

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

Tesis

**Valores referenciales de gases arteriales y
electrolitos séricos en pobladores sanos a una
altitud de 3400 m s.n.m - Jauja, 2021**

Dante Jesus Barrios Vilcahuaman
Pedro Eleazar Inga Camposano
Juan Carlos Ñañez Ordoñez

Para optar el Título Profesional de
Médico Cirujano

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Claudia María Teresa Ugarte Taboada
Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud

DE : Verónica Nelly Canales Guerra

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de similitud en "Tumiñin"

FECHA : 26 de julio del 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarla y en vista de haber sido designado asesor del trabajo de investigación titulado "VALORES REFERENCIALES DE GASES ARTERIALES Y ELECTROLITOS SÉRICOS EN POBLADORES SANOS A UNA ALTITUD DE 3400 M.S.N.M - JAUJA, 2021", perteneciente a DANTE JESUS BARRIOS VILCAHUAMAN, PEDRO ELEAZAR INGA CAMPOSAÑO, JUAN CARLOS ÑAÑEZ ORDOÑEZ, de la E.A.P de Medicina Humana, se procedió con la carga del documento a la plataforma Tumiñin y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16% de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio.

Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
(Nº de palabras excluidas: 15) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad. Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC. Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Dante Jesus Barrios Vilcahuaman, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73891681, de la E.A.P. de Medicina Humana de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "VALORES REFERENCIALES DE GASES ARTERIALES Y ELECTROLITOS SÉRICOS EN POBLADORES SANOS A UNA ALTITUD DE 3400 M.S.N.M -JAUJA, 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Médico Cirujano.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

24 de Julio de 2023.



Dante Jesus Barrios Vilcahuaman

DNI. No. 73891681

Cc
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Pedro Eleazar Inga Camposano, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 75453260, de la E.A.P. de Medicina Humana de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "VALORES REFERENCIALES DE GASES ARTERIALES Y ELECTROLITOS SÉRICOS EN POBLADORES SANOS A UNA ALTITUD DE 3400 M.S.N.M -JAUJA, 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Médico Cirujano.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

24 de Julio de 2023.



Pedro Eleazar Inga Camposano

DNI. No. 75453260

Cc
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

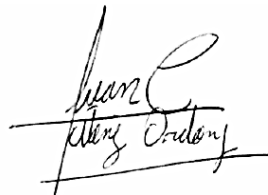
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Ñañez Ordoñez, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 45029237, de la E.A.P. de Medicina Humana de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "VALORES REFERENCIALES DE GASES ARTERIALES Y ELECTROLITOS SÉRICOS EN POBLADORES SANOS A UNA ALTITUD DE 3400 M.S.N.M -JAUJA, 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Médico Cirujano.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

24 de Julio de 2023.



Juan Carlos Ñañez Ordoñez

DNI. No. 45029237

Cc
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

Valores referenciales

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	12%	3%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	4%
2	1library.co Fuente de Internet	1%
3	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	accessmedicina.mhmedical.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upsjb.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	sisbib.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

10	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	rpmesp.ins.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to National University College - Online Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Catolica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.scielo.org.bo Fuente de Internet	<1 %

12	seedd.com.mx Internet Source	<1 %
13	revista.com.br Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universidad Student Paper	<1 %
15	qwerty.es Internet Source	<1 %
16	zxcvbn.com Internet Source	<1 %
17	repositorio.edu Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches < 10 words

Dedicatoria

A mis amados padres Luis y Rosa.

A mi querida hermana Anais.

Dante.

A mi amada madre Beatriz.

A mi querido hermano Percy.

A mi tío Oscar.

Pedro.

A mi amada madre.

A mi querido hermano.

Juan.

Agradecimientos

A cada integrante de nuestras familias, por su apoyo brindado a lo largo de nuestra formación profesional.

A la Mg. Verónica Nelly Canales Guerra, por brindar su tiempo, conocimientos y experiencia, que fue fundamental para realizar esta investigación, que es la primera del distrito y provincia de Jauja.

Los autores.

Índice

Dedicatoria	ix
Agradecimientos	x
Índice.....	xi
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras.....	xiv
Resumen.....	xv
Abstract	xvi
Introducción	xvii
Capítulo I Planteamiento del Estudio.....	19
1.1. Delimitación de la Investigación.	19
1.1.1. Delimitación Territorial.....	19
1.1.2. Delimitación Temporal.....	19
1.1.3. Delimitación conceptual.....	20
1.2. Planteamiento del Problema.	20
1.3. Formulación del Problema.....	21
1.3.1. Problema General.	21
1.3.2. Problemas Específicos.....	21
1.4. Objetivos de la Investigación.....	21
1.4.1. Objetivo General.	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
1.5. Justificación de la Investigación.....	21
1.5.1. Justificación Teórica.....	21
1.5.2. Justificación Práctica.....	22
Capítulo II Marco Teórico	23
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales.	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	25
2.1.3. Antecedentes Locales	25
2.2. Bases Teóricas	26
2.2.1. Poblador de Altura.....	26
2.2.2. Presión Barométrica	26
2.2.3. Fisiología de la Respiración en la Hipoxia Hipobárica de la Altitud.	27
2.2.4. Gases Arteriales.....	29
2.2.5. Electrolitos.....	30
2.2.6. Concentración Total de Hemoglobina.....	31
2.2.7. Hematocrito.....	31

2.3. Definición de términos básicos.....	32
Capítulo III Hipótesis y Variables.....	34
3.1. Hipótesis	34
3.1.1. Hipótesis Descriptiva.....	34
3.2. Identificación de Variables	34
3.3. Operacionalización de Variables.	34
Capítulo IV Metodología	36
4.1. Método Tipo y Nivel de la Investigación.	36
4.1.1. Método de la Investigación.....	36
4.1.2. Tipo de la Investigación.	36
4.1.3. Nivel de la Investigación.	36
4.2. Diseño de la Investigación	37
4.3. Población y Muestra	37
4.3.1. Población.	37
4.1.1. Muestra.	37
4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	38
4.4.1. Técnicas.....	38
4.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	38
4.4.3. Técnicas de Análisis de Datos.....	38
4.4.4. Procedimiento de la Investigación.....	38
4.5. Consideraciones éticas.....	39
Capítulo V Resultados	40
5.1. Presentación de Resultados.....	40
5.1.1. Respecto a los Valores Referenciales de los Gases Arteriales.	40
5.1.2. Respecto a los Valores Referenciales de Electrolitos.....	41
5.1.3. Valores de hematocrito y hemoglobina en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. -Jauja, 2021.	41
5.2. Discusión de Resultados.	41
Conclusiones	44
Recomendaciones.....	45
Referencias bibliográficas.....	46
Anexos	50

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables.....	35
Tabla 2. Gasometría arterial en pobladores sanos de altura a 3 400 m. s. n. m. de Jauja.....	40
Tabla 3. Electrolitos en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja.....	41
Tabla 4. Hematocrito y Hemoglobina en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja.....	41

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de área de estudio	19
---	----

Resumen

El objetivo general del estudio fue determinar los valores referenciales de gases arteriales y electrolitos en pobladores sanos de una altitud de 3 400 m s. n. m de Jauja, en el 2021. El tipo de investigación fue básica, de alcance descriptivo, enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, transversal. La población estuvo compuesta por 100 pobladores sanos de la ciudad de Jauja, la muestra de 44. Los resultados señalan que, los valores promedio de los parámetros laboratoriales mostraron una variación fueron, PaO₂: 84,75 mmHg, CO₂:31,02 mmHg. A comparación de los valores que no demostraron poca o ninguna variación en sus valores promedio, fueron Ph:7,40, Pa/FiO₂:403,56, SaO₂: 96,3 %, Na:140,61 mmol/L, K:3,8 mmol/L, Ca:1,2 mmol/L Cl:104,7 mmol/L. En conclusión, se observaron alteraciones en los parámetros gasométricos en pobladores de la provincia de Jauja expuestas a una altitud elevada en comparación con personas que viven a nivel del mar.

Palabras clave: gases arteriales, electrolitos, altitud, pobladores sanos

Abstract

The general objective of the study was to determine the reference values of arterial gases and electrolytes in healthy inhabitants at an altitude of 3,400 m asl in Jauja, in 2021. The type of research was basic, descriptive in scope, quantitative approach, with a non-experimental, cross-sectional design. The population consisted of 100 healthy inhabitants of the city of Jauja, the sample of 44. The results indicate that the average values of the laboratory parameters showed a variation were PaO₂: 84.75 mmHg, CO₂: 31.02 mmHg. Compared to the values that did not show little or no variation in their average values, they were Ph:7.40, Pa/FiO₂:403.56, SaO₂ : 96.3 % , Na:140.61 mmol/L , K:3.8 mmol/L, Ca:1.2 mmol/L Cl:104.7mmol/L. In conclusion, alterations in the gasometric parameters were observed in inhabitants of the province of Jauja exposed to high altitude compared to people living at sea level.

Keywords: arterial gases, electrolytes, altitude, healthy inhabitants.

Introducción

La adaptación fisiológica del organismo humano a la hipoxia, especialmente en altitudes elevadas, es un tema de gran importancia en la medicina de altura. Las personas que viven a grandes altitudes experimentan un descenso significativo en la presión parcial de oxígeno (PaO_2) atmosférico debido a un incremento de la presión barométrica y otros procesos fisiológicos, esto puede tener un impacto directo en la homeostasis de los gases arteriales y los electrolitos en el organismo. La comprensión de esta relación es importante para evaluar la salud en un contexto hospitalario o extrahospitalario y el rendimiento físico (1). Algunos mecanismos fisiológicos compensatorios descritos fueron una mayor producción de eritropoyetina y un incremento en la concentración de hematocrito, lo que ayuda a mejorar la capacidad de transporte de oxígeno del organismo. Sin embargo, estos cambios adaptativos pueden llevar a desequilibrios en los electrolitos sanguíneos y alteraciones en los gases arteriales, que a su vez puede generar daños a la salud a largo plazo (2).

Se han realizado varios estudios en poblaciones que viven a altitudes elevadas, pero aún existen lagunas en nuestro conocimiento sobre la relación precisa entre los gases arteriales y los electrolitos en estas condiciones y ciertamente en poblaciones específicas. Por lo tanto, este estudio se desarrolla con el fin de contribuir al cuerpo existente de evidencia científica y proporcionar información relevante para el diagnóstico, terapéutica y posterior seguimiento de las personas que residen en áreas con gran altitud (3).

El presente estudio de investigación busca la relación entre los gases arteriales, los electrolitos, la hemoglobina y hematocrito en los pobladores sanos que residen en una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja. A través de la medición y estudio de los gases arteriales, como presión parcial de oxígeno (PaO_2), la presión parcial de dióxido de carbono (PaCO_2), el pH, y la evaluación de los electrolitos, Sodio (Na), potasio (K), cloruro (Cl) y bicarbonato (HCO_3), Es importante conocer la relación para obtener un panorama más extenso de los parámetros laboratoriales en diferentes circunstancias, como una altitud elevada.

Por lo tanto, el estudio de investigación se encuentra organizada por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I, titulado planteamiento del estudio, incluye la delimitación, formulación general y específica del problema, también el objetivo general y específicos, y la justificación teórica y práctica de la investigación.

Capítulo II, titulado marco teórico, se describen los antecedentes internacionales, nacionales y locales, así mismo se exponen las bases teóricas y definición de los términos básicos.

Capítulo III, denominado hipótesis y variables, se formula y plantea la hipótesis descriptiva, además de la identificación de variables, y se presenta la operacionalización de variables.

Capítulo IV, presenta la metodología utilizada en la investigación, así mismo se describe la población, la muestra, las técnicas de recolección de datos, la técnica de análisis de datos y las consideraciones éticas.

Capítulo V, expone los resultados tras el análisis descriptivo, de igual forma se realiza la discusión de resultados y finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones.

Los autores.

Capítulo I

Planteamiento del Estudio

1.1. Delimitación de la Investigación.

1.1.1. Delimitación Territorial.

La presente investigación fue elaborada en la ciudad de Jauja, ubicada en la región Junín- Perú. Se seleccionó específicamente esta localidad debido a que se localiza a 3 400 m. s. n. m., lo que permitió determinar los valores referenciales para pobladores sanos de esta particular altitud.

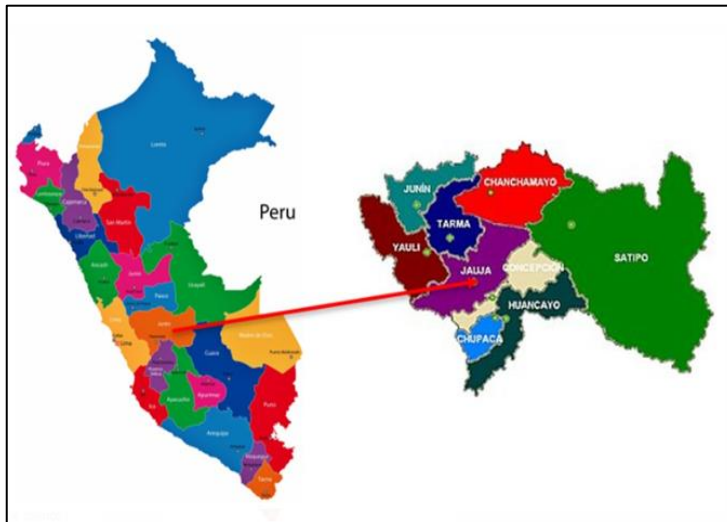


Figura 1. Ubicación Geográfica de área de estudio

1.1.2. Delimitación Temporal.

Este estudio se realizó en el año 2021, lo que permitió obtener datos representativos en esa época específica, que además fue el segundo año afectado durante la pandemia ocasionado por el virus SARS-CoV-2.

1.1.3. Delimitación conceptual.

El presente estudio tuvo como efecto determinar los valores referenciales de gases arteriales y electrolitos en personas sanas a una altitud de 3400 m. s. n. m. en Jauja, este tema está vinculado a múltiples especialidades y a la medicina de altura, al presentar datos importantes para la salud de los pobladores, será relevante en el área de estudio de salud pública.

1.2. Planteamiento del Problema.

Perú es un país con un clima diverso que depende de la altitud donde vive la población, por lo que el manejo médico actualmente se basa en investigaciones realizadas a nivel del mar, con pocos estudios enfocados en poblaciones que viven en altitudes más altas. La altitud de la ciudad de Jauja es de 3 400 m. s. n. m.. Su presión atmosférica es de 765 mmHg, un fenómeno evidente a mayor altura que se manifiesta en las distintas moléculas de gas que componen la atmósfera terrestre, que se rige por la gravedad terrestre, y por tanto tiene un cierto peso. Por esta razón, la importancia de estudiar los efectos de la altitud sobre variables, tanto hematológicas como electrolíticas, ya que el conocimiento de la fisiología de altura se basa en los cambios de presión atmosférica y descenso de la presión barométrica, el cual altera la presión parcial de gases en el cuerpo humano, según la ley de Dalton. La medicina actual, viene afrontando retos en la atención de pobladores en altura de las diferentes localidades andinas de nuestro Perú, hablando en términos de hallazgos científicos, recientemente se viene entendiendo los mecanismos fisiológicos del ser humano en su adaptación a estas condiciones atmosféricas. Y su manejo médico cuando existe una alteración en su salud grave, que pueda comprometer su vida y el manejo sea por áreas de mucha mayor complejidad. Es importante comprender que una reducción de la PaO_2 en el aire conduce a la aparición de hipoxia hipobárica. A nivel que se asciende en altitud puede llegar a afectar el rendimiento físico o poner en peligro la supervivencia (4). Cuando las personas experimentan cambios en su entorno, estos cambios generan respuestas en el cuerpo. Durante estas circunstancias, los tejidos no obtienen la cuantía necesaria de O_2 para llevar a cabo los procesos metabólicos. Como consecuencia, el organismo reacciona de manera inmediata a través de la implementación de estrategias de compensación. No obstante, si la carencia de oxígeno persiste durante largos períodos de tiempo, que pueden ser de meses, años e incluso generaciones, se producen adaptaciones crónicas en el organismo (5).

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema General.

¿Cuáles son los valores referenciales de gases arteriales y electrolitos en pobladores sanos en una altitud de 3 400 m. s. n. m de Jauja en el 2021?

1.3.2. Problemas Específicos.

1. ¿Cuáles son los valores referenciales de gases arteriales en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021?
2. ¿Cuáles son los valores referenciales de electrolitos en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021?
3. ¿Cuáles son los valores referenciales de Hemoglobina y hematocrito en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021?

1.4. Objetivos de la Investigación.

1.4.1. Objetivo General.

Determinar los valores referenciales de gases arteriales y electrolitos en pobladores sanos una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021.

1.4.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar los valores referenciales de gases arteriales en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021.
2. Determinar los valores referenciales de electrolitos en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021.
3. Determinar los valores referenciales de Hemoglobina y hematocrito en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021.

1.5. Justificación de la Investigación.

1.5.1. Justificación Teórica.

No existen antecedentes sobre trabajos descriptivos sobre este tema específico en la localidad de Jauja. Por lo tanto, el objetivo es sentar las bases para investigaciones futuras, incluyendo estudios correlacionales, experimentales y otros enfoques de investigación. Y

contribuirá al conocimiento en la adaptación de pobladores de altura, permitiendo a esta investigación tener un enfoque clínico, diagnóstico, terapéutico, entre otros, que será importante para los profesionales involucrados en este campo.

1.5.2. Justificación Práctica.

Se tiene como finalidad contribuir a la sociedad científica médica, el conocimiento de la repercusión en los pobladores de altura y su relación con la fisiología humana, por tanto, el estudio no es solo teoría, sino se aplicará en la realidad para mejorar de las decisiones clínicas, diagnóstica y terapéuticas, en el futuro en usuarios externos que acudan a un establecimiento de salud de mayor complejidad. El presente estudio brinda valores referenciales aplicables a altitudes similares para el manejo del medio interno y compromiso pulmonar del paciente que presente una alteración en su estado de salud grave.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En el establecimiento de salud Eugenio Espejo (Quito, Ecuador) se realizó una investigación con el objetivo de analizar los valores de los componentes de una gasometría arterial en personas de edades entre 18 y 40 años que vivían a una altitud de 2 800 m. s. n. m. El objetivo principal fue establecer estos valores en residentes sanos de un contexto clínico. Se empleó un enfoque epidemiológico descriptivo en un altitud a 2 800 m. s. n. m. Se seleccionó una muestra de 240 adultos saludables de individuos de ambos géneros, cuyas edades variaban entre 18 y 40 años. Los resultados indicaron que la edad media de los varones fue de 29 ± 5 años, y en las mujeres fue de 26 ± 6 años. En la evaluación de la gasometría arterial se observaron disparidades estadísticamente significativas en los parámetros analizados: pH (hombres 7,417, mujeres 7,422), PCO_2 (hombres 32,5 mmHg, mujeres 31,5 mmHg), PO_2 (hombres 69,6 mmHg), HCO_3 (hombres 20,4 mEq/L, mujeres 20,2 mEq/L), en comparación a otros valores que se hallaron a nivel del mar. En resumen, los valores de gases arteriales de referencia fueron distintos a los reportados para regiones de nivel del mar y localidades con una altitud mucho menor (6).

En México se investigó los valores gasométricos en pobladores que viven a 2 240 m. s. n. m., además que tenían un valor de IMC normal y aumentado, finalmente se concluye que en personas con IMC normal, tenían un ph: $7,41 \pm 0,02$, PaO_2 (mmHg): $68,28 \pm 6,06$, $PaCO_2$ (mmHg): $31,37 \pm 2,08$, SaO_2 (%): $93,51 \pm 1,93$, Hb: $13,92 \pm 1,45$ g/dl . En personas con IMC aumentado, específicamente en un grado de obesidad mórbida, los resultados fueron, ph: $7,39 \pm 0,25$, PaO_2 (mmHg): $59,86 \pm 9,28$, $PaCO_2$ (mmHg): $38,14 \pm 5,10$, SaO_2 (%): $89,71 \pm 7,37$, Hb: $16,24 \pm 1,83$ g/dl . Concluye en que se hace más notable los cambios en los gases arteriales cuando el IMC es mayor a 40 (obesidad mórbida), en el que

se observa disminución del pH, probablemente secundario al incremento en los niveles de CO₂, y una disminución en el valor de PaO₂ y SaO₂ por menor intercambio gaseoso, aumento de la hemoglobina como método de compensación (7).

En Colombia se llevó a cabo un estudio el cual tenía como objetivo examinar los valores de hemoglobina, hematocrito y SaO₂ en distintas altitudes. El objetivo fue investigar la adaptación en contexto de una hipoxia crónica en una altura media de 1 500 a 3 000 (m. s. n. m.). La investigación tuvo lugar en seis ciudades colombianas que se encuentran a distintas altitudes: Tuluá a 970 m. s. n. m., San Francisco a 1 520 m. s. n. m., Fusagasugá a 1 728 m. s. n. m., Choachí (1 923 m. s. n. m.), Pasca (2 180 m. s. n. m.) y Soacha (2 600 m. s. n. m.). Los resultados demostraron que en la población femenina, los valores de hematocrito y hemoglobina aumentaban con la altitud. Por ejemplo, a 2 600 m. s. n. m., en mujeres el valor promedio de Hct fue de 43,2 % (rango: 42,4 - 44,0) y el de Hb fue de 14,9 g/dl (rango: 14,6-15,2). Los hombres mostraron una tendencia similar, con valores de Hct de 49,2 % (rango: 48,4-50,0) y de Hb de 17,1 g/dl (rango: 16,8-17,4) a 2 600 m. s. n. m. Además, se observó una descenso de la SaO₂ en sangre, con el incremento de la altitud tanto en hombres como en mujeres. En conclusión, este estudio encontró que los valores basales de Hct y Hb aumentaron con la altura en ambos sexos, más aún en los hombres. Además, se observó un descenso de la saturación de oxígeno en altitudes más altas (8).

Un estudio descriptivo transversal investigó la concentración en la hemoglobina y su prevalencia de policitemia patológica en personas del poblado minero boliviano de Chorolque a 5 000 m de altitud. Se revisaron retrospectivamente los resultados de los parámetros investigados en el hemograma y los datos epidemiológicos en 1 328 personas. Los valores de referencia estándar para la concentración de hemoglobina (al inicio son de 17 a 20 g/dl para el sexo masculino y 16 a 19 g/dl para el sexo femenino), resultados que se basan en la altitud y las concentraciones de hemoglobina en otras poblaciones de gran altitud. Se halló que una concentración promedio de valores de hemoglobina en la región Chorolque eran diferentes, con un promedio de 18,5 y 20,8 g/dl para mujeres y hombres respectivamente. Además, se observó una alta prevalencia de policitemia patológica, con un 34 % de mujeres y un 74 % de hombres con valores de hemoglobina por encima del umbral establecido. Estos hallazgos resaltan la importancia de llevar a cabo investigaciones biomoleculares con el fin de obtener una mejor comprensión en valores referenciales normales de hemoglobina y policitemia en la población que habita en altitudes más elevadas (9).

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En una investigación que evalúa la gasometría arterial en pobladores sanos de diferentes niveles de altura en el Perú. La finalidad fue determinar los valores de SatO_2 , pO_2/fiO_2 y lactato. El estudio utilizó un enfoque de reporte de casos y se realizó un muestreo por conveniencia. Posteriormente fueron registrados los resultados de los análisis de gases arteriales en la ciudad de Huánuco (a 1 818 m. s. n. m.) y en la ciudad Cerro de Pasco (a 4 380 m. s. n. m.). Los valores obtenidos fueron los siguientes: en Huánuco, pH 7,42, pO_2 78,19, pO_2/fiO_2 372,32, SaO_2 : 96,24 % y lactato de 1,14, pCO_2 34,63, y HCO_2 22,56; mientras que en Cerro de Pasco, los valores correspondieron a pH 7,43, pO_2 54,18, pO_2/fiO_2 258,13, saturación de oxígeno 87,02, lactato 1,47, pCO_2 27,69, y HCO_2 18,37. Las conclusiones indican que los valores de gasometría arterial en adultos sanos que viven en diferentes altitudes, difieren de los que se consideran un valor normal para aquellos que viven al nivel del mar. Asimismo, se determina que a medida que incrementa la altitud en una residencia, los cambios se volverán más notables (10).

Se estudió los gases arteriales de adultos clínicamente sanos en Cusco, a una altura de 3 350 m. s. n. m. cuyo propósito fue establecer los valores de referencia normales de gases en sangre arterial. Con una muestra de 118 personas de un estudio piloto anterior, seleccionado mediante muestreo por conveniencia; la edad de los sujetos estaba entre 20 y 59 años, no tenían historia previa de enfermedades en el sistema respiratorio o cardiovascular, ni hematológicos, hacían ejercicio menos de 60 minutos por día, no fumaban, vivían en Cusco durante 5 años aproximadamente previos al estudio, y se clasificaron como saludable clínicamente. Se presentó una frecuencia respiratoria en promedio de 16,2 por minuto y un índice de masa corporal (IMC) alrededor de 24,8. Los resultados de los análisis de gases arteriales fueron los siguientes: pH de 7,42 mEq/L, pO_2 de 61,08 mmHg, pCO_2 de 30,62 mmHg, SO_2 de 91,13 %, hematocrito (Hto) de 44,22 %, hemoglobina (Hb) de 14,74 mg/dL, bicarbonato (HCO_3) de 19,74 mmol/L y el índice pO_2/FiO_2 de 290 (13).

2.1.3. Antecedentes Locales

En el ámbito local se desarrolló el primer estudio realizado por un médico especialista en neumología sobre los valores de gases arteriales en personas que viven en altitudes elevadas. Fue llevado a cabo en el hospital Daniel Alcides Carrión de Huancayo. Se realizó un estudio de naturaleza prospectiva y longitudinal con el propósito de establecer los valores de los parámetros gasométricos en individuos sanos que residen en una localidad a 3 249 m. s. n. m. y que tiene una presión barométrica de 535 mmHg. Se seleccionaron 20 habitantes sanos de la población, con un rango de edad entre 18 a 30 años. Se obtuvieron los siguientes

resultados promedio: pH: 7,452, pCO₂: 29,160, pO₂: 66.225, SO₂ %: 93.9 y HCO₃: 20.52. Los hallazgos evidenciaron que el valor de pO₂, pCO₂ y HCO₃ en personas que viven en altitudes elevadas son menores en comparación a habitantes a nivel del mar (11).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Poblador de Altura.

Un poblador de altura se refiere a un individuo que habita en regiones geográficas caracterizadas por altitudes elevadas, como las zonas montañosas o de alta montaña. Estas personas enfrentan condiciones ambientales distintivas, como una menor presión de oxígeno, temperaturas más bajas y exposición a elementos naturales específicos. Adaptarse a estas condiciones puede requerir cambios fisiológicos, como una mayor capacidad pulmonar, así como estrategias culturales y tecnológicas adaptadas a la vida en altura. La antropología y la geografía son disciplinas que estudian los desafíos y las adaptaciones de las personas que viven en altitudes elevadas, y, han proporcionado valiosa información sobre sus características y formas de vida (12).

2.2.1.1. Pobladores Sanos.

Se refiere a una persona que goza de un estado de bienestar completo en términos físicos, mentales y sociales, sin padecer enfermedades o trastornos significativos. Esto implica tener un funcionamiento adecuado en todas las dimensiones de la salud, incluyendo aspectos físicos, emocionales, cognitivos y sociales. Una persona sana es capaz de realizar sus actividades diarias de manera óptima, goza de buena salud mental y emocional, mantiene relaciones sociales satisfactorias y tiene un estilo de vida equilibrado que promueve su bienestar general (13).

2.2.1.2. Altitud.

La altitud se refiere a la elevación de la superficie terrestre o a la altitud sobre el nivel del mar de un lugar específico. En este caso, se está investigando una altitud de 3 400 m. s. n. m. en Jauja como contexto geográfico de estudio (5).

2.2.2. Presión Barométrica.

Se describen las causas fisiológicas de un descenso de la presión barométrica. En los que mencionan a una altura mayor sobre el nivel del mar los cambios fisiológicos dependen más de la presión barométrica, por lo que a mayor altitud habrá disminución de la presión barométrica, lo que puede provocar a individuos que se trasladan a altitudes superiores

malestar, mareos, hipoxia. Por ello mencionan que el periodo de aclimatación es decir ascender lentamente y tomando las medidas compensadoras para una adecuada adaptación fisiológica, al no tener una adecuada adaptación, los individuos tienen respuestas desfavorables que pueden terminar en distintas patologías como la hipoxia aguda (mal de montaña, edema pulmonar y edema cerebral de grandes alturas) (14).

2.2.3. Fisiología de la Respiración en la Hipoxia Hipobárica de la Altitud.

Los procesos fisiológicos de la respiración en la hipoxia hipobárica en altura es un tema relevante debido a la presencia de comunidades que residen en áreas de baja altitud mundialmente. Sin embargo, es necesario resaltar que actualmente hay más de 400 millones de pobladores que habitan sobre ambientes de montaña a gran altitud, de estas personas, más de 20 millones residen en altitudes que superan los 3 000 metros. Se ha evidenciado que los seres humanos que han pasado períodos prolongados o toda su vida en altitudes más elevadas, como personas que laboraban en una mina en Chile (Aucanquilcha), a una altitud de 5 950 metros, experimentan adaptaciones específicas a estas condiciones. En este sentido, existen factores y fases de adaptación que serán detallados en el presente estudio (15).

2.2.3.1. Factores y fases de Adaptación a la Altitud.

La atmósfera engloba todo el planeta como una capa de aire que lo rodea, y está formada por gases que son atraídos por la gravedad. Una presión atmosférica a una altitud específica depende del peso de la columna de aire por encima de ese punto, lo que hace que la atmósfera se comprima. En consecuencia, mientras se incrementa la altura, la presión de atmósfera y densidad de aire experimentan una reducción. A pesar de esto, las moléculas de gas de diferentes pesos moleculares no se separan por los cambios de temperatura y las turbulencias, lo que da como resultado una composición química prácticamente uniforme de la atmósfera hasta una altitud de 20 000 metros.

En términos de respiración, la composición del aire que respiramos suele ser constante sin importar la altitud, compuesto principalmente por un 79,04 % de nitrógeno, 20,94 % de oxígeno, y una pequeña proporción de otros gases como vapor de agua, dióxido de carbono y gases nobles. Sin embargo, debido a la presión atmosférica más baja a grandes alturas, la presión del aire y la PaO₂ en los pulmones, disminuyen generando una menor difusión de oxígeno a la sangre y que llegue menos a los distintos tejidos. De todos los elementos relacionados con la altitud que impactan en el cuerpo, como las presiones gaseosas, la temperatura, la radiación, la humedad, el viento y la gravedad, una reducción de la PaO₂ es uno de los más relevantes (15).

2.2.3.2. Efecto de la Exposición a la Altura en los Indicadores de la Eritropoyesis.

Ante un estado de hipoxia aguda, las células intersticiales detectan la caída de la PaO_2 a nivel renal, lo que estimula una producción de EPO (eritropoyetina). A una altitud superior a los 2 000 m. s. n. m. se observa un incremento importante a nivel de esta hormona dentro de las primeras 6 horas, y este permanece continuo durante 24 horas. Sin embargo, en altitudes más bajas, la EPO aumenta solo durante las primeras 6 horas, lo que resulta en un umbral de altitud para la eritropoyesis entre 1 700 y 2 000 (m. s. n. m.) (15).

No obstante, las reacciones ante este límite son altamente variables en cada individuo, lo cual puede ser atribuido a factores (16). Después de permanecer entre 24 y 48 horas a altitudes elevadas, los niveles de eritropoyetina (EPO) vuelven a alcanzar valores similares a los que se tenían antes de la exposición al estímulo hipóxico (17). Debido al aumento en los niveles de EPO, habrá un aumento en la cantidad de reticulocitos a nivel sanguíneo, entre dos o tres días posterior del estímulo. Sin embargo, el incremento en el hematocrito se suele evidenciar aproximadamente de 7 a 10 días después de la estimulación de la EPO. Se halló un aumento del valor de reticulocitos posterior a una exposición a largo plazo de alturas sobre los 5 947 m. s. n. m. y 6 768 m. s. n. m., seguido de una disminución gradual al regresar al nivel del mar. Por otro lado, se evaluó una respuesta del valor de reticulocitos en personas que vivían a 4 380 m. s. n. m. que descendieron al nivel del mar, y se halló una descenso en el valor de los reticulocitos ocho días después secundario a un menor valor de la EPO (18).

Claramente, en casos de exposición crónica a altitudes elevadas, no se llegaron a notar diferencias tan significativas en la cantidad de los valores encontrados entre las poblaciones que habitan sobre el nivel del mar y aquellos residentes en áreas con menor altitud (19). En investigaciones que comparan a poblaciones andinas y tibetanas, se ha observado que ambas tienen niveles más altos de hemoglobina, aunque los tibetanos presentan valores de EPO menor. Y los individuos etíopes tienen valores hemoglobina similares o cercanos a aquellos que residen al nivel del mar (16, 17). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

En personas residentes sanas a la altura, observaron un aumento en los valores de hemoglobina, secundariamente a una mayor producción de hematíes y un menor valor de volumen plasmático. La posible causa del aumento en el número de reticulocitos o glóbulos rojos podría atribuirse a la influencia de la EPO. No obstante, investigaciones llevadas a cabo en Colombia y Alemania, tanto en hombres como en mujeres, han reportado diferencias insignificantes en los niveles de esta hormona entre los habitantes de zonas costeras y los de altitudes intermedias. Una justificación al aumento del número de reticulocitos tiene como

hipótesis una función de la eritropoyetina. Por lo cual, algunos estudios realizados en Colombia y Alemania, en ambos sexos, evidencian cantidades que no fueron significativas de la EPO entre las personas que viven a nivel del mar y altura intermedia. Entre los factores que se encuentran para la adaptación, son cambios sutiles en la concentración de eritropoyetina y mantuvieron los efectos durante bastante tiempo, la segunda, se relaciona con una variación diaria en la producción de eritropoyetina (EPO) que, presenta un pico en la noche cuando la SaO₂ disminuye (20,21). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

2.2.4. Gases Arteriales.

Es un método clínico de análisis utilizado para evaluar varios parámetros que contribuyen a evaluar la función respiratoria y determinar el intercambio de gases en los pulmones. Para su análisis se necesita una muestra de sangre sea arterial o venosa, pero preferentemente es arterial. Se puede obtener los niveles de O₂, CO₂ y pH arterial. Estos valores referenciales dan información esencial sobre la oxigenación a nivel de los tejidos del cuerpo humano, la eliminación de CO₂ y regulación ácido-base del cuerpo. También se emplean con eficacia en el diagnóstico y terapéutica de diversas patologías médicas (problemas respiratorios y desequilibrios ácido-base, etc.) (22).

2.2.4.1. Presión Parcial de Oxígeno (PaO₂).

Indica la presión de oxígeno en el plasma, y suele ser el resultado de una adecuada captación de O₂ en los pulmones. Generalmente sus valores normales a nivel del mar son mayores a 90 mmHg (23).

2.2.4.2. Pa Fi.

Relaciona la asociación que se obtiene ante la división de la PaO₂ y FiO₂. Valores por encima de 300 refleja que hay un adecuado intercambio gaseoso, al contrario, valores disminuidos de este último valor, un menor intercambio gaseoso. Valores menores a 200 indica un síndrome de distrés respiratorio agudo, ayuda a determinar el grado de injuria pulmonar en diversas patologías agudas y crónicas (23).

2.2.4.3. Saturación de Oxígeno.

Determina el porcentaje y medida de la saturación de oxihemoglobina a nivel periférico que ayuda a definir la disponibilidad de oxígeno en sangre junto con parámetros como la presión arterial de oxígeno (24).

2.2.4.4. Presión Parcial de Dióxido de Carbono ($PaCO_2$).

Indica la presión de dióxido de carbono a nivel plasmático, está relacionado con el equilibrio ácido base y refleja la ventilación pulmonar. Valores mayores a 45 mmHg y menores de 35 mmHg se consideran normales (23).

2.2.5. Electrolitos.

Los electrolitos se refieren a los minerales y compuestos iónicos presentes en la sangre. Estos electrolitos desempeñan un papel vital en numerosas funciones corporales, incluyendo la regulación del equilibrio hídrico, transmisión nerviosa y la contracción del músculo. Los principales electrolitos incluyen iones de sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), cloruro (Cl^-) y bicarbonato (HCO_3^-). Un análisis de los niveles de electrolitos es una herramienta diagnóstica utilizada para evaluar y monitorear la hidratación, la función renal, regulación ácido base y las condiciones médicas como la deshidratación, los disturbios electrolíticos y las patologías a nivel renal. Una interpretación de los resultados de los electrolitos se basa en los valores de referencia establecidos y en la correlación clínica (25).

2.2.5.1. Potasio.

Catión principal a nivel intracelular con múltiples funciones como la contracción muscular, está involucrado en la fase de reposo a nivel de la membrana en la célula, etc. Los valores normales van desde 3.5 a 5.5 mmol/L. Valores menores al rango mínimo o mayores al rango máximo se consideran hipokalemia y hiperkalemia respectivamente. La hiperkalemia con múltiples causas desde una destrucción celular (como en la rabdomiólisis o trauma), o farmacológica (Captopril, Enalapril, Espironolactona, etc.), también relacionado con la acidosis. Una hiperkalemia puede llevar a cambios electrocardiográficos, debilidad muscular, etc. La hipokalemia asociado desde una pobre ingesta o el uso de fármacos (diuréticos de asa, beta 2 agonistas, insulina), estados de alcalosis. El cuadro clínico asociado a hipokalemia, son cambios electro radiográficos, debilidad calambres, parálisis flácida, etc. (26).

2.2.5.2. Sodio.

Es uno de los electrolitos más abundantes dentro del organismo que cumplen diversas funciones fisiológicas y está regulada por el nivel de volumen sanguíneo y por diversas hormonas como la aldosterona y la hormona antidiurética. Los valores normales son de 135 a 145 mmol/L. Valores menores de 130 mmol/L y mayores de 150 mmol/L se consideran hiponatremia e hipernatremia respectivamente. La hipernatremia se relaciona a deshidratación por diversas causas, valores superiores a 160 se relaciona a un cuadro clínico que compromete

el sistema nervioso, llegando a presentar trastorno de sensorio, entre convulsiones, etc. La hiponatremia tiene diversas causas, entre, que va a depender generalmente de la osmolaridad y la volemia, estados de deshidratación asociado a diarrea se asocia a este trastorno hidroelectrolítico. Una hiponatremia marcada, generalmente entre menor a 120 mmol/L presenta un cuadro clínico similar a la hipernatremia (26).

2.2.5.3. Calcio.

Es un electrolito dentro de los grupo de cationes de carga positiva, que se encuentra en un 99 % en los huesos y dientes, y un significativo 1 % restante está a nivel celular, el calcio está fijada como calcio libre con valores referenciales normales de 8,5 a 10,5 mg/dl, se encuentra el Ca ionizado cuyos valores referenciales de normalidad van de 4,65 a 5,25 mg/dl. Un trastorno que puede causar su disminución es la hipocalcemia (valor total menor a 8,5 mg/dl o calcio ionizado menos de 4,65mg/dl), parte del cuadro clínico son los signos clínicos de Chvostek y Trousseau. En diferencia con la hipercalcemia (concentración de calcio total mayor a 10,5 mg/dl o un calcio ionizado por sobre 5,25 mg/dl) que es un trastorno más peligroso y mortal a diferencia de la hipocalcemia (25).

2.2.5.4. Cloro.

Es el principal anión a nivel extracelular más abundante, con valores de concentración normal de ≥ 96 y ≤ 110 mEq/l, valores de cloro < 96 nos encontramos en hipocloremia y por encima de 110 mEq/l hipercloremia, según el modelo de diagnóstico de Stewart la hipocloremia está asociada a la alcalosis metabólica, y la hipercloremia a la acidosis metabólica, el cloro ingresa y sale de la unidad celular con el Na y K, o con cationes como el Ca. Tiene carga negativa que permitirá reunirse con el Na, por lo tanto, se encarga de la osmolalidad sérica y equilibrio hídrico (25).

2.2.6. Concentración Total de Hemoglobina.

La hemoglobina es una de las proteínas más importantes, su rol es el transporte de O₂ y CO₂ de los pulmones a los tejidos y de estos últimos a los primeros. Esta proteína forma parte de los eritrocitos. El valor laboratorial dependerá principalmente del sexo y de la edad entre otros factores. Los valores referenciales en hombres en la etapa adulto son de 13,5 a 15,5 y en mujeres adultas de 12 a 14 (27).

2.2.7. Hematocrito.

El hematocrito es el resultado del proceso de centrifugación de la relación que se obtiene entre plasma y eritrocitos, existiendo en este último la cantidad 4,62 a 5,2 x 10¹² /L

en una persona adulta que representa el 45 % de el volumen sanguíneo en la circulación. La cantidad de hematocrito va a depender de factores condicionantes como la edad, sexo y altitud en la que habita un individuo. Generalmente los valores normales en hombres adultos es 47 % y en mujeres adultas 41 % (27).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Adaptación a la altitud.

Procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren en el cuerpo humano en respuesta a la exposición crónica a altitudes elevadas, incluyendo cambios en los gases arteriales y los electrolitos (4).

2.3.2. Adaptación Fisiológica.

Cambios o ajustes que sufre el organismo debido a las condiciones ambientales, como la altitud, para mantener un estado de salud óptimo (21).

2.3.3. Altitud.

Indica la altura de un lugar sobre el nivel del mar (30).

2.3.4. Análisis de Sangre.

Procedimiento utilizado para obtener las muestras de sangre arterial de los participantes del estudio, y posteriormente analizar los gases arteriales y los valores referenciales de electrolitos (28).

2.3.5. Efectos de la Altitud.

Los cambios fisiológicos y bioquímicos que tienen lugar en el cuerpo humano, al exponerse a cierta altitud, incluyendo posibles cambios en los niveles de gases arteriales y electrolitos (4).

2.3.6. Electrolitos.

Se presentan el cuerpo humano como iones en la sangre que tienen una función en el equilibrio iónico y el buen funcionamiento normal del organismo. Entre los que daremos como ejemplo son los más encontrados en el organismo: sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺) (26).

2.3.7. Equilibrio Ácido-base.

Estado en el cual se mantienen niveles adecuados de acidez y alcalinidad en el organismo, regulado por el pH arterial y otros parámetros relacionados (23).

2.3.8. Equilibrio Hidroelectrolítico.

Mantenimiento adecuado de los niveles de agua y electrolitos en el organismo, que incluye el equilibrio de electrolitos en la sangre (26).

2.3.9. Gases Arteriales.

Se puede analizar y medir a través de un vaso sanguíneo preferentemente arterial, solo con una muestra de sangre se utiliza para evaluar la función respiratoria como la homeostasis ácido-base. Los parámetros que más se evalúa son el PaO₂, la PaCO₂ y el pH arterial (23).

2.3.10. Homeostasis.

Capacidad del organismo para mantener un equilibrio interno estable, incluyendo los niveles de gases arteriales y electrolitos, a pesar de las variaciones del entorno (29).

2.3.11. Valores de Referencia.

Los valores de referencia son rangos o intervalos de valores considerados normales o saludables para una determinada medición en una población específica. En este estudio, se buscan determinar los valores referenciales de gases arteriales y electrolitos (31).

Capítulo III

Hipótesis y Variables

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis Descriptiva.

Existen valores referenciales de gases arteriales y electrolitos en pobladores sanos a una altura de 3 400 m. s. n. m. de Jauja en el 2021.

3.2. Identificación de Variables

Las variables estudiadas son:

Valores referenciales de gases arteriales, electrolitos, hemoglobina y hematocrito.

3.3. Operacionalización de Variables.

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Subdimensiones	Indicadores	Escala de medición	Tipo de variable
Valores referenciales de gases arteriales, electrolitos y hemoglobina, hematocrito.	Es un procedimiento médico que análisis de pH, presiones arteriales de oxígeno y dióxido de carbono y la concentración en sangre arterial de bicarbonato para evaluar enfermedades respiratorias y padecimientos que afectan los pulmones.	La variable se medirá a través de un procedimiento invasivo que se realiza en una arteria para la medición de gases arteriales (PaO ₂ , PaCO ₂ , HCO ₃), electrolitos séricos (Na, K, Cl, Ca, Ph) y hemoglobina, hematocrito	Valores referenciales de Gases arteriales	PaO ₂	mmHg	Escala de razón	Cuantitativa
				PaCO ₂	mmHg		
				HCO ₃	mmol/L		
				PaFiO ₂	mmHg		
			Valores referenciales de Electrolitos séricos	Na	mmol/L	Escala de razón	Cuantitativa
				K	mmol/L		
				Cl	mmol/L		
				Ca	mmol/L		
			Valores referenciales de Electrolitos séricos	pH	>7.45 <7.35	Escala de razón	Cuantitativa
				Hemoglobina	mg/dl		
			Valores referenciales de Electrolitos séricos	Hematocrito	%	Escala de razón	Cuantitativa

Capítulo IV

Metodología

4.1. Método Tipo y Nivel de la Investigación.

4.1.1. Método de la Investigación.

El estudio empleó el método científico del tipo deductivo. Se deseó encontrar el comportamiento de la variable y se llegó a conclusiones de manera deductiva. Los enfoques de investigación cuantitativos de proceso deductivo, plantean los problemas de investigación definiendo el objetivo y lo que se busca, este método inicia desde buscar un conocimiento previo partiendo de algo general a lo particular, el objetivo fue determinar los valores de gases arteriales en pobladores de altura (32).

4.1.2. Tipo de la Investigación.

La investigación fue de tipo básica, Hernández menciona que este tipo de investigación, se centra en generar conocimiento teórico, el objetivo es ampliar mayor comprensión de cierta área de estudio y de enfoque cuantitativo, ya que este enfoque nos permite la recolección de datos para justificar la hipótesis deductiva en base a la medición o análisis estadístico para establecer las pautas de comportamiento de la variable y probar las teorías, este enfoque sigue un conjunto de procesos y se desarrolla de manera secuencial (32).

4.1.3. Nivel de la Investigación.

La investigación fue de tipo descriptivo. Hernández menciona que estos estudios buscan investigar el nivel de una o más variables en una población seleccionada en un momento único por ser de tipo transversal (32).

4.2. Diseño de la Investigación

La investigación empleó un diseño no experimental de tipo transversal, porque se realizó en una sola toma de muestra de sangre arterial a los pobladores sanos. Para Hernández, los estudios no experimentales no tienen manipulación de variables, lo que busca en este diseño es observar o cuantificar fenómenos y variables en el contexto natural, así mismo, no genera situaciones nuevas, sino las ya existentes; las variables independientes no tienen un control directo y no son manipulables porque ya sucedió. El tipo de diseño transversal o transeccional busca recopilar los datos en un único momento (32).

4.3. Población y Muestra

4.3.1. Población.

La población estuvo constituida por pobladores de la ciudad de Jauja durante el año 2021 y estuvo constituida por 100 pobladores.

4.1.1. Muestra.

La muestra fue de 44 pobladores elegidos de manera no probabilística, por conveniencia y que puedan cumplir los criterios de inclusión.

a. Criterios de Inclusión.

- Personas sanas que no presentaron comorbilidades ni hospitalizaciones en los últimos 2 meses previos a la toma de muestra.
- Personas entre 18 a 30 años.
- Personas que vivan a 3 400 m. s. n. m.

b. Criterios de exclusión.

- Personas que presenten comorbilidades existentes en el momento del estudio.
- Personas que hayan emigrado en menos de 1 mes a la localidad.

4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.4.1. Técnicas.

Para reunir los datos se usó la técnica de análisis documental.

4.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.

Se utilizó el informe de laboratorio y la ficha de registro de datos.

4.4.3. Técnicas de Análisis de Datos.

En el análisis estadístico se trabajó con el programa estadístico SPSS versión 25 al obtener una muestra de 44 datos cuantitativos. Se llevó a cabo un análisis de todos los valores en función de cada parámetro del estudio. Se calcularon los valores promedio, la desviación estándar y se establecieron los rangos estadísticos de referencia mínimo y máximo.

4.4.4. Procedimiento de la Investigación.

1. Reunión con los médicos de anatomía patológica y jefe de la unidad de cuidado intensivos del Hospital Domingo Olavegoya de la ciudad de Jauja, donde se realizó la propuesta para la investigación de gases arteriales y electrolitos.
2. Coordinación con la dirección general del hospital Domingo Olavegoya para el uso del laboratorio e insumos para el desarrollo del proyecto de investigación que fue por la entidad e investigadores.
3. El proyecto de investigación se presentó al comité de Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas del Centro (IREN), donde fue aprobado. Se explicó que se cumplió con los criterios mínimos para poder realizar trabajos de investigación con pobladores sanos.
4. Coordinación con la población de Jauja para realizar la investigación, la población de estudio fue de 100 de los cuales se tuvo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, 44 fueron aptos para la toma de la muestra.
5. Se coordinó con los pobladores de Jauja la fecha de la toma de muestras, se fijó el lugar y la hora de evaluación. Se les informó que se realizaría en el laboratorio de patología clínica del Hospital Domingo Olavegoya.
6. Se coordinó el numero muestras a utilizar con el jefe de la unidad productora de

servicios de salud de laboratorio clínico. Se previó 48 reactivos para la obtención de la muestra, con cuatro reactivos adicionales.

7. Se realizó la compra de materiales: jeringa de gases arteriales, algodón, alcohol, esparadrapos, jabón y papel toalla, para garantizar el cumplimiento de la bioseguridad al momento de la toma de la muestra.
8. Para los días de la toma, se realizó la sensibilización del procedimiento como la firma del consentimiento informado.
9. La toma se realizó en 3 días consecutivos, los responsables de la toma de muestra arterial fuimos los tres investigadores, se extrajo de la arteria radial, para luego entregarlo al tecnólogo médico, quien procesaba la muestra y entregaba el informe de los resultados.
10. Los resultados se pasaron al instrumento de recolección de los datos.
11. Después se analizó los datos en el programa de SPSS versión 25, luego se realizó el análisis.

4.5. Consideraciones éticas

El comité de ética del IREN Centro realizó la evaluación de la investigación, se elaboró un consentimiento informado, los datos personales de los participantes se mantienen en total confidencialidad. Se destaca que no existen conflictos de intereses y que la investigación fue financiada en su totalidad de manera autónoma.

Capítulo V

Resultados

5.1. Presentación de Resultados

5.1.1. Respecto a los Valores Referenciales de los Gases Arteriales.

Tabla 2. Gasometría arterial en pobladores sanos de altura a 3 400 m. s. n. m. de Jauja.

Analitos medidos	A 3400 m. s. n. m. Jauja			A nivel del mar Tietz		
	Ref. mín.	Prom.	Ref. máx.	Ref. mín.	Prom.	Ref. máx.
PH	7,36	7,40	7,48	7,35	7,40	7,45
PCO ₂ (mmHg)	24,20	31,02	36,70	32	40	48
PO ₂ (mmHg)	61	84,75	110	83	95,5	108
PaO ₂ /FIO ₂	290,5	403,56	523,80	>300*		
SATO ₂ (%)	92	96,3	99	95	96,5	98

Nota. *Clasificación según el National Heart, Lung and Blood Institute ARDS.

pH= potencial de hidrogeniones, pO₂= presión parcial de oxígeno, pCO₂= presión parcial de dióxido de carbono, Hto = hematocrito, Hb= hemoglobina.

En la tabla 2 se presenta de manera comparativa los niveles numéricos normales a nivel del mar, según la bibliografía y National Hear, con los valores obtenidos a 3 400 m. s. n. m. Se observa que los valores promedio de pH se mantienen dentro del rango de referencia en ambas ubicaciones.

En cuanto a la PCO₂, se vio que los valores promedio en Jauja fueron ligeramente menores que los valores de referencia mínimos y máximos a nivel del mar. En relación a la PO₂, se aprecia que los valores promedio en Jauja son menores que los valores de referencia a nivel del mar.

El valor promedio de PaO₂/FIO₂ se encuentra en un rango mayor a comparación del valor de referencia. Por último, la saturación de oxígeno presenta valores promedio cercanos a los valores de referencia en ambas ubicaciones.

5.1.2. Respecto a los Valores Referenciales de Electrolitos.

Tabla 3. Electrolitos en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m.. de Jauja.

Analitos medidos	A 3400 m. s. n. m. Jauja			Guyton y Hall		
	Ref. min.	Prom.	Ref. máx.	Ref. min.	Prom.	Ref. máx.
Sodio (NA) mmol/L	137	140,61	144	135	140	145
Potasio (K) mmol/L	3,41	3,8	5,4	3,5	4,0	5,5
Calcio (CA) mmol/L	1,15	1,2	1,30	1,15	1,3	1,4
Cloro (CL) mmol/L	102	104,7	108	98	103	106

Valores referenciales según compendio de fisiología de Guyton y Hall (33)

En la tabla 3 se presenta de manera comparativa los valores habituales a nivel del mar, según la bibliografía y con los valores obtenidos a 3 400 m. s. n. m., los valores de Na, K, Ca y CL se encuentran dentro del rango de referencia a nivel del mar, sin diferencias notables.

5.1.3. Valores de hematocrito y hemoglobina en pobladores sanos a una altitud de 3 400 m. s. n. m. de Jauja.

Tabla 4. Hematocrito y Hemoglobina en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja

Analitos medidos	A 3 400 m.s.n.m Jauja			Guyton y Hall		
	Ref. min.	Prom.	Ref. máx.	Ref. min.	Prom.	Ref. máx.
Hto %	45	55,86	82	38,8	45	50
Hb (g/dl)	14,60	18,2	26,80	13,5	15	17,4

Valores referenciales según compendio de fisiología de Guyton y Hall (33)

En la tabla 4 se presenta de manera comparativa los valores habituales a nivel del mar, según la bibliografía, con los valores obtenidos a 3 400 m. s. n. m. Se observa que los datos del hematocrito (55,86 %) y hemoglobina (18,2 g/dL) llegan al punto más alto de los valores de referencia a comparación de los mencionados en la bibliografía.

5.2. Discusión de Resultados.

La comparación entre los resultados del presente estudio realizado a una altitud de 3 400 m. s. n. m. y otros estudios, los datos presentados proporciona una visión más completa de las variaciones en los parámetros evaluados en diferentes altitudes. A continuación, se discutirán las principales diferencias y similitudes encontradas:

Valores de gases arteriales.

En cuanto al pH, se observa que todos los estudios muestran valores muy cercanos entre sí, lo que indica una leve variación en la acidez sanguínea en función de la altitud. Tanto en esta investigación (7,4) y los demás estudios presentan valores en un rango cercano a la neutralidad (pH 7,4).

En relación a la PO₂, se observa una variación considerable entre los diferentes estudios. El realizado, muestra el valor más alto de PO₂ (84,75 mmHg) seguido de valores hallados en el estudio de Tinoco y Solorzano en Huánuco (78,19 mmHg). Por otro lado, el estudio en Cerro de Pasco presenta el valor más bajo de PO₂ (54,18 mmHg).

En relación a la PCO₂, se observa una variabilidad moderada entre los estudios. Se encontró un valor promedio de CO₂ de 31,02 mmHg, que se encuentra dentro del rango de los demás estudios. Tinoco y Solorzano en Huánuco (1 818 m. s. n. m.) muestran el valor más alto (34,63 mmHg), en el mismo estudio en Cerro de Pasco el valor más bajo (27,69 mmHg). Están todos los valores en los diversos estudios debajo del rango normal (35 a 45 mmHg).

En cuanto a los valores de saturación de oxígeno (SaO₂), se observan diferencias relevantes entre los estudios. Se encontró el valor más alto de SaO₂ (96,3 %), seguido por el estudio en Huánuco (96,24 %) y Yumpo (93,9 %). El estudio en Cerro de Pasco muestra la SaO₂ más baja (87,02 %).

En general, los resultados del presente estudio muestran algunas similitudes y diferencias en comparación con otros. Se observa una tendencia general hacia valores de pH cercanos a la neutralidad en todas las altitudes evaluadas. Sin embargo, existen variaciones más pronunciadas en los valores de PO₂, CO₂ y SaO₂, lo que probablemente podría demostrar una relación entre la influencia directa de la altitud en la respiración y la oxigenación sanguínea.

Estos hallazgos respaldan la importancia de tener en cuenta la altitud en la valoración de los parámetros sanguíneos, resaltan la necesidad de investigar y comprender los efectos de la altitud en la fisiología humana.

Valores de electrolitos.

En cuanto al sodio (Na), según la bibliografía revisada, se observa valores a nivel del mar, valor mínimo de referencia es 135 mmol/L, mientras que el valor máximo de referencia es 145 mmol/L. En la población estudiada, el promedio de sodio obtenido fue de 140,61 mmol/L, situándose dentro del rango de referencia. En relación al potasio (K), los

valores de referencia mínimos y máximos son de 3,5 mmol/L y 5,5 mmol/L respectivamente. En este estudio, se encontró un promedio de 3,8 mmol/L para el potasio en la población estudiada, este valor se encuentra dentro del rango de referencia,

En cuanto al cloro (Cl), los valores de referencia mínimos y máximos son de 98 mmol/L y 106 mmol/L respectivamente. El promedio de cloro obtenido en el estudio fue de 104,7 mmol/L, situándose dentro del rango de referencia.

Los valores de referencia mínimos y máximos para el calcio son de 1,15 mmol/L y 1,4 mmol/L respectivamente. En la población de Jauja a 3 400 m. s. n. m., se obtuvo un promedio de 1,2 mmol/L para el calcio, encontrándose dentro de los valores de referencia

Valores referenciales de hemoglobina y hematocrito

En el presente estudio se analizó los niveles de hemoglobina (HB) y hematocrito, donde se encontró una hemoglobina referencial mínima de 14,60gr/dl, un valor máximo de 26,8gr/dl y un valor promedio de 18,2gr/dl. A comparación de diversos estudios, como en Colombia a una menor altura 2 600 m. s. n. m., se encontró un valor promedio menor de hemoglobina (17,1 gr/dl) y hematocrito (49,2 %) al presente estudio. En comparación con un estudio a mayor altura, en este caso en Bolivia (5 000 m. s. n. m.), los valores en promedio fueron menores tanto en la hemoglobina (18,2gr/dl) y hematocrito (55,86 %).

Conclusiones

1. El estudio realizado en pobladores sanos, presenta valores promedio de pH, en todos los casos son cercanos, lo que probablemente indicaría una regulación fisiológica ácido-base efectiva. Sin embargo, existen ciertas diferencias en los valores de PO₂ y CO₂. A mayor altitud, se evidencia una disminución en la PaO₂ y una disminución en la PCO₂. Estos resultados reflejarían la complejidad de la adaptación fisiológica en altitudes elevadas y respaldan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor estos fenómenos y sus implicaciones clínicas.
2. Los niveles de sodio, cloro, calcio y potasio en la población de Jauja a 3 400 m. s. n. m. se encuentran en rangos normales, lo que probablemente indicaría una adecuada homeostasis de estos electrolitos en condiciones de altitud.
3. Sobre los niveles de hemoglobina y hematocrito se presentó un promedio de 18,2 g/dl, en concordancia con los rangos establecidos como referencia. En comparación con estudios previos realizados a menor altitud en Colombia, se observan promedios más elevados en esta investigación. Sin embargo, al contrastar con un estudio efectuado en Bolivia, a una altitud superior, los promedios muestran valores más reducidos. Estos resultados sugieren que la altitud puede influir en los niveles de hemoglobina y hematocrito, si bien futuras investigaciones deben tener en cuenta otros factores individuales y contextuales para obtener una comprensión más completa de esta relación.
4. Los resultados evidencian que no se pueden extrapolar a toda la población que reside a una altitud a 3 400 metros sobre el nivel de mar, pero se podría presumir que existiría una posible adaptación por parte de los pobladores.

Recomendaciones

1. A las universidades, realizar otros estudios con pobladores y múltiples características, dependiendo la edad, comorbilidades respiratorias (enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad pulmonar intersticial difusa, etc.), cardíacas (insuficiencia cardíaca), alteraciones en el peso (sobrepeso, obesidad mórbida, etc.), en el área del estudio presente, para demostrar las variaciones significativas dependiendo las características de la persona.
2. A las universidades, incentivar a sus estudiantes de las carreras relacionadas a la salud, realizar estudios en poblaciones sanas para tener registro de los datos referenciales en distintas poblaciones del Perú, ya que tenemos poblaciones a diferentes niveles de altura. Realizar estudios multicéntrico y lograr un consenso en el manejo del medio interno en residentes que viven a una altitud superior a 3 000 m. s. n. m.
3. Al hospital Olavegoya ubicada en Jauja, registrar y hacer un monitoreo de los aspectos evaluados en sus pacientes, debido a que esa información también brindaría otros datos en estudios similares a este.

Referencias Bibliográficas

1. Beall CM. Adaptation to high altitude: Phenotypes and genotypes. Vol. 43, Annual Review of Anthropology. Annual Reviews Inc.; 2014. p. 251–72.
2. Moore LG. Human Genetic Adaptation to High Altitude [Internet]. Vol. 2, MEDICINE & BIOLOGY. Mary Ann Liebert, Inc; 2001. Available from: www.liebertpub.com
3. Penaloza D, Arias-Stella J. The heart and pulmonary circulation at high altitudes: healthy highlanders and chronic mountain sickness. Circulation [Internet]. 2007 Mar [cited 2023 May 24];115(9):1132–46. Available from: <https://acortar.link/zufHdD>
4. Trompetero-González AC, Cristancho-Mejía É, Benavides-Pinzón WF, Mancera-Soto EM, Ramos-Caballero DM. Effects of high altitude exposure on erythropoiesis and iron metabolism. Revista Facultad de Medicina [Internet]. 2015 [cited 2023 Apr 24];63(4):717–25. Available from: <https://acortar.link/okbIVe>
5. Basu CK, Banerjee PK, Selvamurthy W, Sarybaev A, Mirrakhimov MM. Acclimatization to high altitude in the Tien Shan: A comparative study of Indians and Kyrgyzis. Wilderness Environ Med [Internet]. 2007 Jun 1 [cited 2023 Apr 24];18(2):106–10. Available from: <https://acortar.link/GelgDP>
6. Veloz Alvaro Paúl Villavicencio Barrezueta Carmen Patricia Tutor M, Francisco Barrera Guarderas J. Valores de referencia de gasometría arterial en población adulta entre 18 y 40 años de edad, residente a 2800 sobre el nivel del mar, en el Hospital Eugenio Espejo, en el periodo de julio a octubre del 2016 usando normativa CLSI Ep28 – A3c, con metodología A Priori. 2016 [cited 2023 Apr 24]; Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11417>
7. Santos-Martínez LE, Gómez-López L, Arias-Jiménez A, Quevedo-Paredes J. Deterioro del intercambio gaseoso en sujetos con incremento del índice de masa corporal a una altitud de 2,240 metros sobre el nivel del mar. Arch Cardiol Mex [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 24];91(1):7. Available from: [/pmc/articles/PMC8258907/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38258907/)
8. Trompetero González AC, Mejía EC, Benavides Pinzón WF, Serrato M, Landinéz MP, Rojas J. Comportamiento de la concentración de hemoglobina, el hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes alturas. Nutr Hosp [Internet]. 2015 [cited 2023 Jun 5];32(5):2309–18. Available from: <https://acortar.link/3OVB1X>

9. Originales A, Emerson C, Ricardo A, Daniela P, Teddy Q, Silvia M, et al. VALORES DE HEMOGLOBINA EN LA POBLACIÓN DE CHOROLQUE A 5000 MSNM. *Revista Médica La Paz* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jun 5];26(1):32–7. Available from: <https://acortar.link/WyOwDT>
10. Tinoco Solórzano A, Román Santamaría A, Charri Victorio J. Gasometría arterial en diferentes niveles de altitud en residentes adultos sanos en el Perú. *Horizonte Médico (Lima)* [Internet]. 2017 Jun 30 [cited 2023 Apr 24];17(3):6–10. Available from: <https://acortar.link/0WbisM>
11. Yumpo D. Estudio de valores de referencia de gases arteriales en pobladores de altura. *Revista Enfermedades del Tórax* [Internet]. 2002 [cited 2023 Apr 24];49:40–2. Available from: <https://acortar.link/QT1S2Y>
12. Storz JF, Cheviron ZA. Physiological Genomics of Adaptation to High-Altitude Hypoxia. *Annu Rev Anim Biosci* [Internet]. 2021 Feb 2 [cited 2023 May 26];9:149. Available from: [/pmc/articles/PMC8287974/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34111111/)
13. George L . Engel. The need for a New Medical Model : A challenge for Biomedicine. *Science* (1979). 1977 Apr 8;196:130–6.
14. John Reeves John V Weil AT. • ACLIMATAACION VENTILATORIA A GRANDES ALTITUDES.
15. Fisiología de la respiración en ambientes especiales | Fisiología humana, 5e | AccessMedicina | McGraw Hill Medical [Internet]. [cited 2023 May 24]. Available from: <https://acortar.link/W0ZjOA>
16. Ge RL, Witkowski S, Zhang Y, Alfrey C, Sivieri M, Karlsen T, et al. Determinants of erythropoietin release in response to short-term hypobaric hypoxia. *J Appl Physiol* (1985) [Internet]. 2002 [cited 2023 May 3];92(6):2361–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12015348/>
17. Gualdron R. M, Gutierrez B. M, Mora P. M, Palomino Q. LF, Camelo C. W. Consumo dietario de hierro y niveles de ferratina sérica en mujeres universitarias, no entrenadas, residentes a nivel del mar y en altitud intermedia. *Rev MED*. 2006;61–70.
18. Rice L, Ruiz W, Driscoll T, Whitley CE, Tapia R, Hachey DL, et al. Neocytolysis on Descent from Altitude: A Newly Recognized Mechanism for the Control of Red Cell Mass Background: Studies of space-flight anemia have uncovered a [Internet].

Available from: www.annals.org

19. Schmidt W, Heinicke K, Rojas J, Manuel Gomez J, Serrato M, Mora M, et al. Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 34(12). Available from: <http://www.acsm-msse.org>
20. D. Boning, J. Rojas, M. Serrato. Hemoglobin Mass and Peak Oxygen Uptake in Untrained and Trained Residents of Moderate Altitude.
21. Böning D, Cristancho E, Serrato M, Reyes O, Mora M, Coy L, et al. Hemoglobin Mass and Peak Oxygen Uptake in Untrained and Trained Female Altitude Residents. *Int J Sports Med*. 2004;25.
22. Yee J, Frinak S, Mohiuddin N, Uduman J. Fundamentals of Arterial Blood Gas Interpretation. *Kidney360* [Internet]. 2022 Aug 25 [cited 2023 May 29];3(8):1458–66. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36176645>
23. P Oliver, O Rodriguez, J Marin. Estudio de la oxigenación e interpretación de la gasometría arterial. *Revista de Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular* [Internet]. 2014 [cited 2023 Apr 25];31–45. Available from: <https://acortar.link/Kk7Dlq>
24. Sandberg C, Nayrol J. Respiratory Physiology at Altitude. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 157(1), 29–32 | 10.1136/jramc-157-01-05. *BMJ* [Internet]. 2011; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21465907/>
25. Cieza Zevallos JA, Orihuela Jesús CB. Características de los electrolitos de pacientes adultos que acuden por emergencia médica a un hospital general de Lima, Perú. *Revista Medica Herediana*. 2018 oct 16;29(3):158.
26. Pizarro-Torres D. Alteraciones hidroelectrolíticas y ácido-base más frecuentes en el paciente con diarrea. *Bol Med Hosp Infant Mex* [Internet]. 2005 [cited 2023 May 2];62(1):57–68. Available from: <https://acortar.link/fBtFs2>
27. López Santiago Servicio de Hematología N. www.actapediatrica.org.mx *critEriopEdiátrico Acta Pediatr Mex*. 2016 [cited 2023 Apr 24];37(4):241–6. Available from: www.actapediatrica.org.mx
28. Yee J, Frinak S, Mohiuddin N, Uduman J. Fundamentals of Arterial Blood Gas Interpretation. *Kidney360* [Internet]. 2022 Aug 25 [cited 2023 May 29];3(8):1458–66.

Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36176645>

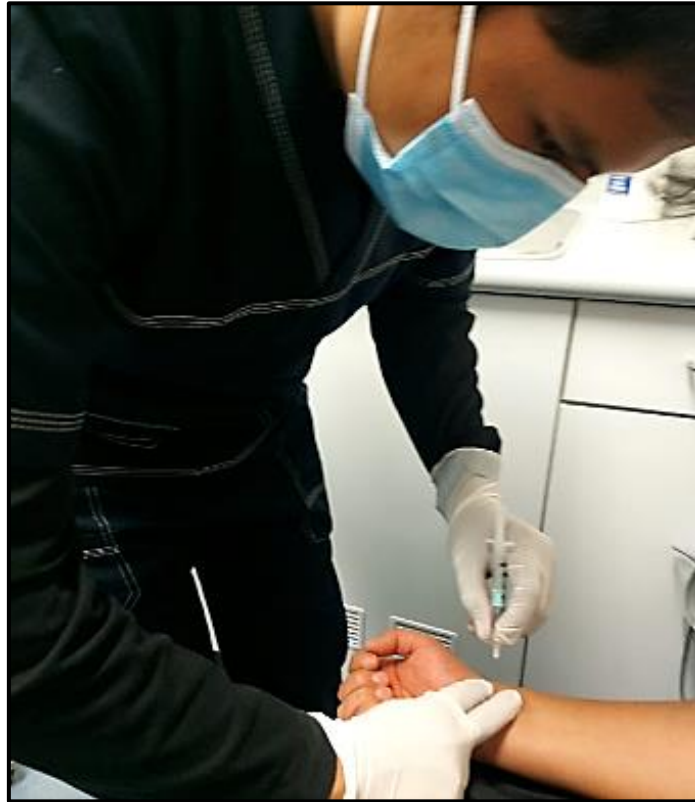
29. Torday JS. Homeostasis as the Mechanism of Evolution. *Biology (Basel)* [Internet]. 2015 Sep 15 [cited 2023 May 29];4(3):573. Available from: [/pmc/articles/PMC4588151/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36176645/)
30. Beall CM. Adaptation to high altitude: Phenotypes and genotypes. Vol. 43, *Annual Review of Anthropology*. Annual Reviews Inc.; 2014. p. 251–72.
31. Keyser JW. The concept of the normal range in clinical chemistry. *Postgrad Med J*. 1965;41(477):443–7.
32. Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos. *Metodología de la Investigación* [Internet]. 6a. ed. McGraw-Hill, editor. México D.f.; 2014 [cited 2023 May 29]. Available from: <https://acortar.link/pzrJ8e>
33. Guyton, Hall. *Compendio de fisiología médica* [Internet]. 13th ed. 2016 [cited 2023 May 29]. 361–377 p. Available from: <https://acortar.link/CL2i0J>

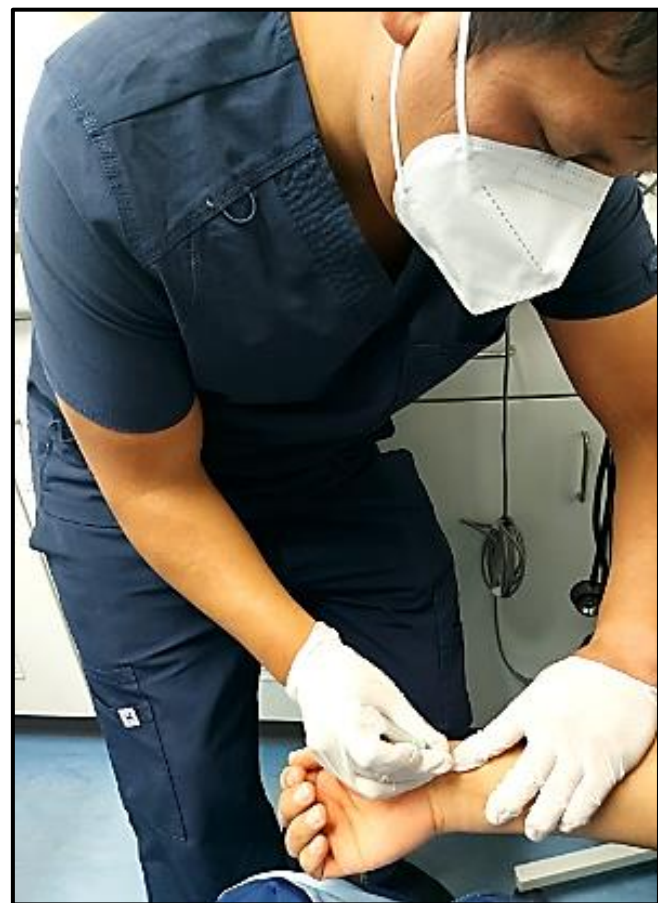
Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES e indicadores	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general</p> <p>¿Cuáles son los Valores referenciales de gases arteriales y electrolitos séricos en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m – Jauja, 2021?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuáles son los valores referenciales de gases arteriales en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021?</p> <p>¿Cuáles son los valores referenciales de electrolitos séricos en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021?</p> <p>¿Cuáles son los valores referenciales de Hemoglobina y hematocrito en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar los Valores referenciales de gases arteriales y electrolitos séricos en pobladores sanos a una altitud de 3400 m s. n. m – Jauja, 2021.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar los valores referenciales de gases arteriales en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021?</p> <p>Determinar los valores referenciales de electrolitos séricos en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021?</p> <p>Determinar los valores referenciales de Hemoglobina y hematocrito en pobladores sanos a una altitud de 3400 m. s. n. m. de Jauja 2021.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Existen valores referenciales de gases arteriales y electrolitos séricos en pobladores sanos a una altura de 3400 m. s. n. m. de Jauja, 2021</p>	<p>Variable</p> <p>Valores referenciales de Gases arteriales y Electrolitos séricos</p>	<p>Método:</p> <p>Método científico de alcance descriptivo y tipo deductivo</p> <p>Tipo</p> <p>La investigación será de tipo básica, y de enfoque cuantitativo</p> <p>Diseño:</p> <p>La investigación tendrá un diseño no experimental de tipo transversal, porque se realizará en una sola toma de muestra de sangre arterial a los pobladores sanos.</p>	<p>Población:</p> <p>La población está constituida por los internos del cuartel militar fuerte Cáceres de Jauja, durante el año 2021, constituida por 100 pobladores sanos de Jauja</p> <p>Técnicas:</p> <p>Para recolectar los datos se realizó la técnica de análisis de laboratorio</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Informe de laboratorio</p>

Anexo 2. Evidencia Toma de Muestra

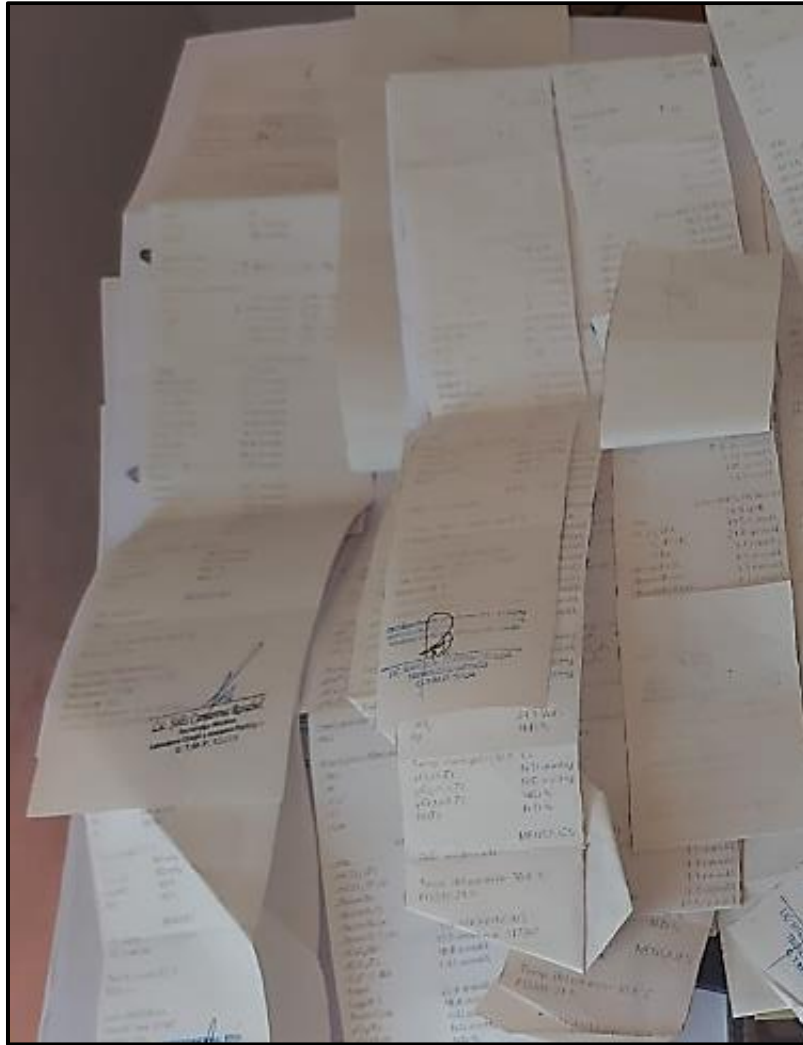




Anexo 3. Recolección de Resultados de los Informes de Laboratorio Clínico

STEFANI		VALORES MEDIDOS		VALORES MEDIDOS	
Gasos en Sangre (37°C)		Gasos en Sangre (37°C)		Gasos en Sangre (37°C)	
pH	7.46	pH	7.46	pH	7.46
pCO ₂ (T)	21.1 mmHg	pCO ₂ (T)	21.1 mmHg	pCO ₂ (T)	21.1 mmHg
pO ₂ (T)	86 mmHg	pO ₂ (T)	86 mmHg	pO ₂ (T)	86 mmHg
Temp. corregida (36.7°C)		Temp. corregida (36.7°C)		Temp. corregida (36.7°C)	
pO ₂ (A,T)	N/D mmHg	pO ₂ (A,T)	N/D mmHg	pO ₂ (A,T)	N/D mmHg
pO ₂ (A,Z)	N/D mmHg	pO ₂ (A,Z)	N/D mmHg	pO ₂ (A,Z)	N/D mmHg
RiO ₂	N/D %	RiO ₂	N/D %	RiO ₂	N/D %
Hemoglobina (Ht)	48 %	Hemoglobina (Ht)	45 %	Hemoglobina (Ht)	45 %
Electrolitos Metabólicos		Electrolitos Metabólicos		Electrolitos Metabólicos	
eNa	140 mmol/L	eNa	140 mmol/L	eNa	140 mmol/L
eK	3.89 mmol/L	eK	3.89 mmol/L	eK	3.89 mmol/L
eCl	105 mmol/L	eCl	105 mmol/L	eCl	105 mmol/L
eCa	1.8 mmol/L	eCa	1.8 mmol/L	eCa	1.8 mmol/L
VALORES DERIVADOS		VALORES DERIVADOS		VALORES DERIVADOS	
anión	17.3 mmol/L	anión	14.6 mmol/L	anión	14.6 mmol/L
HCO ₃ (T)	20.5 mmol/L	HCO ₃ (T)	20.5 mmol/L	HCO ₃ (T)	20.5 mmol/L
Bases(Et)	-3.2 mmol/L	Bases(Et)	-3.2 mmol/L	Bases(Et)	-3.2 mmol/L
Bases(Ex)	-4.4 mmol/L	Bases(Ex)	-4.4 mmol/L	Bases(Ex)	-4.4 mmol/L
Bases(Et+Ex)	-4.3 mmol/L	Bases(Et+Ex)	-4.3 mmol/L	Bases(Et+Ex)	-4.3 mmol/L
HCO ₃ (E)	14.8 mmol/L	HCO ₃ (E)	14.8 mmol/L	HCO ₃ (E)	14.8 mmol/L
HCO ₃ (E+Ex)	18.1 mmol/L	HCO ₃ (E+Ex)	18.1 mmol/L	HCO ₃ (E+Ex)	18.1 mmol/L
Ca ²⁺ (T+40)	1.25 mmol/L	Ca ²⁺ (T+40)	1.24 mmol/L	Ca ²⁺ (T+40)	1.24 mmol/L
Anion Gap	20.2 mmol/L	Anion Gap	17.9 mmol/L	Anion Gap	17.9 mmol/L
pO ₂ (A)	N/D mmHg	pO ₂ (A)	N/D mmHg	pO ₂ (A)	N/D mmHg
pO ₂ (A+Z)	N/D mmHg	pO ₂ (A+Z)	N/D mmHg	pO ₂ (A+Z)	N/D mmHg
pO ₂ (A,Z)	N/D %	pO ₂ (A,Z)	N/D %	pO ₂ (A,Z)	N/D %
RiO ₂	N/D %	RiO ₂	N/D %	RiO ₂	N/D %
BA analítico	N/D no derivado	BA analítico	N/D no derivado	BA analítico	N/D no derivado
Temp. del paciente: 36.5 °C		Temp. del paciente: 36.7 °C		Temp. del paciente: 36.7 °C	
FO2i: 21 %		FO2i: 21 %		FO2i: 21 %	
Usuario: ANONYMOUS		Usuario: ANONYMOUS		Usuario: ANONYMOUS	
Analizadora - Serie: 317397		Analizadora - Serie: 317397		Analizadora - Serie: 317397	
Secuencia: 1176		Secuencia: 1174		Secuencia: 1174	
Muestra: 122		Muestra: 121		Muestra: 121	

Tipo de muestra: Arterial	Tipo de muestra: Arterial	Tipo de muestra: Arterial	Tipo de muestra: Arterial
ID Paciente: 015	ID Paciente: 07	ID Paciente: 05	ID Paciente: 04
Nombre: [oculto]	Nombre: [oculto]	Nombre: [oculto]	Nombre: [oculto]
VALORES MEDIDOS	VALORES MEDIDOS	VALORES MEDIDOS	VALORES MEDIDOS
Gasos en Sangre (37°C)	Gasos en Sangre (37°C)	Gasos en Sangre (37°C)	Gasos en Sangre (37°C)
pH	7.45	pH	7.41
pCO ₂ (T)	29.5 mmHg	pCO ₂ (T)	28.5 mmHg
pO ₂ (T)	86 mmHg	pO ₂ (T)	87 mmHg
Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)
pO ₂ (A,T)	29.5 mmHg	pO ₂ (A,T)	28.2 mmHg
pO ₂ (A,Z)	86 mmHg	pO ₂ (A,Z)	86 mmHg
RiO ₂	56 %	RiO ₂	54 %
Hemoglobina (Ht)	56 %	Hemoglobina (Ht)	54 %
Electrolitos Metabólicos	Electrolitos Metabólicos	Electrolitos Metabólicos	Electrolitos Metabólicos
eNa	137 mmol/L	eNa	138 mmol/L
eK	3.75 mmol/L	eK	3.99 mmol/L
eCl	105 mmol/L	eCl	116 mmol/L
eCa	1.2 mmol/L	eCa	1.3 mmol/L
VALORES DERIVADOS	VALORES DERIVADOS	VALORES DERIVADOS	VALORES DERIVADOS
anión	18.3 mmol/L	anión	17.8 mmol/L
HCO ₃ (T)	20.5 mmol/L	HCO ₃ (T)	17.7 mmol/L
Bases(Et)	-3.2 mmol/L	Bases(Et)	-3.2 mmol/L
Bases(Ex)	-4.4 mmol/L	Bases(Ex)	-4.4 mmol/L
Bases(Et+Ex)	-4.3 mmol/L	Bases(Et+Ex)	-4.3 mmol/L
HCO ₃ (E)	14.8 mmol/L	HCO ₃ (E)	14.7 mmol/L
HCO ₃ (E+Ex)	18.1 mmol/L	HCO ₃ (E+Ex)	18.5 mmol/L
Ca ²⁺ (T+40)	1.25 mmol/L	Ca ²⁺ (T+40)	1.26 mmol/L
Anion Gap	16.6 mmol/L	Anion Gap	21.8 mmol/L
pO ₂ (A)	N/D mmHg	pO ₂ (A)	N/D mmHg
pO ₂ (A+Z)	N/D mmHg	pO ₂ (A+Z)	N/D mmHg
pO ₂ (A,Z)	N/D %	pO ₂ (A,Z)	N/D %
RiO ₂	24.7 %	RiO ₂	24.0 %
Ht	N/D %	Ht	N/D %
Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)	Temp. corregida (36.8°C)
pO ₂ (A,T)	N/D mmHg	pO ₂ (A,T)	N/D mmHg
pO ₂ (A,Z)	N/D %	pO ₂ (A,Z)	N/D %
RiO ₂	N/D %	RiO ₂	N/D %
BA analítico	N/D no derivado	BA analítico	N/D no derivado
Temp. del paciente: 36.8 °C	Temp. del paciente: 36.8 °C	Temp. del paciente: 36.8 °C	Temp. del paciente: 36.8 °C
FO2i: 21 %	FO2i: 21 %	FO2i: 21 %	FO2i: 21 %
Usuario: ANONYMOUS	Usuario: ANONYMOUS	Usuario: ANONYMOUS	Usuario: ANONYMOUS
Analizadora - Serie: 317397	Analizadora - Serie: 317397	Analizadora - Serie: 317397	Analizadora - Serie: 317397
Secuencia: 3702	Secuencia: 3701	Secuencia: 3701	Secuencia: 3701
Muestra: 230	Muestra: 230	Muestra: 230	Muestra: 230



Anexo 3: Tabulación de Datos Recolectados

BASE DE DATOS AGA - Excel																
Buscar																
Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda																
A46 x1																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	ID	Sat O2	FiO2	PaFi	pH	pO2	pCO2	HCO3	Hto	Hb	Na	K	Ca	Cl	T	
2	1	94.7	0.21	323.8	7.46	68	24.7	17.3	48	15.5	140	3.49	1.22	105	36.5	
3	2	94.6	0.21	319.0	7.46	67	25.9	18.2	45	14.6	139	3.41	1.20	102	36.7	
4	3	95	0.21	338.1	7.44	71	29.4	19.8	48	15.5	139	3.59	1.22	103	37.2	
5	4	96.5	0.21	366.7	7.48	77	26.5	19.4	56	18.5	138	3.76	1.19	104	36.5	
6	5	95.8	0.21	352.4	7.46	74	25.3	17.6	48	15.6	143	3.81	1.26	107	36.8	
7	6	91.8	0.21	290.5	7.41	61	28.9	17.9	47	15.4	142	4.21	1.30	105	37.2	
8	7	97.1	0.21	423.8	7.41	89	30.8	19.1	56	18.5	141	3.79	1.20	105	36.8	
9	8	95.7	0.21	381.0	7.38	80	35.4	20.5	55	18.1	141	4.08	1.19	103	36.8	
10	9	96	0.21	395.2	7.37	83	33.9	19.2	55	17.9	142	3.99	1.24	106	36.8	
11	10	97	0.21	423.8	7.39	89	29.7	17.6	54	17.8	142	3.94	1.23	106	36.8	
12	11	96.2	0.21	395.2	7.40	83	32.4	19.5	82	26.8	140	5.40	1.21	105	36.8	
13	12	96.3	0.21	395.2	7.40	83	31.5	19.2	63	20.5	141	4.01	1.18	106	36.8	
14	13	95.9	0.21	365.7	7.40	81	33.0	19.8	59	19.3	139	3.91	1.19	103	36.8	
15	14	95	0.21	366.7	7.37	77	36.7	21.0	57	18.7	141	3.81	1.19	105	36.8	
16	15	97.1	0.21	419.0	7.42	88	30.8	19.6	56	18.4	139	3.82	1.23	103	36.8	
17	16	97.3	0.21	419.0	7.45	88	29.6	20.3	56	18.2	137	4.75	1.15	105	36.8	
18	17	96.9	0.21	414.3	7.41	87	28.5	17.7	54	17.8	138	3.95	1.16	103	36.8	
19	18	94.7	0.21	352.4	7.39	74	33.6	19.7	62	20.2	142	3.92	1.26	104	36.8	
20	19	97.6	0.21	447.6	7.41	94	30.2	18.8	52	16.8	141	3.75	1.22	105	36.8	
21	20	96.5	0.21	385.7	7.43	81	28.2	28.6	56	18.2	143	4.04	1.25	106	36.8	
22	21	96.3	0.21	390.5	7.42	82	33.7	21.3	53	17.3	139	3.83	1.17	104	36.8	
23	22	98.5	0.21	490.5	7.48	103	25.2	18.7	56	18.4	140	3.88	1.17	103	36.8	
24	23	96.4	0.21	395.2	7.41	83	31.7	19.5	49	15.9	140	3.93	1.22	105	36.8	
25	24	98.3	0.21	514.3	7.41	108	29.7	18.2	59	19.3	138	4.07	1.21	104	36.8	
26	25	97	0.21	419.0	7.42	88	34.2	21.8	52	17	142	3.73	1.19	105	36.8	
27	26	97.5	0.21	438.1	7.43	92	33.1	21.6	58	19	140	3.82	1.19	103	36.8	
28	27	98.5	0.21	523.8	7.42	110	29.2	18.4	52	17	140	3.97	1.17	106	36.8	
29	28	96.4	0.21	419.0	7.36	86	34.4	18.8	69	22.8	140	3.75	1.15	105	36.8	
30	29	97.2	0.21	438.1	7.40	92	32.1	19.3	57	18.7	141	3.77	1.21	103	36.8	
31	30	95.8	0.21	385.7	7.38	81	33.2	19.3	55	18	142	3.86	1.23	105	36.8	
32	31	97.8	0.21	471.4	7.40	99	31.2	18.8	54	17.7	141	3.88	1.23	104	36.8	
33	32	96.3	0.21	400.0	7.38	84	33.4	19.4	59	19.4	140	3.78	1.21	103	36.8	
34	33	94.6	0.21	357.1	7.37	75	34.1	19.3	55	18.1	141	4.09	1.21	105	36.8	
35	34	97.4	0.21	442.9	7.41	93	32.2	19.9	55	18.1	139	3.93	1.21	103	36.8	
36	35	95.5	0.21	376.2	7.38	79	34.2	19.9	55	18.1	142	3.96	1.24	107	36.8	
37	36	97.6	0.21	452.4	7.41	95	31.7	19.8	61	19.9	141	3.71	1.19	104	36.8	
38	37	97.5	0.21	457.1	7.38	96	30.6	17.8	53	17.4	142	3.61	1.2	107	36.8	
39	38	94.5	0.21	352.4	7.38	74	36.1	21.0	48	15.6	139	3.66	1.19	103	36.8	
40	39	95.8	0.21	381.0	7.40	80	31.1	18.7	55	17.9	141	3.51	1.15	106	36.8	

Anexo 3. Evidencia de Documento de Aprobación por el Comité de Ética

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

INFORME COMITÉ N° 001 -CIEI-IREN-2022

Para : Lic. Milagros Virginia Nieto Cabana
Directora
Dirección de Control del Cáncer

De : Dr. Joel B. Viquez Gutiérrez
Presidente del Comité de Ética – IREN Centro

Asunto : Evaluación aspectos éticos de Proyecto de investigación

Referencia : Carta s/n - JCÑO

Fecha : 23 de febrero de 2022



De mi especial consideración:

Mediante la presente, se informa que, habiéndose reunido en sesión ordinaria el Comité Institucional de Ética en Investigación del IREN Centro, el día 22 de febrero del 2022 en las instalaciones de la Sala de Lectura del IREN-CENTRO y con QUORUM correspondiente, se procedió a revisar el Proyecto de investigación titulado: **VALORES REFERENCIALES DE GASOMETRÍA ARTERIAL EN POBLADORES SANOS A 3400 METROS DE ALTITUD - 2022**, presentado por el investigador: **JUAN CARLOS NAÑEZ ORDOÑEZ**. Posterior a la evaluación correspondiente se emite el dictamen de: **FAVORABLE**, para continuar con el trámite correspondiente

En otro en particular, me suscribo de Ud


Presidente del Comité de Ética IREN Centro


45022237

IREN
Cuba

Anexo 4 Consentimiento Informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LA INVESTIGACION VALORES NORMALES DE GASES ARTERIALES Y ELECTROLITOS SÉRICOS EN RESIDENTES SANOS UNA ALTITUD DE 3400 M S. N. M – 2021

La presente Investigación es para determinar los valores normales de gases arteriales en pobladores de la altura en el Hospital Domingo Olavegoya con pobladores en los diferentes grupos de edades de los 18 a mayores de 65 años. Con la finalidad de poder enriquecer más a la comunidad científica médica. **Objetivo General:** Determinar los Valores normales de gases arteriales y electrolitos séricos en residentes sanos una altitud de 3400 m s. n. m – 2021. Para lo cual se extraerá sangre arterial a través de un procedimiento invasivo conocido como AGA, con las medidas de bioseguridad indicadas en las normas y directivas actuales.

Tu participación en el estudio consistiría someterse a un procedimiento invasivo de toma de Gases arteriales

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que, si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, no habrá ningún problema, o si no quieres responder a alguna pregunta en particular, tampoco habrá problema.

Toda la información que nos proporciones/ las mediciones que realicemos nos ayudarán a poder aportar al conocimiento científico médico, por lo que se requiere tu permiso para el uso y análisis de los datos obtenidos del análisis de tu sangre arterial.

Esta información será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie tus respuestas (O RESULTADOS DE MEDICIONES), sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una (✓) en el cuadrado de abajo que dice "Sí quiero participar" y escribe tu nombre.

Si no quieres participar, no pongas ninguna (✓), ni escribas tu nombre.

Sí quiero participar

Nombre: _____

Fecha: _____ de _____ de ____.

FIRMA

DNI: