

Impacto de la altitud geográfica en el estado nutricional y antropométrico de gestantes en el Perú: evidencias para una política materna contextualizada

Impact of geographic altitude on the nutritional and anthropometric status of pregnant women in Peru: evidence for a contextualized maternal policy

Luis BAQUERIZO-SEDANO^{1,2,3}, José A. CHAQUILA^{3,4,5}, Carlos TORRES-SALINAS^{3,6}, Pedro GONZÁLEZ-MUNIESA^{2,7,8,9}

1. Universidad Privada del Norte, Lima, Peru.

2. University of Navarra, Fac Pharm & Nutr, Dept of Nutr Food Sci and Physiol, Pamplona, Spain.

3. Sociedad Peruana de Nutrición, Lima, Peru.

4. Instituto de Investigación Nutricional, Lima, Peru.

5. San Ignacio de Loyola University, Research Group on Public Nutrition and Nutritional Food Security, Lima, Peru.

6. Universidad Continental, EAP Medicina Humana, Perú.

7. University of Navarra, Center for Nutrition Research, Pamplona, Spain.

8. IDISNA – Navarra Institute for Health Research, Pamplona, Spain.

9. CIBER Physiopathology of Obesity and Nutrition (CIBERObn), Carlos III Health Institute (ISCIII), Madrid, Spain.

Recibido: 29/julio/2025. Aceptado: 5/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El índice de masa corporal pre gestacional (IMCPG) y la ganancia de peso gestacional (GPG) son variables claves en el crecimiento y desarrollo intrauterino adecuado. También, se conoce el impacto de la altitud, particularmente la hipoxia hipobárica sobre el funcionamiento del cuerpo, pero aún quedan interrogantes sobre su impacto durante la gestación.

Objetivo: Comparar el IMCPG y la GPG para cada mes entre niveles de altitud geográfica según lugar de residencia.

Métodos: Esta investigación descriptiva de corte transversal analizó los datos del Sistema de Información del Estado Nutricional de niños y gestantes del Perú, 2024, con una muestra final de 243587 gestantes. Se realizaron 4 clasificaciones de altitud (msnm): <1500; 1500 – 2499; 2500 – 3499; ≥ 3500. El análisis estadístico incluyó frecuencias absolutas y relativas y medidas de tendencia central. Para establecer dife-

rencias entre los grupos, se realizó un análisis de varianza con comparaciones múltiples post hoc y un ajuste de Bonferroni.

Resultados: El 55.8% tuvo un elevado IMCPG (>24.9 kg/m²), se incrementó el porcentaje de gestantes con peso normal y disminuyó el porcentaje gestantes con obesidad conforme aumentó la altitud. Existe una concordancia en la ganancia de peso y la edad gestacional y una relación inversa entre el IMCPG y la GPG. Para el noveno mes, en las categorías de sobrepeso y obesidad, el rango de menor altitud tuvo una significativa menor ganancia de peso en comparación a las otras altitudes.

Conclusión: La evaluación antropométrica nutricional presentó un mayor IMCPG y una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad pregestacional en población de baja altitud respecto a la población de elevada altitud. No se encontró una clara evidencia respecto a la GPG distinta entre los niveles de altitud considerando la categoría de IMCPG. Es fundamental una política materna de salud pública contextualizada durante todo el proceso.

PALABRAS CLAVE

Hipoxia, sobrepeso, obesidad, ganancia de peso gestacional, gestantes peruanas.

Correspondencia:

Pedro González-Muniesa
pgonmun@unav.es

ABSTRACT

Introduction: Pre-gestational body mass index (PGBMI) and gestational weight gain (GWG) are key variables in adequate intrauterine growth and development. The impact of altitude, particularly hypobaric hypoxia, on bodily functioning is well known, but questions remain about its impact during pregnancy.

Objective: To compare the IMCPG and the GPG for each month across different levels of geographical altitude according to place of residence.

Methods: This cross-sectional descriptive study analyzed the data from the Nutritional Status Information System for children and pregnant women in Peru, 2024, with a final sample of 243 587 pregnant women. Four altitude classifications (masl) were made: <1500; 1500–2499; 2500–3499; ≥ 3500. The statistical analysis included absolute and relative frequencies and measures of central tendency. To establish differences between the groups, an analysis of variance was performed with multiple post hoc comparisons and a Bonferroni adjustment.

Results: 55.8% had a high IMCPG (>24.9 kg/m²), the percentage of pregnant women with normal weight increased, and the percentage of pregnant women with obesity decreased as altitude increased. There is a correlation between weight gain and gestational age and an inverse relationship between IMCPG and GPG. By the ninth month, in the overweight and obese categories, the lower altitude range had significantly lower weight gain compared to the other altitudes.

Conclusion: Nutritional anthropometric assessment showed a higher IMCPG and a higher prevalence of pre-pregnancy overweight and obesity in the low-altitude population compared to the high-altitude population. No clear evidence was found regarding different GPG between altitude levels considering the IMCPG category. A contextualized maternal public health policy throughout the process is essential.

KEYWORDS

Hypoxia, overweight, obesity, gestational weight-gain, peruvian pregnant.

INTRODUCCIÓN

La nutrición adecuada es esencial para lograr un óptimo estado de salud, especialmente en la primera etapa de la vida, la gestación y la infancia. El estado nutricional depende del equilibrio entre la alimentación y los nutrientes que provea y las demandas propias del organismo, cuando se altera el balance, se desarrolla un estado de malnutrición, ya sea por exceso o por deficiencia¹. Este proceso homeostático es dinámico, adaptativo y altamente sensible a los factores ambientales. A nivel de salud pública, la Organización Mundial

de la Salud (OMS) tiene como visión lograr que todas las mujeres gestantes y recién nacidos de todo el mundo puedan recibir una adecuada atención y de calidad durante el periodo de embarazo, proceso del parto y el periodo posterior al nacimiento².

A lo largo del ciclo vital, los requerimientos nutricionales se modifican en función de los cambios fisiológicos y metabólicos propios de cada etapa. Durante el embarazo, una condición extrema fisiológica no patológica de gran demanda energética y nutricional, se desencadenan múltiples adaptaciones sistémicas que tienen como objetivo optimizar el soporte nutricional fetal y mantener la homeostasis materna, favoreciendo así el adecuado crecimiento y desarrollo intrauterino, así como la salud de la gestante^{3,4}.

Respecto a la evaluación de la gestante, a nivel antropométrico nutricional, el índice de masa corporal pre gestacional (IMCPG), es uno de los factores de fácil acceso en toda la población y a partir de ello se monitoriza la ganancia de peso en el embarazo. De igual manera, la ganancia de peso gestacional (GPG) está directamente relacionada a los resultados perinatales, debido a que una ganancia de peso óptima durante la etapa de gestación se encuentra asociada a un menor riesgo tanto para la salud de la madre como la del bebé, durante la gestación y en el momento del parto⁵. Actualmente, existen intervalos de recomendación de ganancia de peso según el IMC pre gestacional de la mujer. A pesar de ello, poco se llegó a explorar sobre en qué medida la altitud geográfica puede relacionarse con el índice de masa corporal pre gestacional e influir en este proceso⁶.

La altitud geográfica, expresada en metros sobre el nivel del mar (m) es un factor que afecta el metabolismo y las respuestas fisiológicas de los seres humanos⁷. En contextos de gran altitud, donde se experimenta hipoxia hipobárica crónica, la fisiología materna sufre una serie de adaptaciones cardiovasculares, hematológicas y metabólicas orientadas a optimizar el suministro de oxígeno al feto. Estas adaptaciones no solo son funcionales, sino también moleculares y bioquímicas. Por ejemplo, se ha descrito un aumento en la expresión de factores inducibles por hipoxia como el HIF-1 α (*Hypoxia-Inducible Factor 1-alpha*), que modula la angiogénesis placentaria, el metabolismo de la glucosa y la eritropoyesis, favoreciendo la compensación frente al déficit de oxígeno⁸.

Estas condiciones fisiológicas particulares en la altitud tienen implicancias antropométricas relevantes. Tal es así, que, en la década de los cincuenta del siglo pasado, un estudio demostró que los neonatos nacidos en Leadville, Colorado (3100 m) presentaban un peso al nacer significativamente menor, sin que se redujera la edad gestacional⁹. Este patrón se ha replicado en diversas poblaciones del altiplano sudamericano, donde los nacimientos con menor peso respecto a la edad gestacional pueden ser entendida también como una expresión adaptativa al

entorno¹⁰; salvo aquellos que tengan demostrado una alteración en la flujometría Doppler antenatal. Sin embargo, la evidencia sobre cómo estas variables afectan específicamente el estado nutricional materno y la ganancia ponderal durante el embarazo es escasa, especialmente en países con diversidad altitudinal como el Perú.

Considerando que el Perú posee regiones costeras, interandinas y de altiplano hasta por encima de los 5000 m, se vuelve imperativo estudiar el efecto de la altitud sobre los patrones nutricionales maternos. Esta información no solo es necesaria para optimizar la atención prenatal, sino también para adaptar las políticas públicas de salud materna a contextos geográficos específicos, donde los estándares antropométricos y de ganancia de peso podrían requerir ajustes diferenciados. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el estado nutricional y antropométrico de gestantes atendidas en establecimientos del Ministerio de Salud del Perú durante el año 2024 y de ese modo generar evidencia que contribuya al desarrollo de estrategias de intervención nutricional y sanitaria adaptadas a los distintos contextos altitudinales del país.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal mediante un análisis de datos secundarios de la información proporcionada por el Sistema de Información del Estado Nutricional (SIEN). EL SIEN recopila información sobre el estado nutricional de niños, adolescentes y gestantes que son atendidos en el primer nivel de atención de todos los establecimientos de salud del Perú (tres regiones geográficas: costa, sierra y selva; 24 departamentos más una provincia constitucional) que pertenecen al Ministerio de Salud (MINSa). Desde el 2003 el SIEN proporciona esta información, la cual es empleada para la toma de decisiones en políticas sanitarias en el País¹¹. La información proporcionada contiene mediciones antropométricas, características demográficas y resultados del dosaje de hemoglobina.

Población y muestra

Se empleó la información de las mujeres gestantes que fueron atendidas en los establecimientos de salud de todo el Perú entre enero-diciembre del año 2024. Dado que el SIEN recopila información de todos los atendidos en los establecimientos de atención pública del MINSa, no se realizó un cálculo de tamaño muestral, por ello se consideró como un muestro de tipo censal. No se consideraron atenciones en ESSALUD o en el sistema privado de salud. Como criterios de exclusión se consideraron gestantes menores de 18 años y mayores de 40 años para contar con homogeneidad fisiológica y menor riesgo de sesgos por extremos reproductivos, gestantes con información incompleta sobre las variables de interés (peso pregestacional, peso actual, talla y edad gestacional) y gestantes con valores atípicos en las variables con-

tinuas, las cuales fueron definidas en base a un criterio estadístico estableciendo rangos intercuartílicos, excluyendo a quienes se encontraban por debajo o por encima del límite inferior o superior (por los posibles errores de medición y digitación que se presentaron como datos extremos, ej. ganancia de peso de 50 kg). Se consideró este criterio debido a la falta de un consenso clínico para establecer valores atípicos en las variables de interés, excluyendo al 4% de la muestra (*outliers*). La muestra final estuvo conformada por 243587 gestantes.

Variables

Para determinar el estado nutricional de las gestantes, se calculó el índice de masa corporal (IMC, kg/m²) y se establecieron cuatro clasificaciones: Bajo peso: $\leq 18,5$, Peso normal: $> 18,5$ a $24,9$, Sobrepeso: ≥ 25 a $29,9$ y Obesidad: ≥ 30 , según los criterios de la Organización Mundial de la Salud. El PPG disponible en la base de datos se obtiene de la historia clínica de la gestante, y es registrado por el personal de salud durante la primera atención gestacional. Todos los procedimientos de registro de la atención y mediciones antropométricas siguen una normativa nacional acorde al MINSa. El nivel de altitud (m) fue establecido por el SIEN en base a la ubicación geográfica del establecimiento de salud en donde la gestante fue atendida. Se realizaron 4 clasificaciones de altitud: < 1500 ; $1500 - 2499$; $2500 - 3499$; $\geq 3,500$ metros sobre el nivel del mar.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATA V16 (StataCorp). Para los análisis descriptivos se emplearon medidas de frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas, y medidas de tendencia central como las medias con desviación estándar (d.e.) dada la distribución normal de los datos. Para establecer diferencias entre los grupos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con comparaciones múltiples post hoc añadiendo un ajuste de Bonferroni. Las diferencias estadísticas se muestran mediante letras mayúsculas: las comparaciones sin diferencias estadísticas significativas se muestran con letras mayúsculas idénticas.

Aspectos éticos

La información que proporciona SIEN no contiene identificadores de las gestantes atendidas ni información que permita conocer su ubicación. Además, las bases de datos se encuentran disponibles en la Plataforma Nacional de Datos Abiertos del Perú, y son de libre uso para la realización de investigaciones y se puede encontrar en el siguiente link: <https://datosabiertos.gob.pe/dataset/sien-sistema-de-informacion-del-estado-nutricional-de-ninos-y-gestantes-peru>. Por ello, no se requirió someter el presente artículo a un comité de ética para su ejecución.

RESULTADOS

Se evaluó a 243587 gestantes, con una edad media de 27.7 (d.e. 5.96). Adicionalmente, las mujeres que residieron a ≥ 3500 m fueron el 7.35%. Con respecto al IMCPG, más del 55% tuvo exceso de peso. Además, del total de gestantes, el 22% pertenecieron a Lima, mientras que el 0.47% pertenecieron a Tumbes, siendo las regiones con mayor y menor representación. (Tabla 1)

El grupo de menor altitud presentó un mayor IMCPG (26,51 kg/m² d.e. 4,77), frente a los de altitud intermedia y elevada, que registraron para entre 1500 y 2499 un IMCPG de 25,82 kg/m²(d.e. 4,13), entre 2500 y 3499 un IMCPG de 25.6 kg/m² (d.e. 3,98) y finalmente el de altitud mayor a 3500 m con un IMC de 25,51 kg/m² (d.e. 3,96). Entre los grupos de mayor altitud no se presentó una diferencia significativa. (Figura 1)

Cuando se presenta la distribución de la población por los 4 rangos de altitud y para cada categoría de IMC pregestacional (**Tabla 2**), la mayor cantidad de población reside a menos de 1500 m. Se destaca el incremento del porcentaje

Tabla 1. Características de la muestra. (N = 243587)

| | Media / N | d.e. / % |
|--------------------|-----------|----------|
| Edad | 27.7 | 5.96 |
| Altitud (m) | | |
| < 1500 | 152947 | 62.79 |
| 1500 – 2499 | 20130 | 8.26 |
| 2500 – 3499 | 52612 | 21.6 |
| ≥ 3500 | 17898 | 7.35 |
| IMCPG | | |
| Bajo peso | 3654 | 1.5 |
| Normal | 105453 | 43.28 |
| Sobrepeso | 89683 | 36.83 |
| Obesidad | 44797 | 18.38 |

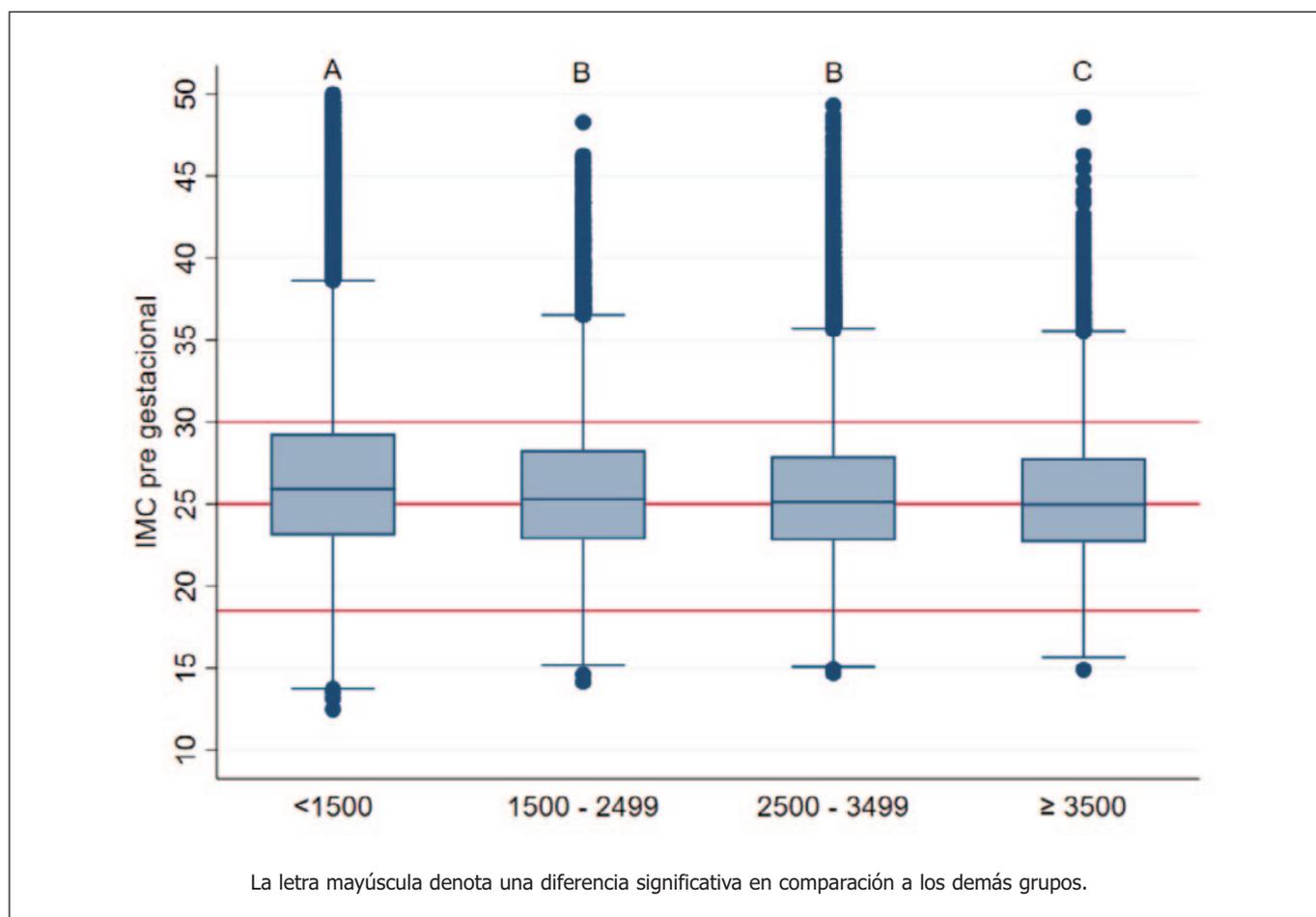


Figura 1. IMC pregestacional en las 4 categorías de altitud (m)

Tabla 2. Distribución de las categorías de IMC pregestacional por rango de altitud

| Altitud (m) | Delgadez | Peso normal N (%) | Sobrepeso | Obesidad |
|--------------------------|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| < 1500 n = 152947 | 2573 (1,68) A | 61470 (40,19) A | 56049 (36,65) A | 32855 (21,48) A |
| 1500 – 2499 n = 20130 | 228 (1,13) B | 9147 (45,44) B | 7597 (37,74) B | 3158 (15,69) B |
| 2500 – 3499 n = 52612 | 587 (1,12) B | 24766 (47,07) C | 20053 (38,11) C | 7206 (13,7) C |
| ≥ 3500 n = 17898 | 187 (1,04) C | 8714 (48,69) C | 6628 (37,03) B | 2369 (13,24) C |
| Total | 3575 (1,47) | 104097 (42,74) | 90327 (37,08) | 45588 (18,72) |

de gestantes con peso normal y la disminución del porcentaje gestantes con obesidad conforme aumenta la altitud. La mayoría de gestantes tuvo una IMC pregestacional normal (42,74%), sin embargo, cerca estuvo el IMCPG con sobrepeso (37,08%) que sumado al IMC de obesidad (18,72%) indica que más de la mitad (55,8%) de gestantes inició con un exceso de peso.

Para evaluar la ganancia de peso (**Tabla 3**) se consideró la categoría de IMC pregestacional y la edad gestacional en meses. En general se presenta una concordancia en la ganancia de peso y la edad gestacional y una relación inversa entre el IMCPG y la ganancia de peso. Para el primer mes no hay diferencias significativas entre las altitudes ni entre las categorías de IMCPG, al segundo mes la categoría de obesidad tuvo

Tabla 3. Ganancia de peso gestacional en cada mes según categorías de IMC pregestacional por rango de altitud

| Altitud (m) | | media (desviación estándar) | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | >=9 |
| < 1500 n = 152947 | Delgadez | 0,04 (0,1) | 0,64 (1,73) | 0,92 (2,26) | 2 (3,52) | 3,44 (3,45) | 5,55 (3,31) | 7,7 (4,05) | 9,59 (4,36) | 12,25 (4,56) |
| | Peso normal | 0,51 (0,14) | 0,45 (1,77) | 0,43 (2,5) | 0,82 (2,98) | 2,2 (3,39) | 4,16 (3,65) | 5,97 (4,01) | 7,46 (4,3) | 10,6 (4,79) |
| | Sobrepeso | 0,49 (1,06) | 0,41 (1,86) | 0,14 (2,54) | 0,28 (3,29) | 1,42 (3,67) | 3,1 (4,02) | 4,49 (4,26) | 6,12 (4,5) | 8,77 (5,15) |
| | Obesidad | 0,6 (1,24) | 0,35 (1,8) | -0,08 (2,59) | -0,26 (3,53) | 0,31 (3,82) | 1,49 (4,36) | 2,73 (4,75) | 4,12 (5,2) | 6,35 (4,64) |
| 1500 - 2499 n = 20130 | Delgadez | - | 0,28 (0,6) | 1,12 (2,02) | 1,28 (3,13) | 2,21 (1,93) | 6,34 (4,86) | 8,32 (4,89) | 11,76 (6,85) | 12,21 (4,57) |
| | Peso normal | 0,26 (1,33) | 0,26 (1,61) | 0,49 (2,28) | 0,7 (2,61) | 2,11 (2,72) | 4,18 (3,28) | 5,83 (3,5) | 7,44 (3,82) | 10,6 (4,29) |
| | Sobrepeso | 0,01 (0,79) | 0,32 (1,68) | 0,22 (2,4) | 0,14 (2,95) | 1,42 (3,33) | 3,07 (3,25) | 4,89 (3,57) | 6,15 (4,37) | 9,07 (4,57) |
| | Obesidad | 0,98 (1,04) | -0,01 (1,37) | -0,15 (2,04) | -0,3 (2,73) | 0,68 (3,63) | 1,66 (4,22) | 3,32 (3,97) | 3,88 (4,37) | 7,26 (5,03) |
| 2500 - 3499 n = 52612 | Delgadez | - | 0,14 (0,62) | 1,03 (2,03) | 1,86 (2,77) | 4,13 (2,98) | 6,37 (3,91) | 6,84 (2,53) | 10,05 (2,69) | 12,07 (4,24) |
| | Peso normal | 0,38 (1,05) | 0,4 (1,24) | 0,52 (1,93) | 1,17 (2,45) | 2,5 (2,78) | 4,51 (2,92) | 6,16 (3,27) | 7,85 (3,63) | 10,73 (4,11) |
| | Sobrepeso | 0,25 (0,55) | 0,37 (1,24) | 0,27 (1,95) | 0,48 (2,59) | 1,52 (2,81) | 3,16 (3,01) | 4,8 (3,28) | 6,18 (3,89) | 9,11 (4,37) |
| | Obesidad | 0,05 (0,72) | 0,22 (1,16) | 0,05 (1,96) | -0,22 (2,65) | 0,63 (2,86) | 2,02 (3,34) | 3,57 (4,07) | 4,72 (4,42) | 7,24 (4,76) |
| > 3500 n = 17898 | Delgadez | - | -0,31 (0,82) | 0,31 (1,2) | 1,21 (1,55) | 5,46 (3,82) | 2,85 (4,17) | 7,43 (2,61) | 9,93 (5,24) | 12,17 (4,52) |
| | Peso normal | 0,33 (0,6) | 0,55 (1,32) | 0,75 (1,99) | 1,28 (2,25) | 2,6 (2,4) | 4,45 (2,97) | 6 (3,05) | 7,91 (3,5) | 10,68 (3,95) |
| | Sobrepeso | 0,09 (0,47) | 0,29 (1,07) | 0,59 (1,7) | 0,64 (2,21) | 1,75 (2,75) | 3,62 (2,93) | 4,89 (3,33) | 6,7 (3,58) | 9,2 (4,39) |
| | Obesidad | 0,16 (0,28) | 0,38 (1,05) | 0,37 (1,88) | 0,54 (1,88) | 1,05 (2,63) | 2,4 (3,65) | 3,15 (4,14) | 5,25 (3,89) | 7,4 (4,67) |

una menor ganancia de peso. Para el final de la gestación, en las categorías de sobrepeso y obesidad, el rango de menor altitud tuvo una significativa menor ganancia de peso en comparación a las otras altitudes.

DISCUSIÓN

La gestación es una condición no patológica temporal en la que se generan las adaptaciones necesarias para el crecimiento y desarrollo del feto, para el trabajo de parto y la lactancia. Es una política de salud pública identificar y atender a la gestante durante todo el proceso, con las evaluaciones, tratamientos y orientaciones pertinentes; en ese sentido, el peso pregestacional y la ganancia de peso gestacional son dos variables importantes en el seguimiento de la gestante. Nuestros resultados evidencian diferencias significativas en el estado nutricional y antropométrico de las gestantes según la altitud geográfica, lo cual refuerza la necesidad de contextualizar las intervenciones maternas en el Perú.

Nuestros hallazgos muestran que el IMCPG fue mayor a baja altitud, con una significativa mayor prevalencia de delgadez, sobrepeso y obesidad, aunque en todas las categorías de altitud se presentó una preocupante alta prevalencia de exceso de peso. El exceso de peso pregestacional implica un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad para la gestante y el feto; tal es así que, a nivel materno se incrementa el riesgo de preeclampsia, hipertensión gestacional, diabetes gestacional, parto pretérmino, parto por cesárea y neonato pequeño para la edad gestacional¹². Para el feto, se ha relacionado la obesidad pregestacional con un mayor riesgo de obesidad infantil¹³.

En ese sentido se ha planteado también cambios epigenéticos que demuestran que la exposición a un entorno metabólicamente desequilibrado en la vida temprana muestra una mayor susceptibilidad para enfermedades inflamatorias crónicas y síndrome metabólico en dichos productos; tal es así que, se considera que la obesidad pregestacional puede desencadenar un estado inflamatorio en la placenta, conllevando a una reprogramación de las células mieloides y de la sangre del cordón umbilical fetal y de ese modo, la reprogramación epigenética podría desempeñar un papel en la mediación del desarrollo de enfermedades metabólicas en la descendencia¹⁴.

Ahora bien, situándonos en poblaciones residentes en zonas de altitud elevada, se ha observado que la hipoxia crónica condiciona una adaptación placentaria evidente, caracterizada por un aumento en la vascularización de las vellosidades y un afinamiento de las membranas placentarias para optimizar el intercambio de oxígeno y nutrientes. Estos cambios estructurales en teoría permiten compensar parcialmente el desarrollo ponderal fetal debidas a la menor presión de oxígeno atmosférico; Sin embargo, se ha observado una mayor tasa de nacimientos con bajo peso al nacer y restricción del crecimiento intrauterino a más de 2 500 m., esto podría deberse a

que por ejemplo la fuente de nutrientes y oxígeno fetal que es la arteria uterina presenta un flujo sanguíneo volumétrico es 1/3 menor a 3100 msnm en comparación con 1600 msnm, la misma que se justifica por los niveles plasmáticos maternos elevados de endotelina con subsecuente disminución de niveles de óxido nítrico promoviendo así un fenotipo constrictor materno, que reduce el diámetro de la arteria uterina¹⁵⁻¹⁷.

Del mismo modo, existe evidencia que respalda que las mujeres gestantes expuestas a elevada altitud presentan una mayor sensibilidad periférica a la insulina y menores niveles de glicemia en ayunas, lo que sugiere un metabolismo materno ajustado y así limita la disponibilidad de glucosa para el feto¹⁸. De tal manera, que ello contribuye a la caída del IMCPG en altitudes superiores a 3 500 msnm, pero reduce la ganancia de peso fetal, reflejada en un menor peso al nacer¹⁹. Por último, los niveles séricos de leptina en mujeres nativas residentes a mayor altitud frente a las de baja altitud han sido bajas, por cuanto se puede entender que la gran altitud de por sí puede ser un factor protector frente al sobrepeso u obesidad; pero a su vez, es probable que haya otros factores que expliquen que ello no se cumpla como tal in vivo.

En cualquier extremo, estas particularidades de estas poblaciones, ameritan identificar y realizar un seguimiento exhaustivo a nivel médico y nutricional a las gestantes con obesidad pregestacional, controlando la ganancia de peso o incluso perdiendo peso en alguna etapa de la gestación, ya que se entiende que dichas condiciones de obesidad o sobrepeso no son normales y lo que se busca es una reducción en la manifestación de las comorbilidades²⁰.

En tal sentido y de forma alarmante, se ha reportado un preocupante incremento de la obesidad pregestacional²¹⁻²³. Al considerar el peso materno al final de la gestación, se evidenció que las mujeres con sobrepeso u obesidad que residían en zonas de menor altitud presentaron una ganancia ponderal gestacional significativamente menor en comparación con aquellas ubicadas en altitudes medias y altas. Biológicamente se entiende que la menor disponibilidad de oxígeno por la menor presión atmosférica condiciona el incremento de la masa de la gestante, eso también coincide con el IMC promedio menor en altitud. Uno de los mecanismos involucrados en la menor ganancia de peso incluye un menor aporte y consumo de glucosa fetal debido a una mayor sensibilidad periférica a la insulina^{24,25}.

En Sudamérica, se estudiaron poblaciones en La Paz a 3600 msnm y Bogotá a 2600 msnm, registrando una asociación negativa entre la altitud y el peso al nacer, considerando a la altitud como la variable predominante sobre otros factores de riesgo, con una disminución aproximada de 200 gramos frente a la baja altitud²⁶. En una revisión sistemática y metaanálisis con más de un millón de gestantes se ha presentado que la ganancia de peso gestacional varía entre poblaciones a partir de su distribución geográfica y su etnia²⁷.

Así también, se ha descrito que el componente relacionado a adaptaciones genéticas de poblaciones andinas, hace que ellos presenten menores efectos adversos del estrés hipóxico gracias a modificaciones en genes como EPAS1 y mejor perfusión uteroplacentaria. Estas adaptaciones reflejan la coexistencia de dos fenómenos: pérdida general de peso fetal por hipoxia y atenuación de esta pérdida en mujeres nativas por ventajas genético ambientales²⁸.

En Perú, un análisis reciente con más de 100000 niños, utilizando una encuesta demográfica nacional representativa también presenta la relación inversa entre altitud y peso al nacer, estando relacionado a la menor ganancia de peso gestacional²⁴. Al tener en cuenta la evidencia de un menor peso del recién nacido en altitud en la población peruana, la integración con nuestros resultados indicaría que puede haber una menor transferencia de nutrientes, o una ganancia de peso similar entre altitudes, pero con una distribución diferente de la ganancia de peso, quizás a nivel placentario o en la acumulación de tejido graso, pero no del feto. La adaptación placentaria a la hipoxia²⁹.

Se sustenta la necesidad de una política de salud pública que permita identificar y atender a la gestante durante todo el proceso, con las evaluaciones, tratamientos y orientaciones pertinentes adecuadas a la situación de cada localidad; en ese sentido, el peso pregestacional y la ganancia de peso gestacional son dos variables importantes en el seguimiento de la gestante.

Limitaciones y fortalezas

La principal limitación es que no se tiene el registro de otras variables intervinientes en la ganancia de peso como la alimentación, el número de atenciones obstétricas o la suplementación nutricional, además del diseño transversal que no permite analizar la velocidad de la ganancia de peso ni el peso final al momento del parto.

La principal fortaleza es el tamaño de la muestra, que recogió la información de toda la población atendida durante el 2024. Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión quedaron más de 6000 gestantes para el Callao y más de 8000 gestantes para Puno. Esta cantidad garantiza una solidez en los análisis.

CONCLUSIONES

La evaluación antropométrica nutricional en gestantes que viven en bajas altitudes presentó un mayor IMC pregestacional y una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad pregestacional en comparación a las que residen en elevadas altitudes. No se encontró una clara evidencia respecto a la ganancia de peso distinta entre los niveles de altitud considerando la categoría de IMC pregestacional.

Es pertinente la investigación de la gestación en altura para atender mejor a las mujeres en edad fértil y gestantes residentes a elevada altitud.

FINANCIAMIENTO

P.G-M recibió financiación del CIBERobn CB12/03/30002 (Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición), España. Los demás autores no recibieron apoyo de ninguna organización para el trabajo presentado.

REFERENCIAS

1. FAO. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. 2020: seguridad alimentaria y nutricional para los territorios más rezagados. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2020.
2. WHO. WHO Recommendations on Maternal and Newborn Care for a Positive Postnatal Experience. 1st ed. Geneva: World Health Organization; 2022.
3. Butte NF, Wong WW, Treuth MS, et al. Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2004; 79:1078–87. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1078>.
4. Ouzounian JG, Elkayam U. Physiologic Changes During Normal Pregnancy and Delivery. *Cardiology Clinics* 2012;30:317–29. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2012.05.004>.
5. Faus García M, Vila-candel R, Martín-Moreno JM. Standard international recommendations for gestational weight gain: suitability for our population. *Nutr Hosp* 2020. <https://doi.org/10.20960/nh.03340>.
6. MINSa. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la gestante. Lima: Ministerio de Salud; 2019.
7. Moore LG. Human Genetic Adaptation to High Altitude. *High Altitude Medicine & Biology* 2001;2:257–79. <https://doi.org/10.1089/152702901750265341>.
8. Mallet RT, Burtcher J, Pialoux V, et al. Molecular Mechanisms of High-Altitude Acclimatization. *IJMS* 2023;24:1698. <https://doi.org/10.3390/ijms24021698>.
9. Lichty JA. Studies of Babies Born at High Altitude: I. Relation of Altitude to Birth Weight. *AMA Am J Dis Child* 1957;93:666. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1957.02060040668009>.
10. Moore LG. HYPOXIA AND REPRODUCTIVE HEALTH: Reproductive challenges at high altitude: fertility, pregnancy and neonatal well-being. *Reproduction* 2021;161:F81–90. <https://doi.org/10.1530/rep-20-0349>.
11. SIEN. SIEN - Sistema de información del Estado Nutricional de niños y gestantes Perú - INS/CENAN (Instituto Nacional de Salud - Centro Nacional de Alimentación y Nutrición). Plataforma Nacional de Datos Abiertos 2024. <https://www.datosabiertos.gob.pe/data-set/sien-sistema-de-informaci%C3%B3n-del-estado-nutricional-de-ni%C3%B1os-y-gestantes-per%C3%BA-inscenan> (accessed February 27, 2024).
12. LifeCycle Project-Maternal Obesity and Childhood Outcomes Study Group, Voerman E, Santos S, et al. Association of Gestational Weight Gain With Adverse Maternal and Infant Outcomes. *JAMA* 2019;321:1702. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.3820>.

13. Hernández-Barrera L, Trejo-Valdivia B, Téllez-Rojo MM, et al. Pre-Gestational Obesity and Gestational Weight Gain as Predictors of Childhood Obesity. *Archives of Medical Research* 2024;55:103006. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2024.103006>.
14. Kweon JY, Mun H, Choi MR, et al. Maternal obesity induced metabolic disorders in offspring and myeloid reprogramming by epigenetic regulation. *Front Endocrinol* 2024;14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1256075>.
15. Brown ER, Giussani DA. Cause of fetal growth restriction during high-altitude pregnancy. *iScience* 2024;27:109702. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109702>.
16. Zamudio S. The Placenta at High Altitude. *High Altitude Medicine & Biology* 2003;4:171–91. <https://doi.org/10.1089/152702903322022785>.
17. Nuzzo AM, Camm EJ, Sferruzzi-Perri AN, et al. Placental Adaptation to Early-Onset Hypoxic Pregnancy and Mitochondria-Targeted Antioxidant Therapy in a Rodent Model. *The American Journal of Pathology* 2018;188:2704–16. <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2018.07.027>.
18. Arenas GA, Lorca RA. Effects of hypoxia on uteroplacental and fetoplacental vascular function during pregnancy. *Front Physiol* 2024;15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1490154>.
19. Krampfl E, Kametas NA, Zegarra AMC, et al. Maternal plasma glucose at high altitude. *BJOG* 2001;108:254–7. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2001.00072.x>.
20. Grandfils S, Durand P, Hoge A, et al. Gestational weight gain: Toward best practices in managing gestational weight gain in patients with obesity: Comparison of recommendations. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 2024;298:197–203. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.05.009>.
21. Hinkle SN, Sharma AJ, Kim SY, et al. Prepregnancy Obesity Trends Among Low-Income Women, United States, 1999–2008. *Matern Child Health J* 2012;16:1339–48. <https://doi.org/10.1007/s10995-011-0898-2>.
22. Loaiza Miranda S, Marrodán Serrano MD, González Montero De Espinosa M. Peso al nacer y estado nutricional de gestantes controladas en la Atención Primaria de Salud, Punta Arenas, Chile. *Nutr Clín Diet Hosp* 2024;44. <https://doi.org/10.12873/441loaiza>.
23. Acosta Mogrovejo KE, Gomez Rutti YY, Palomino Quispe LP, et al. Estado nutricional y prácticas alimentarias en gestantes a término en Lima, Perú. *Nutr Clín Diet Hosp* 2023;43. <https://doi.org/10.12873/434acosta>.
24. Hernández-Vásquez A, Bartra Reátegui A, Vargas-Fernández R. Altitude and Its Association with Low Birth Weight among Children of 151,873 Peruvian Women: A Pooled Analysis of a Nationally Representative Survey. *IJERPH* 2023;20:1411. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021411>.
25. Julian CG, Wilson MJ, Moore LG. Evolutionary adaptation to high altitude: A view from in utero. *American J Hum Biol* 2009;21:614–22. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20900>.
26. López Camelo JS, Campaña H, Santos R, et al. Effect of the interaction between high altitude and socioeconomic factors on birth weight in a large sample from South America. *American J Phys Anthropol* 2006;129:305–10. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20274>.
27. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, et al. Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women. *BMC Med* 2018;16. <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1128-1>.
28. Gonzalez-Candia A, Herrera EA. High Altitude Pregnancies and Vascular Dysfunction: Observations From Latin American Studies. *Front Physiol* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.786038>.
29. Ahrens S, Singer D. Placental Adaptation to Hypoxia: The Case of High-Altitude Pregnancies. *IJERPH* 2025;22:214. <https://doi.org/10.3390/ijerph22020214>.