alveolo pulmonar como la neumonía, el edema pulmonar y también el asma (Jaramillo, 2002).

Hipoxia anémica

Este tipo de hipoxia, se caracteriza por tener un transporte inadecuado de oxígeno a los tejidos mediante la circulación; la causa más conocida es la concentración de hemoglobina anormal lo que produce anemia, aunque existen otras causas menos comunes como es la deficiencia circulatoria generalizada o

localizada (afectando a vasos periféricos, cerebrales o coronarios), la intoxicación por monóxido de carbono, el tomar medicamentos como la aspirina o a su vez enfermedades como la metahemoglobinemia donde la afinidad del hierro por el oxígeno está alterada (Coppel et al., 2015).

Hipoxia isquémica

Este tipo se caracteriza por tener un insuficiente fluido de sangre, pero con una PaO₂ usualmente normal. Sin embargo, los valores de la PaO₂ a nivel venoso y tisular se encuentran disminuidos como consecuencia de una disminución en la perfusión del oxígeno con una mayor extracción de este a nivel tisular (Murray, Montgomery, Feelisch, Grocott, & Martin, 2018). Por lo tanto, la diferencia de intercambio arterial y venoso del oxígeno se ve afectada teniendo una tasa de intercambio gaseoso mayor a lo normal pero poco útil para el cuerpo humano. La causa más común es la insuficiencia cardiaca; otras causas son la vasodilatación, la ventilación con presión positiva continua o el insuficiente volumen circulatorio de sangre debido a causas agudas como el trauma (Crosara, 2015).

Hipoxia histotóxica

Ocurre cuando los tejidos del cuerpo no pueden utilizar las cantidades de oxígeno presentes, la misma que es conocida como una “hipoxia falsa” ya que técnicamente la oxigenación tisular se encuentra dentro de los límites normales (Bustos, 2016). Las causas principales son la intoxicación de las enzimas oxidativas celulares que son las responsables a nivel molecular del intercambio gaseoso; como en la intoxicación por cianuro, en la que el cianuro bloquea a la enzima citocromo oxidasa, haciendo que los tejidos no puedan utilizar el O₂ así exista mucha cantidad de este. Otra causa son los estados de toxicidad o deficiencias vitamínicas como la deficiencia de la vitamina B; donde a nivel celular existe una disminución en la capacidad metabólica para la utilización del oxígeno (Bustos, 2016).

Clasificación según el tiempo de evolución

Hipoxia aguda

Usualmente establecida como un estado de hipoxia generado en menos de 28 días, donde la disponibilidad y utilización del oxígeno se ven alteradas generando en el ser humano ciertos mecanismos de adaptación para su supervivencia. Es importante considerar que las variaciones abruptas y pequeñas de altura pueden ser mortales poniendo a la persona en un constante estado de estrés ante el cual muchas veces los mecanismos compensatorios no logran ser los óptimos. Mientras que los cambios grandes y transitorios suelen ser mejor tolerados (Hall, 2015).

Hipoxia crónica

Se conoce como hipoxia crónica al estado en el cual el cuerpo ha sido sometido a condiciones en donde el oxígeno se encuentra en valores disminuidos por más de 28 días. Este estado hipóxico genera una serie de reacciones que el cuerpo humano usa para compensar esta falta. Entre las principales tenemos el incremento de la frecuencia respiratoria, incremento de la presión pulmonar arterial y la disminución en la concentración de hemoglobina. Todos estos cambios se producen a lo largo del tiempo en forma de adaptación del cuerpo al poco aporte de oxígeno (Bayer, Shi, Astner, Maftai, & Vaupel, 2011).

Clasificación según la presión barométrica

Hipoxia hipobárica

Este tipo de hipoxia es el resultado de la disminución de la presión barométrica, teniendo como consecuencia la disminución de la presión parcial de oxígeno tanto en la atmósfera como a nivel celular y tisular. Puede deberse a diversos factores, como viajar en un avión o vivir en grandes alturas (Feddersen et al., 2015).

Hipoxia normobárica

Al tener un ambiente controlado, se puede conseguir disminuir los niveles de la presión parcial de oxígeno manteniendo la presión barométrica intacta. Como

resultado se produce una hipoxia normobárica ya que no hay cambio en la presión atmosférica (Coppel et al., 2015).

2.1.2 Fisiología pulmonar

Ventilación pulmonar: La principal función de la respiración es proporcionar oxígeno a los tejidos y a su vez eliminar el dióxido de carbono. Este proceso se consigue mediante la ventilación pulmonar, la difusión y transporte de oxígeno y dióxido de carbono entre los alveolos, la sangre y la regulación de la ventilación (Hall, 2015).

Fisiología pulmonar: El pulmón al ser un órgano expansible y además elástico tiene la capacidad de colapsarse para permitir la salida de aire. Ya que no está adherido a la caja torácica, requiere de un mecanismo especial para permitir su movimiento. El líquido pleural, que se encuentra en la cavidad pleural es el encargado facilitar el movimiento del pulmón dentro de la caja torácica mediante la lubricación de la superficie de la pleura (West, 2009).

Presión pleural: Se puede definir como la presión que se encuentra entre la pleura parietal y visceral. Sus valores normales son de -5cm H₂O durante el inicio de la inspiración y -7,5cm H₂O en la inspiración normal (Hall, 2015).

Presión alveolar: En el interior de cada alveolo existe una presión, la cual se denomina presión alveolar y esta depende de la inspiración y espiración. Siendo 0cm H₂O sin respiración, -1 cm H₂O en inspiración y +1 cm H₂O en espiración (Hall, 2015).

Presión transpulmonar: Es simplemente la diferencia que existe entre la presión alveolar y pleural (Hall, 2015).

Volúmenes y capacidades pulmonares

El pulmón al ser un órgano expansible por la entrada de aire soporta cierta cantidad volumen que puede entrar en él, es decir es capaz de tolerar hasta un valor máximo de aire sin colapsar, y a su vez eliminarlo. En una respiración normal la cantidad de aire que ingresa no es el valor máximo que podría

soportar tanto en inspiración o espiración. Porque existe diferentes tipos de volúmenes y capacidades pulmonares (West, 2009).

Volumen corriente: Es el volumen de aire inspirado y espirado sin esfuerzo en una respiración normal. Su valor aproximado es 500 ml (Hall, 2015).

Volumen de reserva espiratoria: Después de un volumen corriente, el extra de volumen que se puede inspirar se lo conoce como volumen de reserva inspiratoria. Su valor aproximado es de 3.000 ml (Hall, 2015).

Volumen de reserva espiratoria: Después de un volumen corriente, el extra de volumen que se puede espirar se lo conoce como volumen de reserva espiratoria. Su valor aproximado es de 1.100 ml (Hall, 2015).

Volumen residual: Después de una espiración máxima, el volumen que se mantiene en los pulmones se lo denomina volumen residual. Su valor aproximado es de 1.200 ml (Hall, 2015).

Capacidad inspiratoria: Es la cantidad máxima de una inspiración después de una espiración normal. Es decir, el volumen corriente sumado el volumen de reserva inspiratoria. Su aproximado es de 3500 ml (Hall, 2015).

Capacidad residual funcional: Después de una respiración forzada la cantidad de aire que se queda en los pulmones se la conoce como capacidad residual funcional. Es decir, el volumen de reserva espiratoria sumado el volumen residual. Su aproximado es 2.300ml (Hall, 2015).

Capacidad vital: La cantidad de aire máxima que se expulsa después de una inspiración y espiración forzada. Es decir, el volumen de reserva inspiratoria sumado el volumen corriente y el volumen de reserva espiratoria. Su aproximado es 4,600 ml (Hall, 2015).

Capacidad pulmonar total: Es el estado de máxima expansibilidad pulmonar con el mayor esfuerzo posible. Es decir, la capacidad vital sumado el volumen residual. Su aproximado es 5.800 ml (Hall, 2015).

Se ha visto además que estos volúmenes y capacidades varían dependiendo del sexo de las personas siendo aproximadamente menores en mujeres que en varones entre un 20 a 25%. Y por otro lado, se ven influenciados por la constitución física de cada una de ellas, por lo que las capacidades son mayores en personas grandes y atléticas que en personas de constitución más pequeña (Hall, 2015).

Capítulo III

3.1 Fisiología de la altura

3.1.1 Reseña histórica

Al hablar desde el punto de vista fisiológico de la altura, se podría decir que una de las características fundamentales es la reducción de la presión barométrica y, por consiguiente, la caída de la presión parcial de oxígeno, lo que genera como resultado la existencia de hipoxia tisular. En realidad, todo lo que se conoce acerca de la adaptación del ser humano a la altura demuestra ser un proceso fascinante que ha ido evolucionando con el paso del tiempo (West, 2016).

Cronológicamente, la fisiología pulmonar tiene sus orígenes antes de lo que realmente se piensa. De manera remota en la antigua Grecia es donde se evidencian las primeras nociones acerca de la presión barométrica. Robert Boyle (1627-1691), fue el primero en pensar que esta población tenía una idea no muy lejana del cambio de la densidad del aire en las grandes montañas. Sin embargo, no hemos encontrado ninguna referencia a las grandes alturas. La primera persona que usted sabe que la atmósfera genera un tipo de presión, fue el evangelista Torricelli (1608 - 1647), quien, en una carta documentada de 1644, describe cómo usar un tubo de vidrio sellado en un extremo, lleno de mercurio, colocando el dedo pulgar sobre el extremo abierto y sumergiéndolo en un recipiente lleno con el mismo líquido. Se mantuvo la evidencia, el mercurio dentro del tubo hasta una altura de 76 cm por el plato, el argumento de esta manera que el mercurio estaba apoyado en el tubo de vidrio debido a la presión atmosférica que actuaba en el mercurio sobre el plato. En esta carta se incluye su frase célebre "Vivimos sumergidos en el fondo de un océano del elemento aire, que por los experimentos incuestionables se sabe que tiene peso" (West, 2016).

Al ser Torricelli, estudiante de Galileo, se asume que la idea de qué aire tiene el peso de sus enseñanzas. Fue su maestro quien describió cómo se puede tomar una botella con el aire, pero también con el agua. El volumen extra de agua se mide entonces haciendo que se desplace agua desde una segunda botella.

Sin embargo, Galileo no estaba consiente acerca de la presión atmosférica, de hecho, tenía confusión acerca del tema (West, 2011).

En la búsqueda por tener mejor comprensión acerca de la presión atmosférica, Torricelli quería demostrar que la presión disminuye a grandes alturas. Pero curiosamente, fue Blaise Pascal (1623 – 1662) quien comprobó esta hipótesis, al enviar a su cuñado a la cima del volcán Puy de Dôme con un barómetro de Torricelli, donde se evidenció una caída de la presión barométrica. Por esta razón, varios científicos realizaron un sin número de experimentos para llegar a conocer con mayor detalle la importancia de la presión atmosférica y la variación de esta con la altura (West, 2011).

No fue hasta que Paul Bert, conocido como el padre de la fisiología de grandes alturas claramente demostrara que existen efectos nocivos en estos escenarios como consecuencia de la baja PO₂, teóricamente hablando de la concentración de oxígeno multiplicada por la presión barométrica. Además, demostró esto exponiendo grupos de animales a dos escenarios; un ambiente con una baja concentración de oxígeno a presión barométrica normal y otro con una concentración normal de oxígeno a una presión barométrica reducida. Al finalizar el estudio; la popularidad científica de la fisiología de la altura aumentó rápidamente, lo que permitió que se realizaran varias expediciones en busca de nuevas teorías, así como la creación de estaciones de investigación a grandes alturas (West, 2011).

3.1.2 Consecuencias sobre el cuerpo humano

Con el paso de los años el ser humano ha ido a migrado cada vez más hacia zonas de mayor altura, lo que ha generado mayor interés sobre la comprensión acerca de los cambios fisiológicos que presenta el cuerpo humano al someterse a grandes alturas; ya sea por periodos cortos o de manera prolongada.

La presión barométrica juega un importante factor cuando se habla de altura, ya que esta varía dependiendo del nivel al cual nos encontremos. Como antes mencionado; la presión atmosférica es de 760 mm Hg a nivel del mar y

disminuye a medida que altura aumenta; es decir, es inversamente proporcional a la altura (C. M. Beall, 2014). Generando así los principales problemas de hipoxia en la altura; ya que a menor presión barométrica menor será la presión parcial de oxígeno. Además, el oxígeno alveolar se ve afectado por el dióxido de carbono y el vapor de agua. Al existir una eliminación continua de dióxido de carbono desde la sangre pulmonar hacia los alveolos a cualquier altura y el agua que es evaporada en el aire inspirado desde las vías respiratorias, se produce una reducción de la concentración de oxígeno (Maggiorini, Bärtzsch, & Swenson, 2014).

La presión de dióxido de carbono (PCO₂) alveolar, disminuye con la altura, pudiendo llegar desde lo normal a nivel del mar que es 40 mmHg hasta valores de 7 mmHg. Mientras que la presión del vapor de agua se mantienen constante en 47 mmHg independientemente de la altura (Hall, 2015). Por lo tanto, si asumimos que tenemos una presión barométrica menor, las presiones del vapor de agua y dióxido de carbono disminuirán la concentración de oxígeno alveolar ya que estas ocuparan gran parte de la presión atmosférica inspirada y otra gran parte será ocupada por nitrógeno. Otro punto importante en la fisiología de la altura, es la saturación de oxígeno; la misma que desde una cierta altura tiende a disminuir, llegando hasta valores de 70 % a alturas mayores de los 6,000 metros (Hall, 2015).

3.2 Adaptación a la altura

La altura, es de hecho, un reto para el cuerpo humano debido a la reducción progresiva de la presión barométrica y por consiguiente reducción de la presión de oxígeno (Moore et al., 1998). Esta situación provoca en el cuerpo humano una serie de cambios fisiológicos para que las personas puedan tolerar la hipoxia y asegurar la oxigenación de los tejidos (C. Beall, 2002). La exposición a niveles inferiores de presión barométrica y por ende menor presión parcial de oxígeno atmosférico tiene efectos variados sobre el cuerpo humano, tanto a nivel somático, nervioso y cognitivo (Esteva, Panisello, Ramon Torrella, Pagés, & Viscor, 2009; Kramer, Coyne, & Strayer, 1993; L. G. Moore, Charles, & Julian, 2011b; E. Ortiz-Prado & Dunn, 2011; Viscor et al., 2014). Los efectos causados por la baja disponibilidad de oxígeno en el cuerpo (hipoxia) varían dependiendo el tipo de población y el tipo de exposición a la misma. Las

personas que han nacido en zonas localizadas a grandes alturas han desarrollado mecanismos adaptativos generacionales para combatir esta baja de presión parcial de oxígeno atmosférico, mientras que los sujetos que son originarios de zonas geográficas localizadas a nivel del mar deberán aclimatizarse (Julian, Wilson, & Moore, 2009; L. G. Moore et al., 2011b). La aclimatación es un proceso fisiológico que se presenta en el transcurso de una vida (life span) mientras que la adaptación es un proceso evolutivo, genético transmitido de generación a generación que produce cambios anatómicos y moleculares que permiten que el sujeto adaptado esté mejor calificado para sobrellevar la exposición a la altura.

3.2.1 Aclimatización

Si una persona permanece por periodos prolongados a la presión baja de oxígeno se aclimata, produciendo así menos efectos secundarios debidos por la falta de oxígeno. Entre los principales mecanismos de aclimatización tenemos los siguientes:

3.2.1.1 Aumento de la ventilación pulmonar

Al estar expuesto a una menor cantidad de oxígeno la respuesta inmediata es la estimulación de quimiorreceptores arteriales, ocasionando un aumento de la ventilación alveolar aproximado de 1,65 de lo normal. Sin embargo, el proceso de aclimatización después de varios días provoca un aumento en la ventilación de aproximadamente 5 veces más (Hall, 2015). Al existir una mayor ventilación la eliminación de CO₂ también aumenta, provocando una disminución en la Pco₂ y por consiguiente aumento del pH de líquidos corporales. Estos cambios producen una inhibición de los centros respiratorios, de esta forma al transcurrir los días se pierde esta inhibición y permite que el centro respiratorio tenga una respuesta completa nuevamente a la estimulación de los quimiorreceptores aumentando la respiración hasta 5 veces más con respecto a la normalidad (Luks & Hopkins, 2014).

Esta inhibición puede estar dada por una reducción de bicarbonato en el líquido cefalorraquídeo y tejidos cerebrales, lo que reduce el pH y además activa la respuesta estimuladora del centro respiratorio. La forma en la que el cuerpo compensa esta disminución de la concentración de bicarbonato es a nivel

renal, disminuyendo la secreción de hidrogeno y aumentando la excreción de bicarbonato. La compensación metabólica de la alcalosis respiratoria va a reducir el pH y el bicarbonato del plasma disminuyendo así el efecto inhibitorio. Es por eso que, una vez compensada la alcalosis por lo riñones los centros respiratorios responderán mucho más a los estímulos de quimiorreceptores periféricos producidos por la hipoxia (Swenson & Olsen, 2014).

3.2.1.2 Aumento en el número de eritrocitos

La hipoxia es un factor principal en el aumento del número de eritrocitos. En el proceso de aclimatización el hematocrito aumenta desde valores normales de 40-45% hasta 60% después de estar sometido a niveles bajos de oxígeno por mucho tiempo, por lo que existe un aumento de valores de hemoglobina desde 15 g/dl hasta 20 g/dl. Existe además un aumento de aproximadamente 20 a 30% de volumen sanguíneo total (Hall, 2015).

3.2.1.3 Aumento de la capacidad de difusión pulmonar

El oxígeno tiene una capacidad normal de difusión a través de la membrana pulmonar de aproximadamente 21 ml/mmHg/min, la cual en alturas elevadas puede incrementar hasta tres veces más. Este aumento se debe en parte al aumento del área superficial capilar que se produce por el incremento del volumen sanguíneo capilar pulmonar, provocando que los capilares se expandan. Por otro lado, se puede producir una expansión aún más del área superficial por el aumento del volumen de aire pulmonar. En este sistema entra en juego también, el incremento de la presión arterial pulmonar ya que hay una mayor cantidad de sangre que fluye hacia los alveolos (Hall, 2015).

3.2.1.4 Aumento en a vascularización de tejidos periféricos

Al momento que una persona asciende a más altura, existe un incremento del gasto cardiaco de hasta un aproximado de 30% (Hall, 2015). Sin embargo, a medida que pasan los días y empieza el proceso de aclimatización al igual que el aumento de hematocrito, este gasto cardiaco vuelve a valores normales. Otro proceso importante es la angiogenia; la cual se define por el aumento de capilares en los tejidos no pulmonares, aumentando la circulación y por ende generando una mejor oxigenación (Bärtsch & Milledge, 2014).

3.2.1.5 Aumento en la capacidad celular en la captación de oxígeno

Se ha visto que en animales nativos de grandes alturas, existe un mayor número de mitocondrias celulares, por lo que se cree que en humanos aclimatizados existe una mejor utilización de oxígeno a nivel celular, sin embargo esta hipótesis no ha sido comprobada (Hall, 2015).

Capítulo IV

La espirometría

La espirometría es una prueba fisiológica que nos ayuda a valorar la función pulmonar, midiendo el volumen de aire máximo inhalado y exhalado en determinado tiempo. Esta herramienta es, sin duda, una prueba de la función pulmonar. Su importancia radica principalmente en neumología para el diagnóstico, evaluación, seguimiento y tamizaje de enfermedades respiratorias agudas o crónicas (García-Río et al., 2013). Al ser bien tolerada y fácil de usar, esta prueba presenta pocas limitaciones para su uso.

4.1 Aplicaciones, indicaciones y contraindicaciones

La espirometría es una herramienta indispensable para el diagnóstico de enfermedades respiratorias. Permite además valorar la función pulmonar en relación a otras enfermedades de base como; enfermedad renal, cardíaca, hepática, entre otras (Gutiérrez et al., 2007). A partir de este principio, la espirometría debería ser parte de la consulta en atención primaria, teniendo en cuenta la población en riesgo pulmonar como fumadores. Sus limitaciones son escasas debido a que es una prueba bien tolerada.

Sus principales indicaciones y contraindicaciones se exponen a continuación:

4.1.1 Indicaciones

Diagnósticas:

- Evaluación de signos y síntomas con relación a enfermedad pulmonar.
- Valoración de patologías pulmonares o extrapulmonares.
- Pacientes con factores de riesgo pulmonar.
- Pacientes con signos de deterioro de su función pulmonar.
- Examen pre quirúrgico (Gutiérrez et al., 2007).

Control

- Control de enfermedades con repercusión pulmonar.
- Pacientes con exposición a agentes que afectan el sistema respiratorio.
- Toxicidad pulmonar por fármacos (Gutiérrez et al., 2007).

Laborales

- Pronóstico de patologías.
- Evaluaciones laborales de funcionalidad.
- Evaluación de funcionalidad para seguros (Gutiérrez et al., 2007).

Epidemiológicos

- Situaciones epidemiológicas.
- Investigación clínica (Gutiérrez et al., 2007).

4.1.2 Contraindicaciones

Absolutas

- Síndrome coronario agudo.
- Infarto < 1 mes.
- Neumotórax <1 mes.
- Aneurisma aórtico con complicación.
- Desprendimiento de retina < 1 mes.
- Hipertensión endocraneana (Gutiérrez et al., 2007).

Relativas

- Que no exista colaboración.
- Dolor de pecho sin causa aparente.
- Aneurisma aórtico sin complicaciones.
- Aneurisma cerebral sin complicaciones.
- Episodio reciente de hemoptisis (Gutiérrez et al., 2007).

4.2 Criterios de aceptabilidad y reproducibilidad

Para que la prueba sea considerada como satisfactoria debe cumplir con ciertos parámetros, así como para poder tener una interpretación adecuada y precisa de los datos obtenidos con esta prueba. Entre los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de esta prueba tenemos los siguientes:

- Inicio rápido y sin vacilaciones. El tiempo para llegar al flujo espiratorio máximo (PET), debe ser menor a 120 ms (García-Río et al., 2013).

- No se debe evidenciar artefactos como tos, cierre de glotis, esfuerzo espiratorio variable, fuga de aire ya que alterarían el FEV1 (García-Río et al., 2013).
- Al término de la espiración no debe existir interrupción temprana, los cambios deben ser inferiores a 0,025 l durante ≥ 1 s. La espiración no puede durar menos de los 6 s (García-Río et al., 2013; Gutiérrez et al., 2007).
- Para la reproducibilidad entre las dos mejores FVC y FEV1 debe ser inferior a 150ml. En caso que la FVC sea menor a 1 litro las diferencias de la FVC y la FEV1 deberían estar menor a 100 ml (Gutiérrez et al., 2007).

4.3 Interpretación

Para que una espirometría sea considerada como normal, los resultados obtenidos deben ser mayores al límite inferior del intervalo de confianza (LIN) (Miller et al., 2005). El LIN es aproximadamente un 80% del de FVC, FEV1 y CV; para la relación FEV1/FVC es de 0.7 (70%), y finalmente para el FEF25-75% un aproximado del 60% (Miller et al., 2005). Un Patrón obstructivo se da por una relación FEV1/FVC por debajo de 0.7 (70%), mientras que un patrón restrictivo se da por una FVC disminuida con una relación FEV1/FVC incrementada (Miller et al., 2005).

4.4 Espirometría en la altura

En estudios realizados en América del Sur específicamente en Perú, se observa que los nativos residentes sobre los 3840 y 3400 m.s.n.m tienen una FVC ajustada para la talla, el peso y la edad de 4830ml; en comparación con sus pares que se han aclimatizado, quienes obtuvieron una FVC de 4504ml (Frisancho, Velásquez, & Sánchez, 1973). Curiosamente, en nativos sudamericanos se han observado elevaciones de la función pulmonar con la altura, en especial entre los grupos Quechuas (Fiori et al., 2000).

En contraste, existen estudios realizados en los Sherpas de los Hymalayas quienes residen sobre los 3840 m.s.n.m, donde se ha observado diferencias en los valores espirométricos en comparación con la media prevista para la Comunidad Europea de Carbón y Acero (EC&S) (Havryk, Gilbert, & Burgess, 2002).

Es importante destacar que en este estudio los Sherpa obtuvieron valores espirométricos más altos. Además, existió una disminución aparentemente más lenta en la FVC con la edad avanzada para hombres y mujeres en comparación con la EC&S (Havryk et al., 2002). Estos resultados se deben a que los Sherpas han vivido por generaciones a estas alturas, lo que les ha permitido una buena adaptación para un mayor crecimiento pulmonar más allá de lo predicho para el resto de poblaciones que viven en alturas más bajas (Havryk et al., 2002).

Existen fórmulas para predecir los valores de los resultados en la espirometría, en base a las medidas antropométricas y características poblaciones. Estas fórmulas han sido aplicadas casi siempre en poblaciones con medidas estándar de función pulmonar como son aquellos individuos que viven al nivel del mar. Innovando en el rumbo que tomaría la espirometría en las poblaciones de grandes alturas, se realizaron estudios extrapolando a la población de los Himalayas donde se evidenciaron diferencias significativas en cuanto a los valores espirométricos FVC y FEV1 los mismos que valoran la función pulmonar.

En el 2017, López realiza la primera estimación de las fórmulas para calcular valores espirométricos de referencia establecidos teóricamente en la población argentina ubicada en la Platea Andina a más de 3490 m.s.n.m, donde se obtuvo que esta población tenía valores predictivos positivos aumentados en la espirometría; para ser más específicos en los niveles predictivos de FVC al introducir variables antropométricas como son la edad, peso y género.

Es importante mencionar que, todos los individuos fumadores quienes tenían factores de riesgo para disminuir su función pulmonar fueron excluidos ya que producían sesgo en la población sana que requería el estudio. De esta manera, se logra corroborar que las fórmulas establecidas para obtener valores espirométricos de referencia en otras poblaciones pueden ser utilizadas en diferentes contextos, inclusive en diferencias situacionales y poblacionales como son aquellos individuos que viven en grandes alturas y han presentado cambios en su adaptación pulmonar.

Capítulo V

Materiales y Métodos

5.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional analítico de corte transversal, para lo cual se ejecutó un muestreo aleatorio estratificado (considerando el censo de las comunidades) en dos poblaciones genéticamente parecidas, pero geográficamente muy distintas. Las variables que se utilizaron principalmente se las obtuvo de la espirometría.

5.2 Población.

La población se limita al grupo Kichwa nacidos y residentes en la altura en Oyacachi y la población nacida y residente de Limoncocha. Se obtuvo información de 147 pacientes sanos que cumplieron con los criterios de inclusión. Los pacientes fueron seleccionados por el método de muestreo consecutivo en donde tratamos de incluir a todos los sujetos del universo que cumplieran con los criterios de inclusión. Debido a la limitante de tiempo y de recursos en el trabajo de campo logramos incluir a 71 personas en Oyacachi y 76 a la población de Limoncocha.

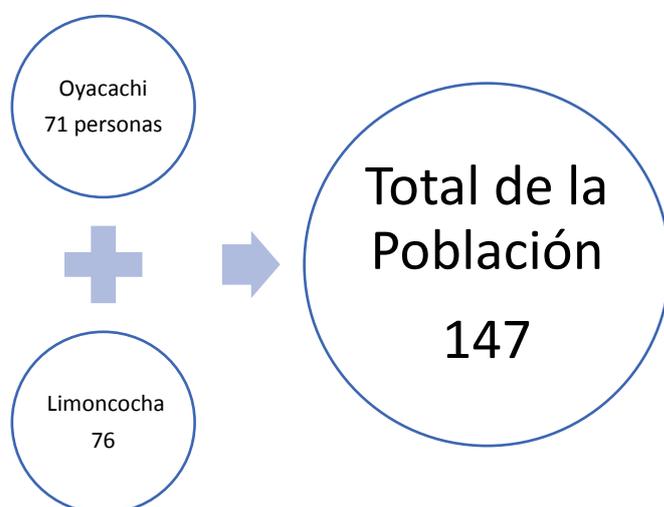


Figura 1. Tamaño de la muestra

5.3 Zona geográfica

5.3.1 Limoncocha:

Se encuentra en la provincia de Sucumbíos; cantón Shushufindi en el norte de la Amazonía ecuatoriana. Gran parte del terreno está compuesto por la Laguna

de Limoncocha. Tiene una altura promedio de 252 m.s.n.m y una población de 8.817 habitantes.

5.3.2 Oyacachi:

Población ubicada a unos 100km de distancia de Quito con distinta y reconocida flora y fauna, ubicado en la Cordillera de los Andes, en la parroquia Oyacachi, cantón El Chaco, provincia de Napo. La comunidad se encuentra ubicada a 3.190 m.s.n.m con un ecosistema tipo páramo. Forma parte de la Reserva Ecológica Cayambe Coca y tiene una población de 6.133 habitantes.

5.4 Grupos de estudio

El estudio se realizó en voluntarios de ambos sexos, sanos, mayores de edad que hayan nacido y que residan actualmente en Oyacachi (grupo altura) y en Limoncocha (grupo control). Para la población se tomó en cuenta la altura geográfica, siendo Oyacachi la ubicación de mayor altura con 3200 a 3800 m.s.n.m; mientras que sus contrapartes amazónicas se ubican sobre los 200 y 600 m.s.n.m.

5.5 Grupos de estudio

5.5.1 Criterios de Inclusión:

- El estudio se realizará en voluntarios de ambos sexos, actualmente sanos, en edades comprendidas entre los 21 años y los 75 años que hayan nacido y que residan actualmente en Oyacachi (grupo altura) y en Limoncocha (grupo control).

5.5.2 Criterios de Exclusión:

- Voluntarios que sean menores de 21 años, que hayan nacido en otro lugar, que no residan habitualmente en las parroquias antes mencionadas y que tengan actualmente un proceso nosológico identificable clínicamente.
- Voluntarios con antecedentes de síndrome coronario agudo.
- Voluntarios con antecedentes de neumotórax menor de un mes.
- Voluntarios con antecedentes de aneurisma aórtico con complicación.

- Voluntarios con antecedentes de desprendimiento de retina menor a un mes.
- Voluntarios con antecedentes de hipertensión endocraneana.

5.6 Recolección de datos

Con la dirección del Dr. Esteban Ortiz el grupo de investigación recolectó los datos en cada uno de los lugares. Al momento de terminar cada espirometría se procedió a transcribir los datos a digital usando el programa Microsoft Office® en formato Excel.

5.6.1 Información solicitada

Edad

Lugar de nacimiento

Lugar de residencia

Fumador

Enfermedades pulmonares activas

Cirugías recientes

5.6.2 Datos Espirométricos

- Las espirometrías se realizaron en el lugar de las entrevistas con un espirómetro portátil marca SCHILLER tipo SP-1, debidamente calibrado con una jeringa de 3 litros, a diario en los días de toma de muestras.
- La técnica se realizó correctamente bajo la supervisión de un profesional de la salud capacitado.
- El paciente sentado, con su espalda erguida, las dos piernas tocando el suelo sin cruces y usando ropa ligera.
- Una pinza nasal se usó para evitar la fuga de aire por la nariz.
- La técnica fue explicada y las instrucciones fueron entendidas claramente y de forma concisa.
- Se verificó que en la boquilla no existan fugas al momento de introducirla en la boca y se pidió al paciente que inspire lo más fuerte y profundo que pueda con una pausa inferior a 1s, seguido de una espiración rápida, fuerte y prolongada hasta que se le indique parar.

- La prueba fue realizada hasta obtener 3 maniobras aceptables por cada paciente.
- Las boquillas fueron descartadas con cada paciente y debidamente desinfectadas al final del día de pruebas.
- Las medidas antropométricas de talla y peso se las tomó a cada paciente antes de realizar la prueba.

5.7 Análisis de datos

5.7.1 Fuente de información

5.7.1.1 Codificación de variables

Los pacientes fueron categorizados en dos poblaciones según su lugar de residencia: Oyacachi (gran altura) o Limoncocha (baja altura). En cada uno de los grupos se analizó las características de cada población entre ellas; edad en años, peso en kg, talla en cm e IMC como variables continuas, y existencia de enfermedades pulmonares; categorizado como “existe enfermedad pulmonar” o “no existe enfermedad pulmonar”.

Las variables pulmonares fueron todas continuas, acorde a la información del espirómetro. Estas variables fueron capacidad vital forzada (FVC) (L), volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV1) (L), relación volumen espiratorio forzado con la capacidad vital forzada (relación FEV1/FVC) (%), flujo espiratorio medio (FEF 25%-75%) (L/s), flujo espiratorio máximo (PEF) (L/s).

Todas las variables fueron presentadas en modo de frecuencias con sus respectivas proporciones y los resultados de las pruebas estadísticas donde fuesen apropiadas.

5.7.2 Estadísticas descriptivas

El primer paso para entender el comportamiento de los datos en las dos poblaciones es conocer las frecuencias de presentación. Las variables continuas se analizaron en medias y desviaciones estándar para las que tienen distribución normal y en medianas las que tienen asimetrías. Las variables categóricas se analizaron con proporciones y números totales.

Los valores espirométricos obtenidos se analizan en base al algoritmo diagnóstico para patrones respiratorios anormales. Los valores de referencia son el valor de la relación FEV1/FVC (70%) y el valor de FVC (80%). Es así como, si la relación FEV1/FVC $>70\%$ y FVC $<80\%$ se considera un patrón restrictivo.

Por otro lado, si la relación FEV1/FVC $<70\%$ y FVC $>80\%$ se considera un patrón obstructivo.

5.7.3 Estadísticas inferenciales

En relación con el análisis estadístico inferencial se procedió a la comparación de los grupos de acuerdo con cada una de las variables de interés entre grupos.

Las pruebas estadísticas usadas fueron Chi cuadrado para analizar asociación o independencia de variables categóricas, mientras que para variables cuantitativas se usó T-test para comparar dos medias, así como el test de ANOVA para más de dos. Si no se cumplían con los criterios de normalidad, se usó el test de Kruskal - Wallis para comparar más de dos grupos.

En relación con los análisis de varianza y aceptación de resultados, se comparó la distribución de los valores Z entre los grupos a examinar. Por lo cual se utilizó el test de Levene, el mismo que busca demostrar si las distribuciones de los valores Z son similares o diferentes. En el caso de que p tenga un valor menor a 0.05, se asumió que existe diferencia estadísticamente significativa y si p tiene un valor mayor a 0.05 se asumió igualdad.

Por último, se realizó una prueba de correlación simple denominada también de Pearson. Es importante recalcar que todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico SPSS versión 24.0.

5.8 Fuente de información

Las referencias bibliográficas fueron obtenidas de las bases de datos disponibles en la universidad a través de los motores de búsqueda más comunes como son Pubmed o google scholar. Las referencias seleccionadas fueron incluidas en el texto usando un software de manejo de referencias de fuente abierta llamado Zotero versión 24.

Los datos recolectados fueron almacenados en un formato xls. y manejados en el programa Excel de Microsoft para visualización y depuración de los datos.

5.9 Aspectos éticos

Se obtuvo la aprobación del comité de bioética de la UDLA (Universidad de las Américas). para la recolección de datos empleada en este estudio. La información obtenida fue con previa autorización y firma de consentimiento informado (Anexo 3) de cada individuo Kichwa en los lugares de Oyacachi y Limoncocha.

Para proteger la identidad y autonomía de los pacientes, toda la información personal que pueda prestarse para la identificación de estos fue removida, manteniendo de esta manera el anonimato.

Se realizó el estudio de espirometría en todos los individuos, obteniendo de esta forma los datos necesarios. No se hicieron otros estudios invasivos en esta población.

5.10 Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Tipo	Definición operacional	Escala/Categoría	Indicador	Fuente
Edad	Tiempo de vida de una persona desde su nacimiento.	Cuantitativa	Número de años cumplidos	-	Años cumplidos	Cédula de identidad
Sexo	Condición orgánica de los animales y las plantas determinada por masculino o femenino.	Cualitativa	Según el sexo biológico de pertenencia	Femenino/Masculino	Número de hombres y mujeres	Cédula de identidad
Peso	Medición de la masa corporal total de un individuo	Cuantitativa	Masa corporal medible	-	Valor en kilogramos	Balanza
Talla	Tamaño de un individuo desde la cabeza hasta los pies	Cuantitativa	Longitud medida de un individuo	-	Valor en centímetros	Tallímetro
Enfermedad pulmonar	Cualquier condición pulmonar que afecte el funcionamiento de este	Cualitativa	Reporte de cualquier patología pulmonar previa.	Sí / No	Existencia de patología / no existencia de patología	Historia Clínica (antecedentes patológicos personales)
FVC	Cantidad máxima de aire espirado previa a una inspiración total.	Cuantitativa	Total, de volumen espirado después de una inspiración máxima	-	Volumen de aire expresado en ml	Espirómetro
FEV 1	Volumen de aire espirado en el primer segundo de la espiración forzada	Cuantitativa	Cantidad de aire medido ml en el primer segundo de la espiración forzada.	-	Volumen de aire expresado en ml en el primer segundo	Espirómetro
Relación FEV1/FVC	Porcentaje de FVC espirado en el primer segundo	Cuantitativa	Porcentaje de FVC espirado en el primer segundo	-	Porcentaje de FVC expresado en porcentaje	Espirómetro
FEF 25-75%	Flujo medio entre el 25% y el 75% de una maniobra de espiración forzada	Cuantitativa	Porcentaje de FVC entre el 25% y el 75%	-	Porcentaje de FVC entre el 25 y 75% (L/s)	Espirómetro
PEF	Flujo espiratorio máximo	Cuantitativa	Velocidad máxima Con la que una persona realiza una espiración	-	Litros sobre segundos	Espirómetro

Capítulo VI

Resultados

6.1 Resultados Demográficos

Tabla 2

Variables demográficas

LIMONCOCHA (252 M)

	Mujer (n=39)				Hombre (n=37)			
	Media	DE ±	Min	Max	Media	DS ±	Min	Max
EDAD	38.3	12.7	18	70	40.4	14.6	18	74
TALLA (M)	1.47	0.25	0	1.6	1.61	0.06	1.51	1.77
PESO (KG)	65.79	11.81	49	97	73.92	10.7	58	100
IMC (KG/M²)	28.71	4.75	19.38	41.98	28.44	3.71	21.83	37.18

OYACACHI (3,800 M)

	Mujer (n=41)				Hombre (n=30)			
	Media	DE ±	Min	Max	Media	DE ±	Min	Max
EDAD	36.8	11.4	18	68	37	13.1	18	62
TALLA (M)	1.51	0.06	1.43	1.72	1.61	0.05	1.5	1.7
PESO (KG)	59.93	6.97	47	73	63.96	6.86	52	80
IMC (KG/M²)	26.44	3.01	20.6	33.76	24.57	2.54	19.1	30.86

En la población de Limoncocha (n=76) se cuenta con 39 mujeres y 37 hombres, mientras que en Oyacachi (n=71) existen 41 mujeres y 30 hombres. En cuanto a las variables al hablar de los pacientes de Limoncocha, en las mujeres se encuentra una edad media de 38.3 años, talla de 1.47m, peso de 65.8kg e IMC de 28.7 kg/m². En los hombres encontramos una distribución de edad media de 40.4 años, talla de 1.61m, peso de 73.9kg e IMC de 28,4 kg/m².

Al analizar las características de la población de Oyacachi, dividiendo en grupo de hombres y mujeres se encontró una edad media de 36.8 años, talla de 1.51m, peso de 59.9kg e IMC de 26.4 al hablar de las mujeres. Por otro lado,

en los hombres se encuentra una edad media de 37 años, talla de 1,61m, peso 63.9kg e IMC 24,5.

Es importante mencionar que para los análisis de resultados los test fueron realizados comparando la media de cada población; sin embargo, en el texto que se encuentra a continuación se utilizaron diagramas de cajas y bigotes para una mejor descripción y entendimiento de las diferencias entre grupos; ya que estas ilustraciones utilizan una comparación de las medianas de cada población.

6.1.2 Edad

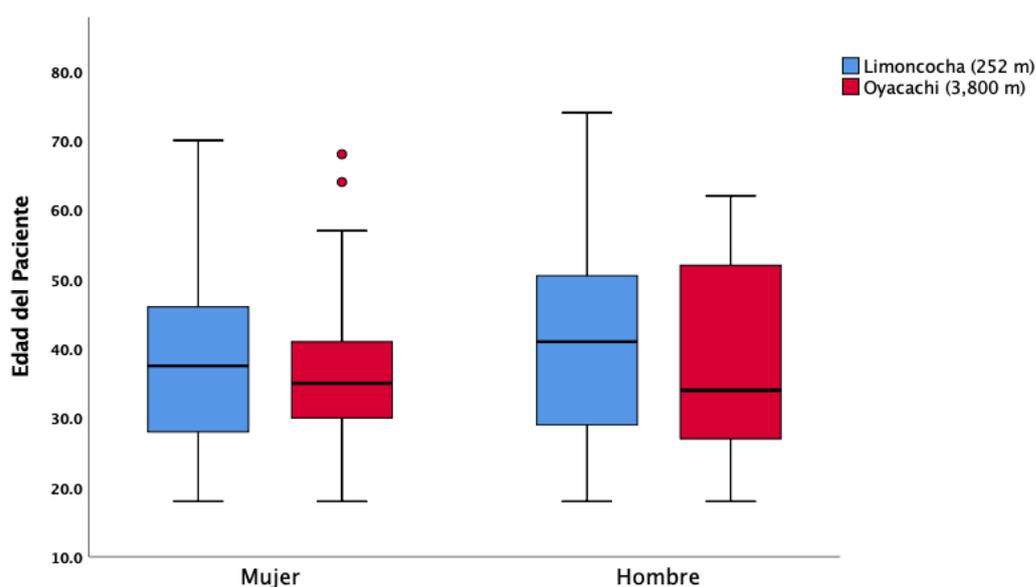


Figura 2. Edad: Diagrama de caja y bigotes comparando la edad en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Esta figura representa la distribución de las edades entre hombres y mujeres en cada uno de los grupos. Se comparó la distribución de edades en todos los participantes del estudio (hombres Oyacachi, hombres Limoncocha, mujeres Oyacachi y mujeres Limoncocha) obteniendo una distribución no paramétrica. Por lo cual se realizó un test de Kruskal – Wallis para determinar si existe o no diferencias entre los grupos antes mencionados en términos de edad, la cual no arrojó diferencias estadísticamente significativas ($p= 0.691$).

6.2 Medidas antropométricas

6.2.1 Talla

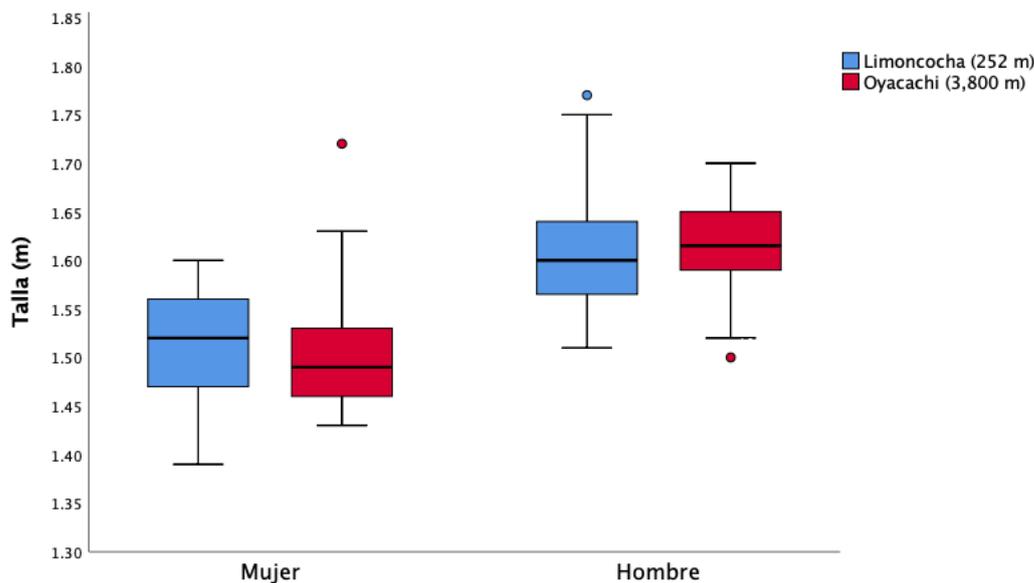


Figura 3. Diagrama de caja y bigotes comparando la talla en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Hombres

La variable talla, al ser una variable con distribución normal se usó un test paramétrico para variables continuas con verificación estadística de varianzas iguales. La diferencia de la talla en hombres usando un T-test de variables independientes no tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p=0.857$ [IC: -0.29 – 0.20]).

Mujeres

De la misma forma como se habla de la talla, sabiendo que es una variable con distribución normal al utilizar un test paramétrico para variables continuas con verificación estadística de varianzas iguales. La diferencia de talla en mujeres usando un T-test de variables independientes no tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p=0.426$ [IC: -0.11 – 0.40]).

6.2.2 Peso

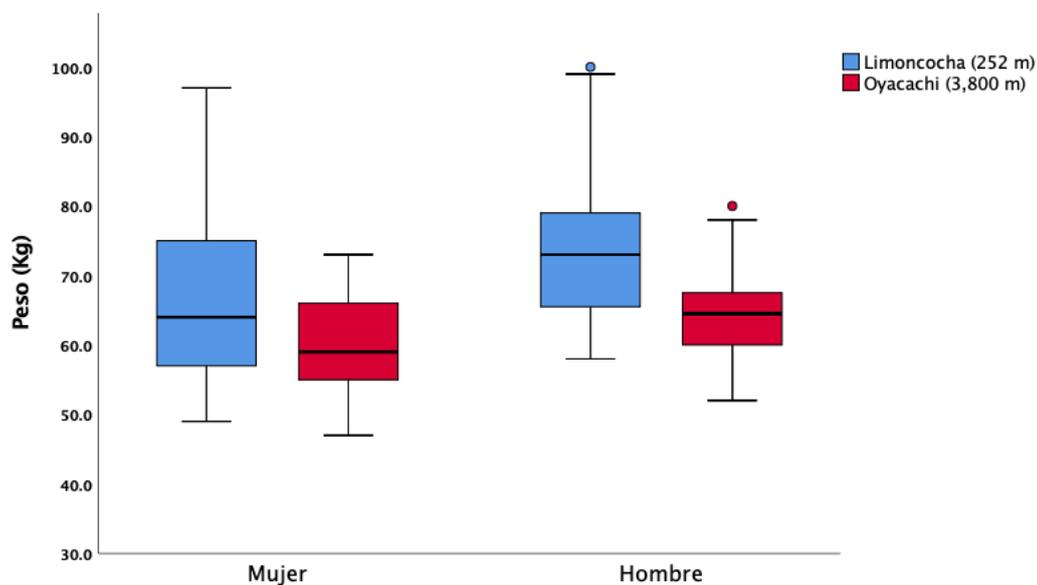


Figura 4. Diagrama de caja y bigotes comparando el peso en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Esta figura representa el peso entre hombres y mujeres para cada grupo. Se utilizó un T- test para identificar si existe diferencia entre ambos grupos. Los resultados demostraron que el peso en las mujeres de Limoncocha ($65.7 \text{ kg} \pm 11.8$) es mayor al de las mujeres de Oyacachi ($59.9 \text{ kg} \pm 6.9$) siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p= 0.01$ [IC: 1.45 - 10.27]).

Por otro lado, los resultados en hombres también demostraron que el peso en Limoncocha ($73.9 \text{ kg} \pm 10.6$) fue mayor al de los hombres en Oyacachi ($63.9 \text{ kg} \pm 6$) siendo estadísticamente significativo ($p= 0.01$ [IC: 1.45 - 10.27]).

6.3 Resultados espirométricos

Tabla 3

Resultados espirométricos

OBSERVADOS	LIMONCOCHA				OYACACHI				LIMONCOCHA				OYACACHI			
	Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres	
	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±	Media	DE ±
Capacidad vital forzada (L)	2.62	0.41	3.54	0.69	2.94	0.41	3.96	0.64	2.84	0.43	3.85	0.55	2.8	0.46	3.97	0.51
Volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV1) L	2.55	0.49	3.35	0.65	2.73	0.43	3.6	0.54	2.44	0.41	3.24	0.52	2.4	0.41	3.36	0.49
Relación FEV1/FVC*	95.44	4.88	94.93	5.24	92.76	5.87	91.35	4.78	81.77	2.09	79.92	2.46	81.82	2.14	80.5	2.23
Flujo espiratorio medio 25-75% (L/SEC) **	3.9	0.95	4.74	1.37	3.95	0.91	4.55	0.84	3.54	0.4	4.06	0.62	3.49	0.47	4.36	1
Flujo espiratorio máximo (L/s)	5.67	1.06	7.83	1.44	5.87	1.27	7.81	1.38	6.11	0.64	8.23	0.82	6.03	0.53	8.46	0.71
Flujo instantáneo al 75% MED (L/s)	5.49	1.31	7.37	1.38	5.76	1.26	7.54	1.35	5.56	0.43	7.13	0.56	5.49	0.38	7.26	0.53
Flujo instantáneo al 50% MED	4.24	0.9	5.12	1.24	4.44	0.87	5.27	1.02	3.91	0.34	4.49	0.52	3.89	0.35	4.61	0.49
Flujo instantáneo al 25 % MED (L/s)	2.23	0.8	2.68	0.91	2.28	0.82	2.37	0.64	1.73	0.3	1.79	0.42	1.74	0.3	1.89	0.39

* Índice de Tiffeneau-Pinelli %

** En relación con la capacidad vital forzada (FVC) (FEF25-75%) (L/s)

Se compararon dos grupos poblacionales; aquellos pacientes de Limoncocha versus los pacientes de Oyacachi. Cada una de estas poblaciones se subdivide al paciente por género, en femenino y masculino y por grupos etarios en jóvenes, adultos, adultos mayores y ancianos. Los valores espirométricos observados que se obtuvieron en cada grupo son los descritos a continuación.

Pacientes mujeres Limoncocha:

En cuanto a la FVC se observó una media de 2.62, FEV1 2.55, Relación FEV1/FVC del 95%. En cuanto a los porcentajes máximos espiratorios en 25%, 50%, 75% se encuentran valores de 2.23, 4.24, 4.49 respectivamente (Todos los valores en cuanto a los porcentajes se encuentran en L/s).

Pacientes hombres Limoncocha.

En cuanto a la FVC se observó una media de 3.54, FEV1 3.35, Relación FEV1/FVC del 94.93%. En cuanto a los porcentajes máximos espiratorios en 25%, 50%, 75% se encuentran valores de 2.68, 5.12, 7.37 respectivamente (Todos los valores en cuanto a los porcentajes se encuentran en L/s).

Pacientes mujeres Oyacachi.

En cuanto a la FVC se observó una media de 2.94, FEV1 2.73, Relación FEV1/FVC del 92.76%. En cuanto a los porcentajes máximos espiratorios en 25%, 50%, 75% se encuentran valores de 2.28, 4.44, 5.76 respectivamente (Todos los valores en cuanto a los porcentajes se encuentran en L/s).

Pacientes hombres Oyacachi.

En cuanto a la FVC se observó una media de 3.96, FEV1 3.6, Relación FEV1/FVC del 91.35%. En cuanto a los porcentajes máximos espiratorios en 25%, 50%, 75% se encuentran valores de 2.37, 5.27, 5.54 respectivamente (todos los valores en cuanto a los porcentajes se encuentran en L/s).

La parte de la tabla donde se encuentran los valores predictivos no tienen análisis estadístico ya que, al ser valores esperados en cuanto a medidas

antropométricas calculados por un espirómetro, no son valores reales. Las comparaciones de las variables pulmonares entre las poblaciones del estudio se describen a continuación en los siguientes análisis estadísticos.

6.3.2 FVC Observado

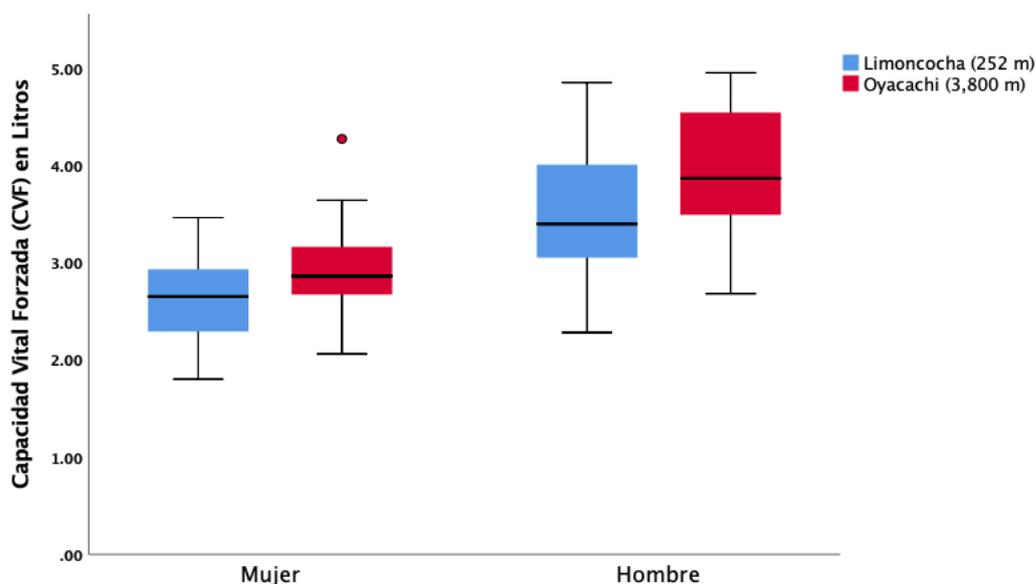


Figura 5. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de FVC observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Esta figura representa la FVC, la misma que al contar con una distribución normal se realizó un test paramétrico para variables continuas. Al utilizar un T-test de variables independientes, se encontraron valores mayores de FVC en aquellos individuos pertenecientes a la población de Oyacachi. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa con valor de $p=0.013$ [IC: -0.74 – -0.93]) en el grupo de hombres y una diferencia estadísticamente significativa con valor de $p=0.001$ [IC: -0.50 – -0.13]) en el grupo de mujeres.

6.3.3 FEV1 Observado

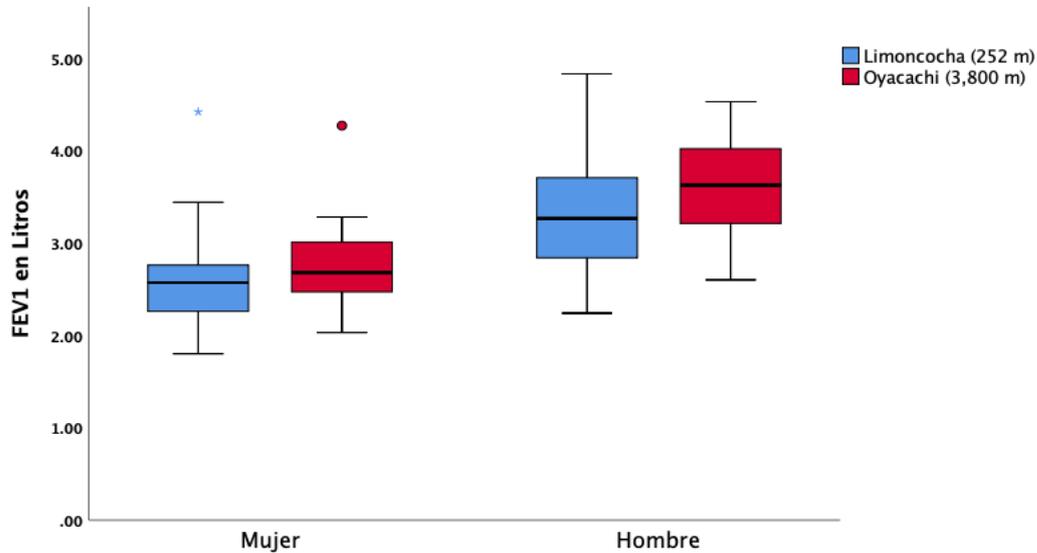


Figura 6. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de FEV1 observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Esta figura representa la FEV1, la misma que se analiza dentro de una distribución normal. Se realizó un test paramétrico para variables continuas con verificación estadísticas de varianzas que no se asumen como iguales. Al utilizar un T-test de variables independientes se encontró en el grupo de los hombres una diferencia no estadísticamente significativa ($p=0.09$ [IC: -0.54 – 0.44]), al igual que, en el grupo de mujeres se encontró una diferencia no estadísticamente significativa ($p=0.09$ [IC: -0.37 – 0.33]).

6.3.4 Relación FEV1/FVC % Observado

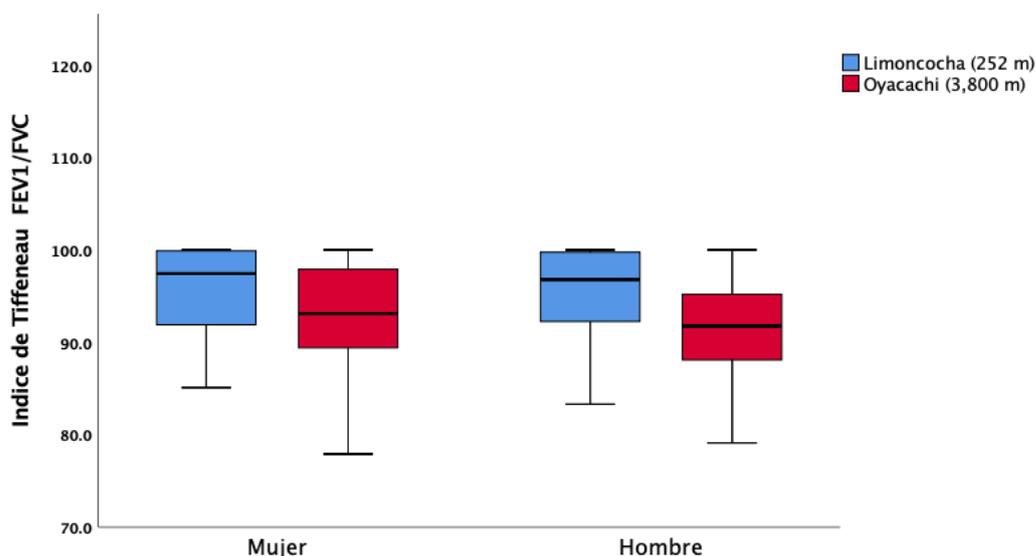


Figura 7. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor la relación FEV1/FVC observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi.

Esta figura representa la relación FEV1/FVC entre hombres y mujeres para cada grupo. Se usó un T-test para identificar si existe diferencia entre ambos grupos. Los resultados en mujeres demostraron que la relación FEV1/FVC de Limoncocha ($95\% \pm 4.8$) es mayor al de las mujeres de Oyacachi ($92.7\% \pm 5.8$) siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p= 0.03$ [IC: 0.27-5.08]).

Por otro lado, los resultados en hombres también demostraron que la relación FEV1/FVC en Limoncocha ($94.9\% \pm 5.2$) fue mayor al de los hombres en Oyacachi (91.3 ± 4.7) siendo estadísticamente significativo ($p= 0.005$ [IC: 1.13-6.06]).

6.3.5 Flujo espiratorio máximo

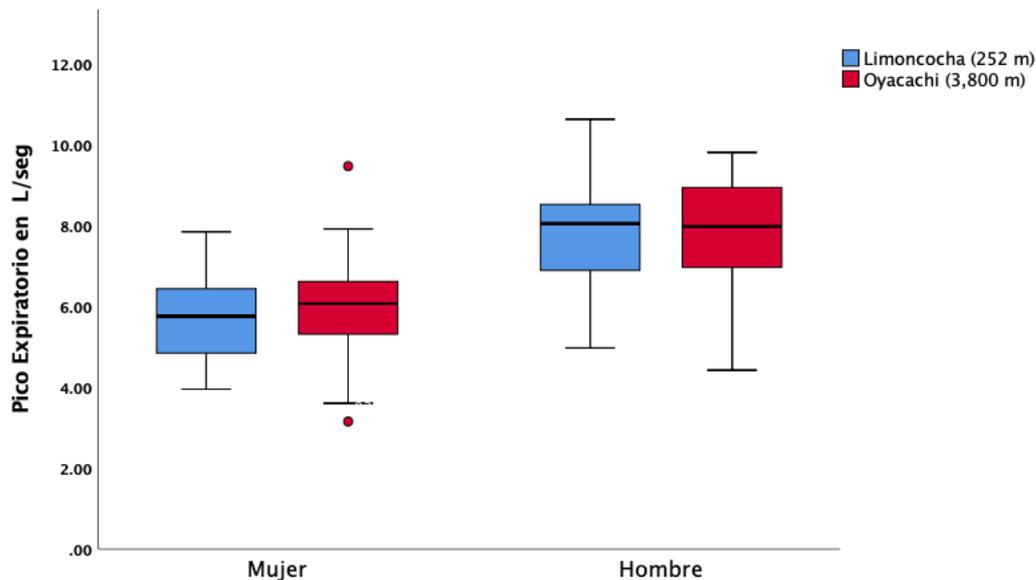


Figura 8. Diagrama de caja y bigotes comparando el valor de flujo espiratorio máximo observado en hombres y mujeres de las poblaciones de Limoncocha y Oyacachi

El flujo espiratorio máximo se analiza dentro de una distribución normal por este motivo se realizó una prueba paramétrica para variables continuas con verificación estadísticas de varianzas que no se asumen como iguales. Al utilizar un T-test de variables independientes se encontró en el grupo de los hombres una diferencia estadísticamente no significativa ($p=0.48$ [IC: -0.67 – 0.70]), al igual que, en el grupo de mujeres se encontró una diferencia no estadísticamente significativa ($p=0.43$ [IC: -0.72 – 0.31]).

6.3.6 FVC Observado por variable edad

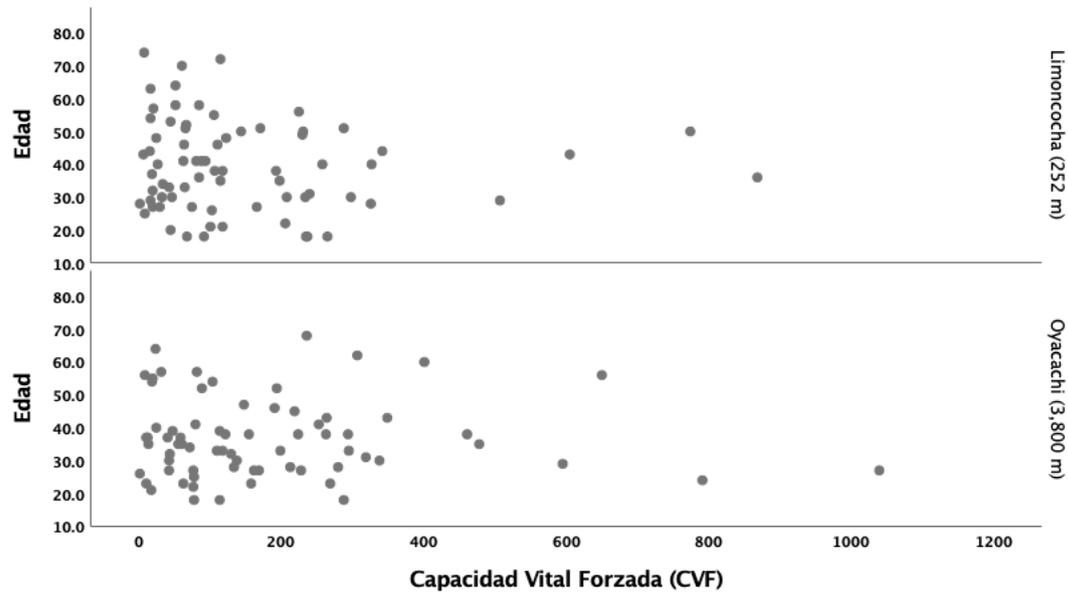


Figura 9. Regresión lineal simple comparando la variable edad con el valor de FVC obtenido en la población.

Al FVC ser una variable de distribución normal se utilizó un coeficiente de correlación de Pearson para determinar si existía asociación o no entre la variable edad y la variable FVC. Se demostró que la relación no es estadísticamente significativa para ninguna de las dos locaciones ($r = -0.14$, $p = 0.08$).

6.4 Patrones espirométricos

Tabla 4

Patrones espirométricos en la población de Oyacachi

	Patrón restrictivo	Patrón obstructivo	Patrón normal	
Número de personas	4	0	67	71
Porcentaje de personas	5.6%	0%	94.4%	100%

Esta tabla indica la existencia de patrones anormales espirométricos en la población de Oyacachi, donde se evidencia que existen 4 personas con patrón restrictivo lo que representa el 5.6% de la población. Por otro lado, se evidencia que no existe ningún individuo que tenga un patrón pulmonar obstructivo.

Tabla 5

Patrones espirométricos en la población de Limoncocha

	Patrón restrictivo	Patrón obstructivo	Patrón normal	
Número de personas	15	0	61	76
Porcentaje de personas	19.7%	0%	80.3%	100%

Esta tabla indica la existencia de patrones anormales espirométricos en la población de Limoncocha, donde se evidencia que existen 15 personas con patrón restrictivo lo que representa el 19.7% de la población. Por otro lado, se evidencia que no existe ningún individuo que tenga un patrón pulmonar obstructivo.

Tabla 6
Patrones espirométricos en la población Kichwa

	Patrón restrictivo	Patrón obstructivo	Patrón normal	
Número de personas	19	0	128	147
Porcentaje de personas	12.9%	0%	87.1%	100%

Esta tabla indica la existencia de patrones anormales espirométricos en toda la población Kichwa, donde se evidencia que existen 19 personas con patrón restrictivo lo que representa el 12.9% de la población. Por otro lado, se evidencia que no existe ningún individuo que tenga un patrón pulmonar obstructivo. Evidenciando que la mayoría de los individuos, 128 personas (87.1%) tienen patrones pulmonares normales, es un hecho que existen personas con patrones pulmonares anormales en este caso restrictivos.

Capítulo VII

7.1 Discusión

La población Sherpas fue estudiada en el año 2002 por Havrick quien demostró que los valores espirométricos fueron mayores en estos individuos; la comparación realizada en este estudio fue con la población europea donde además se evidenció la existencia de una disminución más lenta del valor de FVC con el paso de los años tanto en hombres como en mujeres. Es importante destacar que en este estudio se analizaron otros factores de riesgo además de la exposición al tabaco; como las toxinas en el ambiente de trabajo y la contaminación ambiental, donde se evidenció que estos factores de riesgo eran menos comunes en los Himalayas que en los individuos europeos residentes a nivel del mar, lo que arrojó como resultado valores elevados en su función pulmonar (Havryk et al., 2002).

Por otro lado, en un estudio realizado por Tarazona en el 2000 en el cual se comparan diferentes poblaciones Quechuas de la altura, principalmente en el norte de Perú, se encontró que no existió diferencia significativa en la función pulmonar. Sin embargo, al comparar la función pulmonar con la edad se evidenció una disminución significativa de esta con el paso de los años (Tarazona-Santos, Lavine, Pastor, Fiori, & Pettener, 2000).

Al comparar los valores espirométricos en poblaciones Andinas de la altura, con los valores predictivos para poblaciones a nivel del mar, Jové en el año 2017 encontró que la población de altura obtuvo valores predictivos mayores que la población a nivel del mar. Cabe recalcar, que en este estudio la FVC y FEV1 en litros para ambos sexos fue predicha y ajustada para la edad, talla y peso. Incluso se encontró valores predictivos de FVC y FEV1 mayores que los predichos para los Himalayas (Jové et al., 2018).

En contraste, Asia central en un estudio realizado por Fiori, en el cual se comparó a la población Kirghiz (habitantes de grandes alturas) con sus contrapartes de mediana y baja altura. Se encontró que la FVC y FEV1 fueron

menores en los habitantes de grandes alturas al compararlos con sus contrapartes de medianas y bajas alturas (Fiori et al., 2000).

Por otra parte, los hallazgos del estudio realizado en la población ecuatoriana de Kichwas de Oyacachi y Limoncocha demuestran una variación de la capacidad pulmonar de los individuos habitantes de la altura. Observando que, la población de Oyacachi presenta una mayor función pulmonar; siendo este evaluado con el FVC y FEV1. La distribución se realizó dividiéndola en grupos poblacionales de hombres y mujeres encontrando que, en ambos grupos el FVC fue mayor con una $p= 0.01$, demostrando una diferencia estadísticamente significativa para esta variable. Al analizar los patrones pulmonares espirométricos obtenidos en estas poblaciones se evidenció que ninguna persona tenía patrón obstructivo, mientras que, por otro lado, el patrón restrictivo se presentó en ambas poblaciones Kichwas (Limoncocha y Oyacachi) en un 12.9% aunque es claro que existe un predominio de este patrón en los individuos pertenecientes a Limoncocha.

En conclusión, al revisar a la literatura existente y comparándola con los hallazgos de este estudio; la tendencia demuestra que la población de altura tiene una capacidad pulmonar aumentada, como se demuestra en los valores espirométricos encontrados. De esta manera, sería importante analizar cómo han progresado estos cambios a lo largo del tiempo en las poblaciones que han migrado hacia territorios de altura, así como, estudiar con más detalle todos los factores de riesgos a los que se ven expuestos estos individuos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

La investigación observacional realizada en dos comunidades Kichwas del Ecuador, ubicadas en alturas geográficamente diferentes; una en la Sierra (Oyacachi) y otra en la Amazonia (Limoncocha) demostró distintas comparaciones en cuanto a las diferencias demográficas de estos grupos poblacionales, en los valores espirométricos.

Esta recolección de datos fue realizada en su hábitat en el período febrero 2018 – mayo 2018, obteniendo las siguientes conclusiones, las mismas que conciernen a los objetivos generales, así como a los específicos.

En cuanto a los valores espirométricos se evidenció que:

- Los valores de FVC fueron mayores en los residentes de Oyacachi, existiendo una diferencia estadísticamente significativa.
- Lo que demuestra una mayor función pulmonar en aquellos indígenas habitantes de altura.
- En cuanto a la relación FEV1/FVC existieron diferencias estadísticamente significativas al comparar las poblaciones de Oyacachi y Limoncocha.

Se analizaron los valores espirométricos en base al algoritmo espirométrico para patrones pulmonares anormales donde se evidenció que:

- Patrón obstructivo: no existió ningún individuo con patrón obstructivo en la población de Oyacachi y tampoco en la población de Limoncocha.
- Patrón restrictivo: en la población de Oyacachi se encontraron 4 personas lo que equivale al 5.6% de los individuos y en la población de Limoncocha 15 personas equivalente al 17.9%.

Por lo tanto, se evidenció que no existe ninguna persona con patrón obstructivo en la población Kichwa, mientras que, por otro lado, el patrón restrictivo se evidenció en ambas poblaciones Kichwas (Limoncocha y Oyacachi) en un 12.9% aunque es claro que existe un predominio de este patrón en los individuos de Limoncocha.

8.2 Recomendaciones

Sería importante la creación de unidades de atención de salud especializadas en las comunidades indígenas del Ecuador, esto con la finalidad de brindar seguimiento y control a las condiciones fisiológicas de su desarrollo, de esta manera se podría realizar un estudio más detallado acerca de su evolución fisiológica y analizar todos los factores de riesgo a los que pueden verse expuestos.

Impulsar a los investigadores jóvenes el interés acerca de la fisiología de la altura y promover información relevante de estos grupos poblacionales que muchas veces no son tomados en cuenta.

Promover la adquisición de espirómetros en unidades de salud; con el fin de evaluar la existencia de patologías pulmonares en estos individuos y si existieran generar una base de datos para control y seguimiento de estos. La misma que, facilitaría el desarrollo de estudios de enfermedades pulmonares en poblaciones de grandes alturas.

8.3 Limitaciones del estudio

Considero que las diferencias culturales que tienen estas poblaciones limitan la realización de investigaciones de distintas maneras:

El lenguaje, dificulta la comunicación y comprensión efectiva de los procedimientos propuestos para el estudio, así como la importancia de estos.

La accesibilidad limitada a la salud genera en parte desconfianza por parte de los individuos, lo que incapacita la recolección de datos ya que muchas personas no se ven interesadas en estos estudios.

Ya que son poblaciones de difícil acceso el transporte y traslado del personal de investigación e insumos se convierte en un reto para el investigador y sus acompañantes. De esta forma, es comprensible que no se genere interés en investigar estas poblaciones.

REFERENCIAS

- Bärtsch, P., & Milledge, J. S. (2014). Blood and Haemostasis. In E. R. Swenson & P. Bärtsch (Eds.), *High Altitude: Human Adaptation to Hypoxia* (pp. 203–216). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8772-2_10
- Bayer, C., Shi, K., Astner, S. T., Maftei, 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. (2002). Tibetan and Andean contrasts in adaptation to high-altitude hypoxia. *Oxygen Sensing*, 63–74.
- Beall, C. M. (2014). Human Evolution at High Altitude. In E. R. Swenson & P. Bärtsch (Eds.), *High Altitude: Human Adaptation to Hypoxia* (pp. 357–377). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8772-2_19
- Bustos, J. M. (2016). Hipoxia y Cianosis. *Revista Medica Sinergia*, 1(9), 9–12.
- Cain, S. M. (1977). Oxygen delivery and uptake in dogs during anemic and hypoxic hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 42(2), 228–234.
- Coppel, J., Hennis, P., Gilbert-Kawai, E., & Grocott, M. P. (2015). The physiological effects of hypobaric hypoxia versus normobaric hypoxia: a systematic review of crossover trials. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(1), 2.
- Crosara, D. (2015). Alteraciones agudas del metabolismo del oxígeno. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 38(S1), 17–19.
- Esteva, S., Panisello, P., Ramon Torrella, J., Pagés, T., & Viscor, G. (2009). Enzyme activity and myoglobin concentration in rat myocardium and skeletal muscles after passive intermittent simulated altitude exposure. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 633–640. <https://doi.org/10.1080/02640410802713480>
- Feddersen, B., Neupane, P., Thanbichler, F., Hadolt, I., Sattelmeyer, V., Pfefferkorn, T., ... Ausserer, H. (2015). Regional differences in the

- cerebral blood flow velocity response to hypobaric hypoxia at high altitudes. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 35(11), 1846–1851.
- Fiori, G., Facchini, F., Ismagulov, O., Ismagulova, A., Tarazona-Santos, E., & Pettener, D. (2000). Lung volume, chest size, and hematological variation in low-, medium-, and high-altitude Central Asian populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 113(1), 47–59.
- Frisancho, A. R. (1975). Functional adaptation to high altitude hypoxia. *Science*, 187(4174), 313–319.
- Frisancho, A. R., Velásquez, T., & Sanchez, J. (1973). Influence of developmental adaptation on lung function at high altitude. *Human Biology*, 583–594.
- García-Río, F., Calle, M., Burgos, F., Casan, P., del Campo, F., Galdiz, J. B., ... Puente Maestu, L. (2013). Espirometría. *Archivos de Bronconeumología*, 49(9), 388–401. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001>
- Gutiérrez, M., Beróiza, T., Borzone, G., Caviedes, I., Céspedes, J., Gutiérrez, M., ... Schonfeldt, P. (2007). Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2006. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 23(1), 31–42.
- Hall, J. E. (2015). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Elsevier Health Sciences. Retrieved from https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=krLSCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=guyton+y+hall+physiology&ots=ZBpSluHFZZ&sig=svdgmA5NogB_D3kxpMf3wfAzo2k
- Havryk, A. P., Gilbert, M., & Burgess, K. R. (2002). Spirometry values in Himalayan high altitude residents (Sherpas). *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 132(2), 223–232.
- INEC. (2010). VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010.
- Jaramillo, J. A. R. (2002). Aspectos fisiológicos en la adaptación a la hipoxia altitudinal. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2), 5–16.

- Jové, O. R. L., Arce, S. C., Chávez, R. W., Alaniz, A., Lancellotti, D., Chiapella, M. N., ... Sala, H. L. (2018). Spirometry reference values for an andean high-altitude population. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 247, 133–139.
- Julian, C. G., Wilson, M. J., & Moore, L. G. (2009). Evolutionary adaptation to high altitude: A view from in utero. *American Journal of Human Biology*, 21(5), 614–622. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20900>
- Kramer, A. F., Coyne, J. T., & Strayer, D. L. (1993). Cognitive function at high altitude. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(2), 329–344.
- Lin, W., Paczynski, R. P., Celik, A., Kuppusamy, K., Hsu, C. Y., & Powers, W. J. (1998). Experimental hypoxemic hypoxia: changes in R2* of brain parenchyma accurately reflect the combined effects of changes in arterial and cerebral venous oxygen saturation. *Magnetic Resonance in Medicine*, 39(3), 474–481.
- Luks, A. M., & Hopkins, S. R. (2014). Lung Function and Gas Exchange. In E. R. Swenson & P. Bärtsch (Eds.), *High Altitude: Human Adaptation to Hypoxia* (pp. 57–83). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8772-2_4
- Maggiorini, M., Bärtsch, P., & Swenson, E. R. (2014). Pulmonary Circulation. In E. R. Swenson & P. Bärtsch (Eds.), *High Altitude: Human Adaptation to Hypoxia* (pp. 85–102). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8772-2_5
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., ... others. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338.
- Moore, B. (1985). Appropriate technology for birth. *The Lancet*, 326(8458), 787.
- Moore, L. G. (2001). Human genetic adaptation to high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 2(2), 257–279.
- Moore, L. G., Charles, S. M., & Julian, C. G. (2011a). Humans at high altitude: hypoxia and fetal growth. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 178(1), 181–190.

- Moore, L. G., Charles, S. M., & Julian, C. G. (2011b). Humans at high altitude: Hypoxia and fetal growth. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 178(1), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2011.04.017>
- Moore, L. G., Niermeyer, S., & Zamudio, S. (1998). Human adaptation to high altitude: Regional and life-cycle perspectives. *American Journal of Physical Anthropology*, 107(S27), 25–64.
- Muñoz, I. A. (2017). Fisiología a grandes alturas. *Cuadernos Del Tomás*, (9), 9–16.
- Murray, A. J., Montgomery, H. E., Feelisch, M., Grocott, M. P., & Martin, D. S. (2018). Metabolic adjustment to high-altitude hypoxia: from genetic signals to physiological implications. *Biochemical Society Transactions*, 46(3), 599–607.
- 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., & 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., & Dunn, J. F. (2011). High altitude exposure and ischemic stroke: A literature review.
- 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, Esteban, León, A. B., Unipara, L., & Santillan, P. (2018). Oxigenación y Flujo Sanguíneo Cerebral, Revisión Comprensiva de la Literatura. Brain Oxygenation And Cerebral Blood Flow, A Comprehensive Literature Review. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 27(1).
- Pasha, M. A. Q., & Newman, J. H. (2010). High-Altitude Disorders: Pulmonary Hypertension. *Chest*, 137(6), 13S-19S. <https://doi.org/10.1378/chest.09-2445>
- Pasha, M. Q., & Newman, J. H. (2010). High-altitude disorders: pulmonary hypertension: pulmonary vascular disease: the global perspective. *Chest*, 137(6), 13S–19S.
- Swenson, E. R., & Olsen, N. V. (2014). Renal Function and Fluid Homeostasis. In E. R. Swenson & P. Bärtisch (Eds.), *High Altitude: Human Adaptation to Hypoxia* (pp. 217–236). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8772-2_11
- Tarazona-Santos, E., Lavine, M., Pastor, S., Fiori, G., & Pettener, D. (2000). Hematological and pulmonary responses to high altitude in Quechuas: a multivariate approach. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 111(2), 165–176.
- UNICEF. (2006). Nacionalidades y Pueblos Indígenas y políticas interculturales en Ecuador: Una mirada desde la Educación. Retrieved from http://www.unicef.org/ecuador/nacionalidades_y_pueblos_indigenas_web_Parte1.pdf
- Viscor, G., Ricart, A., Pagès, T., Corral, L., Javierre, C. F., & Ventura, J. L. (2014). Intermittent Hypoxia for Obstructive Sleep Apnea? *High Altitude Medicine & Biology*, 15(4), 520–521. <https://doi.org/10.1089/ham.2014.1060>
- West, J. B. (2009). *Fisiología respiratoria*. Wolters Kluwer:
- West, J. B. (2011). History of respiratory gas exchange. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1509–1523.

West, J. B. (2016). Early history of high-altitude physiology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1365(1), 33–42.

ANEXOS

Abreviaciones

M.S.N.M: Metros sobre el nivel del mar

PaO₂: Presión parcial de oxígeno

O₂: Oxígeno

Cm H₂O: Centímetros de agua

ml: Mililitros

mm Hg: Milímetros de Mercurio

CO₂: Dióxido de Carbono

Pco₂: Presión parcial de Dióxido de Carbono

g: Gramos

Kg: Kilogramos

m²: Metro cuadrado

dl: Decilitro

IMC: Índice de masa corporal

LIN: Límite inferior del intervalo de confianza

PET: Flujo espiratorio máximo

FVC: Capacidad Vital Forzada

FEV₁: Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo.

FEF: 25%-75%: flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75%

PEF: Flujo espiratorio máximo

UDLA: Universidad de las Américas

INEC: Instituto Nacional de encuestas y censos

Definiciones

FVC: Cantidad máxima de aire espirado previa a una inspiración total.

FEV1: Volumen de aire espirado en el primer segundo de la espiración forzada.

Relación FEV1/FVC: Porcentaje de la capacidad vital forzada que es expulsada durante el primer segundo.

FEF 25%-75%: Flujo medio entre el 25% y el 75% de una maniobra de espiración forzada.

PEF: El máximo de aire que es exhalado por segundo después de una inspiración máxima. Este es máximo del flujo de aire obtenido.

Volumen máximo al 75%: Flujo instantáneo al 75% de la capacidad vital.

Volumen máximo al 50%: Flujo instantáneo al 50% de la capacidad vital.

Volumen máximo al 25%: Flujo instantáneo al 25% de la capacidad vital.

Anexo 1. Resultados

Plantilla datos OYACACHI

Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review View

Calibri 12

Number

94.9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC		
1	ODD	ME	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL	REF 25-75% M																
2	KLIMON001	30 F	160	84	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	208.00	208.00	3.31	3.00	63.40	4.61	1.65	7.24	7.08	5.65	2.25	3.41	3.28	63.30	3.31	6.73						
3	KLIMON002	30 F	157	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	47.00	6.00	3.12	3.28	81.90	4.21	1.43	5.97	5.83	4.09	2.38	3.28	2.85	63.30	3.27	6.73						
4	KLIMON003	30 F	157	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	236.00	233.00	4.01	3.07	99.20	7.09	5.81	10.00	10.26	6.14	3.25	3.71	3.26	78.40	3.74	8.00						
5	KLIMON004	30 F	155	75	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	888.00	793.00	3.34	3.73	99.80	4.73	2.04	6.17	7.11	4.44	2.36	4.72	3.36	62.80	4.36	8.75						
6	KLIMON005	30 F	160	85	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	17.00	3,098.00	3.11	3.09	89.20	3.02	5.02	8.08	8.10	5.98	2.36	3.23	2.26	79.20	3.10	7.23						
7	KLIMON006	41 F	152	84	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	63.00	4.00	2.70	2.64	67.80	3.71	4.58	8.29	6.01	5.01	2.58	3.34	2.58	79.30	3.32	7.73						
8	KLIMON007	50 F	143	83	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	231.00	91.00	2.83	2.68	84.00	6.41	3.78	6.00	5.71	4.70	1.88	2.41	2.24	79.50	3.09	5.59						
9	KLIMON008	50 F	177	89	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	21.00	37.00	3.81	3.35	85.60	3.62	1.35	7.21	6.73	4.14	1.86	4.36	3.47	77.00	3.65	8.58						
10	KLIMON009	51 F	155	80	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	86.00	77.00	2.82	2.55	80.40	3.15	1.31	5.20	4.85	3.61	1.67	2.65	2.25	79.30	3.13	5.89						
11	KLIMON010	27 F	149	78	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	30.00	31.00	1.94	1.84	100.00	4.17	2.24	6.82	6.34	4.38	2.82	3.21	2.81	63.40	3.72	6.39						
12	KLIMON011	38 F	156	85	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	107.00	113.00	3.49	3.44	89.40	4.84	2.37	6.73	6.35	5.05	2.81	3.03	2.51	81.80	3.59	6.33						
13	KLIMON012	74 M	155	83	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	8.00	23.00	2.51	2.24	96.80	2.99	1.29	6.87	6.82	3.50	1.46	2.65	2.22	74.00	2.93	6.63						
14	KLIMON013	41 M	161	87	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	94.00	150.00	4.00	3.68	82.20	5.28	1.79	9.05	8.62	6.32	2.36	3.06	3.24	79.90	4.07	6.39						
15	KLIMON014	21 M	158	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	75.00	88.00	4.68	4.08	89.80	5.78	2.85	8.30	8.00	6.52	3.46	4.45	3.82	82.40	4.75	8.13						
16	KLIMON015	34 M	164	86	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	34.00	34.00	3.73	3.73	100.00	6.22	2.80	8.41	8.30	7.28	3.82	4.21	3.98	81.10	4.43	8.77						
17	KLIMON016	29 M	158	82	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	326.00	304.00	2.77	2.74	98.90	4.31	2.47	5.85	5.75	4.54	2.67	3.31	3.41	89.20	4.53	8.54						
18	KLIMON017	30 F	157	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	198.00	20.00	3.87	3.09	80.80	3.82	1.32	6.88	6.34	4.57	1.74	3.24	2.81	63.40	3.72	6.39						
19	KLIMON018	40 F	154	80	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	327.00	107.00	3.19	2.85	80.30	3.55	1.32	6.58	6.34	3.99	1.71	2.89	2.48	81.40	3.48	6.18						
20	KLIMON019	64 F	144	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	82.00	87.00	1.88	1.88	100.00	4.21	1.85	5.70	5.70	4.79	2.28	1.82	1.49	78.80	2.58	4.89						
21	KLIMON020	43 F	148	84	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	7.00	5.00	2.84	2.84	99.80	3.73	2.18	5.95	5.80	3.69	2.11	2.46	2.29	80.80	3.29	5.63						
22	KLIMON021	33 F	157	78	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	43.00	33.00	3.77	3.76	99.60	4.77	1.81	7.84	7.86	5.55	2.36	3.20	2.78	82.80	3.77	6.64						
23	KLIMON022	19 M	163	88	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	237.00	384.00	3.38	3.12	82.80	5.88	4.74	7.35	6.98	5.86	3.21	4.38	3.79	82.70	4.78	9.10						
24	KLIMON023	30 F	157	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	180.00	180.00	100.00	100.00	3.83	1.88	4.84	4.74	4.02	2.33	2.93	2.58	80.80	3.88	7.33							
25	KLIMON024	38 F	154	83	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	193.00	98.00	3.69	2.65	85.80	3.14	1.18	3.95	3.85	3.72	1.61	2.84	2.53	81.80	3.56	6.22						
26	KLIMON025	30 F	157	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	100.00	80.00	4.54	3.98	87.70	5.94	3.18	5.89	5.89	4.57	3.22	4.13	3.41	79.30	4.06	8.53						
27	KLIMON026	44 M	167	78	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	342.00	393.00	3.24	3.24	100.00	4.59	1.18	8.89	8.49	5.77	3.22	4.13	3.41	81.80	4.58	8.79						
28	KLIMON027	30 M	161	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	100.00	80.00	4.54	3.98	87.70	5.94	3.18	5.89	5.89	4.57	3.22	4.13	3.41	79.30	4.06	8.53						
29	KLIMON028	56 F	145	83	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	225.00	148.00	2.37	2.28	86.40	3.11	1.60	4.53	4.01	3.24	1.85	2.07	1.73	78.40	2.84	5.19						
30	KLIMON029	26 F	157	86	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	103.00	14.00	2.73	2.56	83.60	3.87	1.31	5.36	5.36	4.48	1.67	3.39	2.95	84.10	4.01	6.75						
31	KLIMON030	38 F	158	79	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	86.00	77.00	2.82	2.86	89.80	3.71	1.28	6.38	6.38	4.31	1.13	1.81	3.38	2.88	89.20	3.68	6.38					
32	KLIMON031	50 F	141	81	1	LIMONCOCHA	LIMONCOCHA	NO	NO	106.00	94.00	2.52	2.23	88.30	2.74	0.94	4.86	4.79	3.08	1.20	1.92	1.59	78.50	2.80	5.09						

Plantilla datos OYACACHI

Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review View

Calibri 12

Number

A177

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
1	ODD	ME	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL	REF 25-75% M															
2	KOV001	27.00 M	183.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	1029.00	8.00	3.76	3.25	86.40	3.39	1.58	6.15	5.91	3.63	1.83	4.34	3.74	82.40	6.71	9.01	7.65	5.00	2.21	8.70			
3	KOV002	27.00 M	181.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	1,029.00	8.00	4.84	4.34	89.60	4.94	2.33	6.36	6.32	4.42	3.03	4.21	3.36	82.40	4.67	8.99	7.64	4.92	2.18	115			
4	KOV003	28.00 M	180.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	1,188.00	129.00	4.54	4.13	91.10	5.67	2.04	6.36	6.29	4.41	2.77	4.22	3.96	82.70	4.75	8.91	7.54	4.94	2.18	106			
5	KOV004	28.00 M	173.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	1,347.00	121.00	4.71	4.50	95.40	6.08	3.59	6.35	6.35	4.65	3.32	4.20	4.71	4.01	82.20	4.80	9.40	8.00	5.20	238			
6	KOV005	30.00 F	180.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	48.00	32.00	3.49	3.12	88.40	4.83	1.17	7.50	7.47	5.70	1.83	3.05	2.83	81.60	6.06	6.36	5.67	4.03	1.78	115			
7	KOV006	30.00 M	180.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	595.00	761.00	4.90	4.27	88.50	4.76	2.06	9.44	8.56	6.11	2.55	4.11	3.56	82.50	4.50	8.74	7.52	4.92	2.58	111			
8	KOV007	40.00 F	145.00	60.00	OYACACHI OYACACHI	NO	NO	145.00	3.00	2.72	88.30	3.61	1.16	6.30	6.29	4.36	1.62	2.49	2.13	81.40	3.38	6.67	5.26	3.71						

Anexo 2. Autorización comité de ética



D. M. de Quito, 13 de diciembre de 2017

Esteban Ortiz Prado, MD, MSc, PhD (c)
Investigador principal

Martha María Fors López, MD, PhD
Investigadora

De mis consideraciones:

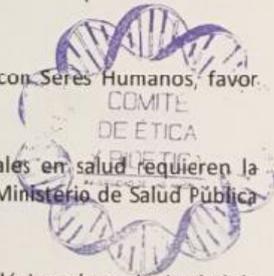
Por medio de la presente el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad de Las Américas (**CEISH-UDLA**) le informa que el protocolo y los instrumentos de investigación: encuestas y consentimiento informado, del proyecto titulado "**Análisis comparativo entre los principales factores cardiopulmonares, antropométricos y emocionales que existen entre indígenas Kichwas que residen sobre los 2500 msnm de altura versus sus pares amazónicos que residen bajo los 600 msnm**" fue revisado en sesión plenaria el 27 de octubre de 2017 y aprobado con fecha de hoy 13 de diciembre de 2017.

Esta aprobación, tiene una duración de un año, después de la cual se debe pedir extensión si fuera necesaria.

En toda correspondencia con el Comité de Ética de Investigación con Seres Humanos, favor referirse al siguiente código de aprobación: **2017-0502**.

El Comité le informa que los protocolos de estudios observacionales en salud requieren la aprobación de la Dirección Nacional de Inteligencia de la Salud del Ministerio de Salud Pública del Ecuador (DIS-MSP) en los siguientes casos:

- Requieran el uso, importación o exportación de muestras biológicas de cualquier índole o insumos químicos/biológicos que no posean registro sanitario en el país.
- Utilicen financiamiento parcial o total de fondos públicos, incluidos aquellos financiados a través de SENESCYT o INSPI.
- Involucren sujetos de estudio que pertenecen a poblaciones vulnerables o que se encuentren en situación de vulnerabilidad.
- Cuyo promotor sea una empresa o institución internacional, en cuyo caso deberá contar con una contraparte nacional.
- Cuyo fin sea la definición de política pública en salud.



1/2
JH



- Cuando la investigación se desarrolle en 5 o más establecimientos de salud del Ministerio de Salud Pública (MSP).

Para mayor información puede acceder al siguiente enlace: <http://www.salud.gob.ec/autorizacion-de-investigaciones-en-salud/>

El Investigador Principal se compromete a comunicar al CEISH-UDLA, mediante oficio, al inicio de la investigación; a responder a las solicitudes de reporte de avances del estudio que se está ejecutando que haga el Comité, y a notificar la terminación del proyecto de investigación, adjuntando un resumen con los resultados obtenidos en la investigación.

El Comité estará dispuesto a lo largo de la implementación del estudio a responder tanto a los participantes como a los investigadores en relación a cualquier inquietud que pudiere surgir. Es importante remarcar que cualquier novedad debe ser comunicada al Comité; todo cambio en el protocolo de investigación implica que debe pedir una nueva aprobación al CEISH-UDLA.

El Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad de Las Américas ha otorgado esta probación con base en la información entregada por los solicitantes, quienes al presentarla asumen la veracidad, corrección y autoría de los documentos entregados. Los solicitantes de la aprobación son los responsables de aplicar y respetar la información, procedimientos y condiciones expresados en estos documentos aprobados por el Comité; también son responsables de respetar la legislación vigente aplicable y los estándares nacionales e internacionales en la materia.

Atentamente,

Diego Chauvin
Presidente
CEISH-UDLA



3/2
Du

Anexo 3. Consentimiento Informado

Fecha:

Nombre del director y responsable del proyecto: Dr. Esteban Ortiz Prado.

Nombre del Proyecto de I+D: Análisis comparativo entre los principales factores cardiopulmonares, antropométricos y emocionales que existen entre indígenas Kichwas que residen sobre los 2500 m.s.n.m de altura versus sus pares amazónicos que residen bajo los 600 m.s.n.m

PARTE I INFORMACION GENERAL

Importante:

La mayoría de los miembros de la comunidad Kiwcha del Ecuador y basados en el concepto de que el conocimiento y cosmovisión de la comunidad y del individuo no es el mismo que el otorgado por una educación formal tradicional, toda la información, examen físico, procedimiento y acompañamiento será acompañado del líder comunitario y un traductor oficial al idioma Kiwcha.

Toda la información para recabar, tanto para la obtención del presente como cualquier tipo de información o acercamiento, procedimiento (examen físico) e interrelación, será validada y traducida verbalmente por el líder comunitario o traductor con el objetivo de garantizar el entendimiento del proyecto en su TOTALIDAD.

Introducción:

Como médico e investigador, graduado en Ecuador, realice mi posgrado de medicina de alta montaña y fisiología de la altura en Canadá entiendo las necesidades específicas que cada comunidad pueda tener en relación con el lugar de residencia. Como investigador principal y coordinador de estudios clínicos he terminado con éxito más de 30 proyectos de investigación de los cuales están publicados su mayoría. He realizado innumerables cursos de formación continua lo que le ha servido para trabajar como investigador asociado, investigador principal, médico residente, médico general y actualmente como docente e investigador de la escuela de medicina de la Universidad de las Américas.

Mi formación garantiza mi amplio conocimiento sobre el tema de Investigación clínica y la importancia de respetar los derechos individuales y colectivos de cada uno de los participantes de este estudio.

Nuestro grupo de trabajo liderado por mi persona extiende mi más cordial invitación a realizarse un chequeo médico gratuito y sin compromiso con el fin de poder entablar una relación médico paciente y a la vez poder explicarle a fondo los objetivos del proyecto de Investigación.

Durante toda la duración del proyecto yo y mi equipo de investigación multidisciplinaria estaremos dispuestos a ayudarlos sin ningún tipo de coerción o presión, respondiendo todas las preguntas, cuantas veces sean necesarias hasta que usted se sienta cómodo de poder participar o no de este estudio.

Propósito

En el Ecuador existen 6 millones de personas ubicadas en la cadena montañosa de los Andes ecuatorianos, de estos la gran mayoría reside sobre los 2500 metros de altura. Muchos de nuestros antepasados migraron desde zonas distantes durante la colonización, ocasionando que nuestras comunidades se ubiquen donde actualmente están.

Al ser ustedes pertenecientes al grupo más grande de indígenas del Ecuador, los Kiwchas, las diferencias corporales y de comportamiento de cada uno de ustedes puede ser importante para poder brindarles una atención médica especializada y dirigida a cada uno de los territorios ecuatorianos.

En este estudio, nosotros un grupo de médicos investigadores, médicos especialistas y personal de salud queremos buscar las condiciones de salud en la cual se encuentran y compararlas con su contraparte de la sierra o del oriente ecuatoriano e identificar cual es el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y prevenir futuros problemas.

Procedimientos y Protocolo

Nosotros vamos a identificar cuáles son las diferencias principales en términos anatómicos, físicos y fisiológicos entre las poblaciones amazónicas y de la sierra. Para esto preguntaremos varias preguntas en torno a su salud, las

mismas que no serán divulgada a nadie sin tener una autorización escrita expresa por parte de usted.

Le vamos a pedir la siguiente información:

Edad

Lugar de nacimiento

Lugar de residencia

Enfermedades u operaciones que usted haya tenido

Hábitos de alimentación, cigarrillos y alcohol.

Tomaremos las siguientes medidas usando una cinta métrica:

La Talla, la altura del hombro, de cadera, anchura de hombros, de pecho, cadera, largo de brazo, circunferencia de pecho, de cintura, de cabeza, el pliegue bicipital, suprailíaco y abdominal.

Realizaremos un examen físico simple que incluye

La toma de la Presión Arterial

La saturación de Oxígeno

Frecuencia respiratoria

Realizaremos algunas pruebas especiales como son:

Una espirometría respiratoria, esta prueba consiste en medir su capacidad respiratoria simplemente haciéndole soplar por un tubo. La prueba se la realiza sentado se le solicita que respira dentro de una boquilla que va conectada a un instrumento llamado espirómetro, el cual registra la cantidad y frecuencia de aire inspirado y espirado durante un período de tiempo. Los resultados son ingresados e impresos de forma automática por el espirómetro. Estas pruebas no tienen ningún riesgo y dura menos de 5 minutos.

Una medida de grasa corporal Esta prueba es muy sencilla y solo usted debe poner su mano en un medidor, no ocasionara ningún tipo de dolor ni riesgo, la prueba dura menos de 10 segundos.

Realizaremos un examen de Sangre:

Vamos a realizar un solo pinchazo en uno de los dos brazos del paciente para obtener dos muestras de sangre.

La primera es un tubo rojo para la biometría hemática y poder determinar la cantidad de glóbulos rojos, si tiene o no anemia o cualquier otra alteración de las células sanguíneas.

La segunda muestra en un tubo de tapa lila recogeremos sangre para saber la cantidad de colesterol, triglicéridos y lipoproteínas sanguíneas, juntas nos darán una idea de cómo está su perfil lipídico y de esta forma poder medir su riesgo o posible riesgo cardiovascular.

La prueba de glucosa sérica mide el nivel de glucosa en la sangre para este análisis se usará la misma sangre que se obtuvo para el perfil lipídico.

Para este procedimiento se solicita sentarse en una silla que debe tener descansa brazos y se debe asegurar que el brazo no esté doblado a la altura del hombro. El examinador decide de qué brazo se extrae la sangre, coloca una cinta o torniquete alrededor del brazo a unos 5 centímetros sobre el sitio donde se perforará la vena. Posterior a esto se solicita se cierre su mano en puño y se verifica el calibre de la vena. Ubicado el sitio de punción se desinfecta el área con alcohol utilizando un movimiento circular, evitando pasar el algodón con alcohol sobre la misma área dos veces.

Posterior a este procedimiento se retira el torniquete o la cinta cuando el flujo de sangre al tubo sea el adecuado. Se saca el tubo cuando el flujo de sangre termine. Se solicita se abra la mano colocando un algodón con alcohol sobre el sitio de la punción. El riesgo de este procedimiento es mínimo y las molestias incluyen leve dolor y moretones en la zona de extracción posterior.

Una vez con los resultados, volveremos a la comunidad para entregar las copias de estos y brindar atención médica a las personas que hayan presentado algún tipo de hallazgo de los exámenes de laboratorio.

Realizaremos una prueba de valoración psicológica del estado de salud general y del Nivel de Optimismo/Depresión

En esta sección uno de los investigadores le hará preguntas cerradas basadas en un cuestionario llamado "test de orientación vital revisado LOT-R y el Cuestionario de Salud SF-36.

Estas preguntas servirán para saber qué opinión tiene usted sobre su estado de salud en general y cuál es su visión de la vida en términos de esperanza. La prueba puede demorarse de 20 a 25 minutos por persona. Ningún tipo de información de identificación se hará pública bajo ningún motivo.

Selección de participantes

Se eligió a dos poblaciones, la una nuestro grupo de estudio ubicado en Oyacachi con una altitud de 3190 y el grupo poblacional de control que están residiendo en Limoncocha a una altura no mayor a los 600 m.s.n.m.

Participación Voluntaria

Este proyecto busca determinar el riesgo cardiovascular y las diferencias anatómicas y fisiológicas entre ambos grupos. Cada uno de los participantes será informado en su totalidad y en su idioma materno sobre los beneficios y riesgos que este proyecto conlleva. A la vez brindaremos consulta gratuita de medicina general para todos los pacientes de la comunidad, sin embargo, la participación de los pacientes es voluntaria y ningún tipo de presión será usado para este fin.

He sido informado sobre este estudio entiendo que deben realizar algunas pruebas médicas previamente comunicadas, y he tenido la oportunidad de preguntar sobre cada una de ellas y se me ha contestado satisfactoriamente cada una de las preguntas, tengo el derecho de retirarme en cualquier momento de la investigación sin que me afecte en ninguna manera mis derechos.

Duración

La investigación durará 18 meses, la fecha de arranque es el 01 de marzo del 2017, se tomarán las medidas antropométricas en las dos poblaciones en un periodo de cuatro días, no es necesario el seguimiento de los participantes de la investigación.

Riesgos

Los participantes de la investigación recibirán la información necesaria en cuanto al procedimiento que se va a realizar, los investigadores son personas capacitadas que siguiendo un protocolo previamente establecido aplicaran todas las normas necesarias para tomar las distintas muestras necesarias para el estudio, debido a que tareas son rutinarias, el participante **no** corre riesgo alguno que podría afectar su estado de salud actual.

Molestias

Durante el tiempo de participación en el estudio, no sufrirá ninguna molestia, el tiempo destinado por cada una de las tomas de medidas y pruebas sanguíneas no superará los 10 minutos por personas.

Beneficios

Los participantes podrán conocer su estado actual de salud, sus medidas antropométricas, su riesgo cardiovascular. Se podrá identificar pacientes con sobrepeso y obesidad. EL momento de obtener los resultados se regresará a hacer conocer los mismos a las personas y a entregar una copia del examen de sangre a cada uno de los participantes juntos con una tabla de sus principales medidas antropométricas.

Dentro de los beneficios para la sociedad se puede mencionar que se determinará si existen diferencias fisiológicas, antropométricas, así como el grado de optimismo o depresión entre los dos tipos de poblaciones y de esta forma entender si la altura tiene un efecto sobre estos parámetros en relación con los otros pobladores.

Confidencialidad

Es necesario mencionar que ningún dato o nombre de los participantes será difundido o publicado, se utilizaron los datos recolectados de manera anónima, y solo con fines destinados a esta investigación.

Derecho a negarse o retirarse

En el caso de que usted por cualquier motivo personal o de salud no desee participar en la investigación, en el momento que usted desee; es su decisión la cual será respetada.

A Quién Contactar

Si tiene dudas o preguntas acerca de la investigación, puede contactar a:

Dr. Esteban Ortiz

0 99 576 0693

e. ortizprado@gmail.com

PARTE II:

Formulario de Consentimiento

La participación en este estudio es **ESTRICTAMENTE VOLUNTARIA**. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito que el de ayudar a establecer indicadores de riesgo cardiovascular entre los participantes.

Si tiene alguna duda sobre este trabajo, puede hacer preguntas en cualquier momento, igualmente, puede retirarse en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguno de los pasos de la recolección de información, medidas o toma de sangre le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por un grupo capacitado de investigadores y declaro que he sido informado (a) de que la meta de este estudio es recabar información que nos ayudara como seres humanos a conocer nuestro estado de salud en general.

Me han indicado también que tendré que responder algunas preguntas necesarias para mi historia clínica, aceptar que el Dr. Esteban Ortiz o el personal de su equipo realice un examen físico general no invasivo, lo cual

tomará aproximadamente 15 a 20 minutos y la realización de la toma de una muestra de sangre en 2 (dos) tubos de 5 cc. en el brazo.

Reconozco que la información que yo facilite es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto cree ningún perjuicio sobre mi persona o mi familia. Estoy al tanto que cualquier pregunta sobre mi participación en este estudio, puedo hacérselas a ESTEBAN ORTIZ PRADO al teléfono 095760693

Nombre del Participante.....

Firma (o huella) del Participante.....

Fecha.....(Día/mes/año)

