

Efecto de fórmulas nutricionales sobre la reserva proteica tisular, niveles séricos de proteínas totales, albúmina y peso corporal en un modelo experimental de restricción alimentaria

Effect of nutritional formulas on tissue protein reserve, serum levels of total protein, albumin, and body weight in an experimental model of food restriction

Gisela Elizabeth GÓMEZ AVELLANEDA¹, Heli Jaime BARRÓN PASTOR², Jose Manuel DORA MOSCOSO³

¹ Doctora en Ciencias de la Salud. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

² Ph.D. en Ecología, Evolución y Genética. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

³ Doctor en Educación. Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú.

Recibido: 30/marzo/2026. Aceptado: 15/junio/2026.

RESUMEN

Introducción: La desnutrición por restricción alimentaria severa agota las reservas proteicas viscerales y musculares, comprometiendo la síntesis de proteínas séricas. Ante este escenario clínico, la recuperación efectiva del estado nutricional depende de la prescripción de fórmulas específicas que aseguren la cobertura de los requerimientos energéticos y proteicos.

Objetivo: Determinar el efecto de fórmulas nutricionales sobre la reserva proteica tisular, los niveles séricos de proteínas totales, la albúmina y el peso corporal en un modelo experimental de restricción alimentaria.

Materiales y Métodos: Estudio experimental *in vivo* (modelo animal) en ratas Wistar distribuidas en cuatro grupos (n=7): un grupo control (dieta estándar D) y tres experimentales (A, B y C). El diseño temporal comprendió una fase inicial de adaptación, seguida de un periodo de intervención de seis semanas; durante este último, los animales experimentales recibieron las fórmulas especializadas mediante un régimen de restricción alimentaria controlada al 50% del requerimiento energético. Finalmente, se determinaron las variaciones ponderales, los niveles séricos de proteínas totales, la albúmina sé-

rica y la concentración de reserva proteica en tejido hepático y muscular ($p < 0.05$).

Resultados: Al finalizar la fase de restricción alimentaria, se evidenció una disminución significativa de la masa corporal y de los niveles de proteínas totales en todas las unidades experimentales ($p < 0.05$). Tras el periodo de intervención, la Fórmula C optimizó específicamente los niveles de albúmina sérica. No obstante, la Fórmula A demostró una mayor eficacia biológica, mostrando una tendencia superior de las proteínas totales séricas y la máxima concentración de proteína en tejido hepático y muscular en comparación con los otros grupos. A diferencia del grupo control y las fórmulas B y C, la Fórmula A logró la restitución de los depósitos nitrogenados tisulares, alcanzando valores comparables a los niveles iniciales previos a la restricción.

Conclusión: Las intervenciones nutricionales exhibieron efectos diferenciales en los indicadores evaluados. La Fórmula C optimizó específicamente la albúmina sérica. No obstante, la Fórmula A demostró la mayor eficacia integral, al maximizar la concentración proteica en el tejido hepático e incrementar significativamente las proteínas totales en suero. Asimismo, respecto a la respuesta ponderal, dicha fórmula se posicionó como la estrategia especializada más efectiva, situándose inmediatamente después del grupo control en la ganancia de peso corporal bajo condiciones de restricción alimentaria.

PALABRAS CLAVE

Desnutrición proteico-energética, Soporte nutricional enteral, Repleción nutricional, Modelo animal, Ratas Wistar.

Correspondencia:
Gisela Elizabeth Gómez Avellaneda
ggomez@unmsm.edu.pe

ABSTRACT

Introduction: Severe dietary restriction depletes visceral and muscle protein reserves, compromising serum protein synthesis. In this clinical scenario, effective recovery of nutritional status depends on the prescription of specific formulas that ensure the coverage of energy and protein requirements.

Objective: To determine the effect of nutritional formulas on tissue protein reserves, serum levels of total protein, albumin, and body weight in an experimental model of dietary restriction.

Materials and Methods: An in vivo experimental study (animal model) was conducted in Wistar rats distributed into four groups (n=7): a control group (standard diet D) and three experimental groups (A, B, and C). The study design comprised an initial adaptation phase, followed by a six-week intervention period. During this period, the experimental animals received the specialized formulas under a controlled dietary restriction regimen of 50% of their energy requirement. Finally, weight changes, serum levels of total protein, serum albumin, and protein reserve concentration in liver and muscle tissue were determined ($p < 0.05$).

Results: At the end of the dietary restriction phase, a significant decrease in body mass and total protein levels was observed in all experimental units ($p < 0.05$). After the intervention period, Formula C specifically optimized serum albumin levels. However, Formula A demonstrated greater biological efficacy, showing a higher trend in total serum protein and the maximum protein concentration in liver and muscle tissue compared to the other groups. Unlike the control group and Formulas B and C, Formula A achieved the restoration of tissue nitrogen stores, reaching values comparable to baseline levels prior to restriction.

Conclusion: The nutritional interventions exhibited differential effects on the evaluated indicators. Formula C specifically optimized serum albumin. However, Formula A demonstrated the greatest overall efficacy, maximizing protein concentration in liver tissue and significantly increasing total serum protein. Furthermore, regarding weight gain, this formula proved to be the most effective specialized strategy, ranking second only to the control group in body weight gain under dietary restriction.

KEYWORDS

Protein-energy malnutrition, Enteral nutritional support, Nutritional repletion, Animal model, Wistar rats.

INTRODUCCIÓN

La desnutrición proteico-energética es un problema de salud pública global que incrementa la morbilidad y prolonga la estancia hospitalaria¹. En el ámbito clínico, la restricción alimentaria severa ya sea por patologías subyacentes o

por ayuno prolongado desencadena un estado de catabolismo que agota las reservas proteicas². Este fenómeno compromete la síntesis de proteínas séricas, como la albúmina, afectando la respuesta inmunológica del paciente³.

La recuperación del estado nutricional no solo depende del aporte calórico, sino de la biodisponibilidad de la proteína administrada^{4,5}. Aunque existen diversas fórmulas de soporte, persiste la necesidad de evaluar mezclas que optimicen la repleción proteica^{6,7}. En este contexto, el uso de modelos experimentales permite controlar variables críticas para observar la cinética de recuperación de los compartimentos proteicos.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de fórmulas nutricionales especializadas sobre los niveles de albúmina sérica y la restitución de las reservas proteicas tisulares, utilizando un modelo experimental de restricción alimentaria^{8,9}.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un estudio de tipo experimental, prospectivo y longitudinal, con medidas evolutivas registradas en su ejecución. La muestra estuvo constituida por 28 ratas macho de la cepa Wistar (40 días de edad), con peso inicial controlado, distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos (n=7 animales por grupo). El tamaño de la muestra se calculó mediante la herramienta estadística GRANMO para comparaciones múltiples (ANOVA), fijando un contraste bilateral, un riesgo alfa de 0.05, un riesgo beta de 0.20 (potencia estadística del 80%), una desviación estándar común de 0.5 y estimando un 10% de pérdida de seguimiento.

Tras una etapa de adaptación de dos semanas en la que los animales recibieron el 100% de su requerimiento energético mediante una dieta estándar para animales de laboratorio, se inició la fase de restricción alimentaria durante 6 semanas, en la cual la cantidad de alimentos se redujo al 50% de las calorías diarias y además se les administró tres tipos de fórmulas nutricionales denominadas para el estudio A, B y C, fórmulas enterales que son actualmente usadas en la práctica en los centros hospitalarios.

Las fórmulas nutricionales presentan diferente densidad calórica, por lo que se realizó la conversión y se administró las mismas calorías a cada grupo. Se elaboraron cuatro tipos de dietas:

- **Dieta A:** 25% fórmula enteral A + 25% dieta estándar.
- **Dieta B:** 25% fórmula enteral B + 25% dieta estándar.
- **Dieta C:** 25% fórmula enteral C + 25% estándar.
- **Dieta D:** 50% dieta estándar.

Para mitigar sesgos experimentales, se mantuvieron condiciones ambientales estandarizadas y se siguieron los principios éticos internacionales para la investigación biomédica¹⁰. Las evaluaciones que incluyeron el seguimiento evolutivo de las va-

riaciones ponderales, niveles séricos de proteínas totales, albúmina y reservas proteicas en tejido hepático y muscular se realizaron bajo modalidad a ciegas, mediante codificación numérica de muestras en cada momento, garantizando la consistencia de los datos hasta el análisis estadístico final ($p < 0.05$).

Variables y análisis de laboratorio

Se evaluaron parámetros antropométricos y bioquímicos antes, durante y post tratamiento. Asimismo, se cuantificó la concentración de proteínas mediante el método de Bradford en distintos tejidos diana para evaluar la recuperación de los depósitos estructurales: hígado (reserva visceral) y músculo esquelético (reserva somática)¹¹.

Aspectos éticos

El protocolo experimental fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) bajo el código de autorización CEBA N° 2023-05. El manejo de los especímenes se realizó en estricto cumplimiento de la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio¹². Se aplicaron los principios de las "3R" (Reemplazo, Reducción y Refinamiento), asegurando condiciones de bienestar animal y una eutanasia humanizada mediante sobredosis anestésica al finalizar el periodo de intervención, siguiendo estándares internacionales de bioética⁹.

Análisis estadísticos

El procesamiento de los datos experimentales se realizó mediante el software estadístico SPSS (v. 25.0). Se determinaron las medias y desviaciones estándar para la descripción de las variables. La distribución de la muestra se analizó mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) mediante la prueba de Levene, confirmando el cumplimiento de los supuestos para la aplicación de pruebas paramétricas ($p > 0.05$). Para la comparación de los efectos entre el grupo control y las fórmulas de intervención (A, B y C), **distribuidas en grupos de n=7 ejemplares**, se empleó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor. La identificación de diferencias significativas entre los pares de grupos se ejecutó a través de la prueba post-hoc de Tukey, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Evaluación del peso corporal y ganancia ponderal

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el peso corporal entre los grupos experimentales ($p > 0.05$). Tras el periodo de intervención, el grupo Dieta A alcanzó el mayor peso final ($399,12 \pm 9,47$ g), valor que superó al Grupo Control ($394,41 \pm 6,72$ g) y a la Dieta C ($370,64 \pm 8,33$ g). En cuanto a la ganancia de peso neta, la Dieta A registró un incremento de $154,13 \pm 9,99$ g, siendo

Tabla 1. Especificaciones de las fórmulas enterales y alimento balanceado administrados a los animales

	Fórmula Nutricional "A"	Fórmula B Nutricional "A"	Fórmula C Nutricional "A"	Grupo Control
Características	Fórmula polimérica para nutrición enteral Presentación: en polvo para reconstituir.	Fórmula polimérica para nutrición enteral Presentación: en polvo para reconstituir.	Fórmula polimérica para nutrición enteral Presentación: en líquida o bebible, listo para el consumo.	Alimento balanceado para ratas de laboratorio. Presentación: Masa comprimida.
Composición nutricional (100ml)	101 kcal 14 g proteína	100 kcal 3.72 g proteína	150 kcal 9.1 g proteína	
Ingredientes	Proteína de suero lácteo, L glutamina y aminoácidos esenciales de cadena ramificada, carbohidratos de bajo índice glucémico, vitaminas y minerales antioxidantes. Endulzado consucralosa.	Almidón hidrolizado de maíz. Aceites vegetales, caseinato de calcio. Minerales, proteína aislada de soja, fructooligosacáridos (FOS), inulina, proteína aislada de leche, saborizante artificial. Vitaminas endulzado con sacarosa.	Agua, Almidón hidrolizado de maíz, aceites vegetales. Proteína de leche, aislado de proteína de soja, concentrado de proteína de suero, LCarnitina. Minerales, fructooligosacáridos, Beta-Hidroxi Beta-Metilbutirato de calcio (Cahmb), vitaminas. Endulzado con sacaro.	Proteína de soja, harina de maíz, trigo, harina integral de soja, aceite vegetal, carbonato de calcio, fostatodicalcio, cloruro de colina y sodio, aminoácidos simples sintéticos, vitaminas, minerales y antioxidantes.

Fuente: Información extraída de las etiquetas de los productos y cartillas de información nutricional.

esta recuperación significativamente superior a la observada en el grupo de Dieta C ($122,77 \pm 8,24$); $p < 0,01$.

Parámetros bioquímicos y albúmina sérica

Al finalizar la intervención, los niveles séricos de albúmina y proteínas totales mostraron variaciones según la fórmula nutricional empleada. La concentración de albúmina sérica fue mayor en el grupo de la Dieta C ($3,6 \pm 0,16$ g/dL), seguido por el Grupo Control ($3,4 \pm 0,20$ g/dL) y la Dieta B ($3,2 \pm 0,18$ g/dL). Por su parte, la Dieta A registró el valor de albúmina más bajo ($3,0 \pm 0,57$ g/dL). En contraste, para las proteínas totales séricas, la Dieta A evidenció una mayor recuperación ($5,6 \pm 0,44$ g/dL) en comparación con la Dieta B ($5,4 \pm 0,28$ g/dL) y la Dieta C ($5,5 \pm 0,30$ g/dL), aproximándose al valor del Grupo Control ($5,8 \pm 0,69$ g/dL).

Concentración proteica en órganos

Se observó que el grupo sometido a la Dieta A mostró las concentraciones proteicas más elevadas en todos los tejidos analizados en comparación con los demás grupos experimentales y el grupo control.

En el tejido muscular, los ejemplares alimentados con la Dieta A presentaron una concentración de 72.93 ± 4.80 , lo que sugiere una mayor eficacia en la preservación de la masa magra durante el modelo de restricción alimentaria. De manera similar en el tejido hepático, la Dieta A alcanzó un valor de 95.47 ± 5.25 , evidenciando una recuperación superior de la reserva proteica visceral frente al grupo control (86.44 ± 3.76).

Estos hallazgos indican que la formulación de la Dieta A posee un efecto protector superior sobre la síntesis de proteínas estructurales y de reserva en órganos críticos.

Tabla 2. Efecto de las fórmulas nutricionales sobre la ganancia de masa en el modelo experimental

Peso corporal	Valores obtenidos al finalizar la intervención			
	Dieta A $\bar{x} \pm DE$	Dieta B $\bar{x} \pm DE$	Dieta C $\bar{x} \pm DE$	Control $\bar{x} \pm DE$
Inicial (g)	$244,99 \pm 2,90$	$240,36 \pm 1,67$	$247,86 \pm 1,56$	$236,87 \pm 1,53$
Final (g)	$399,12 \pm 9,47$	$376,17 \pm 8,44$	$370,64 \pm 8,33$	$394,41 \pm 6,72$
Ganancia (g)	$154,13^a \pm 9,99$	$135,82 \pm 8,41$	$122,77 \pm 8,24$	$157,53 \pm 6,94$

Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar. El superíndice (^a) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto al grupo control, según la prueba post-hoc de Tukey.

Tabla 3. Niveles séricos de albúmina y proteínas totales a nivel sérico

Indicador	Valores obtenidos al finalizar la intervención			
	Dieta A $\bar{x} \pm DE$	Dieta B $\bar{x} \pm DE$	Dieta C $\bar{x} \pm DE$	Grupo control $\bar{x} \pm DE$
Albúmina sérica (g/dL)	3.0 ± 0.57	3.2 ± 0.18	$3.6^a \pm 0.16$	3.4 ± 0.20
Proteínas totales (g/dL)	$5.6^a \pm 0.44$	5.4 ± 0.28	5.5 ± 0.30	± 0.69

Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar. El superíndice (^a) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto al grupo control, según la prueba post-hoc de Tukey.

Tabla 4. Concentración de proteínas en tejidos muscular y hepático

Indicador	Valores obtenidos al finalizar la intervención			
	Dieta A $\bar{x} \pm DE$	Dieta B $\bar{x} \pm DE$	Dieta C $\bar{x} \pm DE$	Control $\bar{x} \pm DE$
Tejido muscular (ng/UL)	$72.93^a \pm 4.8$	67.42 ± 4.28	66.47 ± 5.10	64.21 ± 5.00
Tejido hepático (ng/UL)	$95.47^a \pm 5.25$	94.45 ± 5.98	91.51 ± 6.66	86.44 ± 3.76

Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar. El superíndice (^a) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto al grupo control, según la prueba post-hoc de Tukey.

DISCUSIÓN

Los hallazgos del presente estudio demuestran que la intervención con fórmulas nutricionales especializadas revierte significativamente la depleción proteica inducida por restricción alimentaria. El hallazgo más relevante fue la superioridad de la Fórmula A, que no solo logró el mayor incremento de proteínas totales séricas, sino que optimizó la reposición de los depósitos nitrogenados en órganos críticos.

El incremento observado en el tejido hepático con la Fórmula A (95.47 ± 5.25 ng/UL) frente al grupo control (86.44 ± 3.76 ng/UL) es un indicador clave de la recuperación de la reserva visceral. Este fenómeno se alinea con lo reportado por García-Luna¹³ y colaborador, quienes postulan que la síntesis de proteínas de transporte y fase aguda depende de un aporte crítico de aminoácidos de alta biodisponibilidad para restaurar la homeostasis metabólica tras un periodo de catabolismo severo. La capacidad de la Fórmula A para superar incluso los niveles del grupo control sugiere un efecto de "supercompensación" proteica facilitado por su densidad de nutrientes.

En cuanto al tejido muscular, los ejemplares alimentados con la Fórmula A presentaron una concentración de 72.93 ± 4.80 ng/UL, evidenciando una mayor eficacia en la preservación de la masa magra. Autores como Villalobos Gámez¹⁴ y Culebras¹⁵ señalan que una fórmula con alto valor biológico puede frenar la proteólisis sistémica y promover la síntesis proteica a través de la vía de señalización mTOR. Esto explicaría por qué este grupo superó significativamente al grupo control y a las fórmulas convencionales (B y C), las cuales, aunque aportaron nutrientes, no lograron la misma cinética de recuperación estructural.

La disparidad en los resultados entre las fórmulas evaluadas refuerza la hipótesis de que la recuperación nutricional no es solo una cuestión de aporte calórico, sino de la calidad de la matriz proteica. La Fórmula A, al poseer un perfil diseñado para el paciente crítico, parece optimizar la retención de nitrógeno de manera más eficiente que las fórmulas poliméricas estándar. Estos hallazgos en el modelo biológico de ratas Wistar brindan una base sólida para entender cómo la composición de la dieta influye en la velocidad de restauración de la homeostasis proteica ante una desnutrición proteico-energética severa.

CONCLUSIONES

La Fórmula A resultó ser la intervención nutricional más eficaz en el modelo biológico utilizado, logrando una restitución superior de los depósitos nitrogenados frente a las fórmulas B y C. Los resultados evidencian que la suplementación con la Fórmula A optimiza la reposición de las reservas proteicas tisulares en ratas, alcanzando las concentraciones más elevadas en los tejidos hepático y muscular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Waitzberg DL, Caiaffa WT, Correia MI. Hospital malnutrition: the Brazilian national survey (IBRANUTRI): a study of 4000 patients. *Nutrition*. 2001;17(7-8):573-80. doi: 10.1016/S0899-9007(01)00573-1
2. Sobotka L. *Basales de Nutrición Clínica*. 5ta ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 201.
3. Acosta Escribano J, Gómez-Tello V, Ruiz Santana S. Valoración del estado nutricional en el paciente crítico. *Med Intensiva*. 2005; 29(3):156-67. doi: 10.1016/S0210-5691(05)74235-9
4. Gil A. *Tratado de Nutrición: Nutrición Clínica*. Tomo IV. 3ra ed. Madrid: Médica Panamericana; 2017.
5. Álvarez Hernández J, et al. Nutrición enteral: productos y vías de administración. *Nutr Hosp*. 2006;21(Supl 2):88-99. doi:10.3305/nh.2006.21.supl2.404
6. García de Lorenzo A. Aporte proteico en el paciente crítico: ¿cuánto y de qué tipo? *Nutr Hosp*. 2014;29(2):2-6. doi:10.3305/nh.2014.29.2.7118
7. Mahan LK, Raymond JL. Krause. *Nutrición y Dietoterapia*. 14va ed. Elsevier; 2017.
8. Gómez Avellaneda GE. Efecto de fórmulas nutricionales especializadas sobre los niveles de albúmina sérica y reserva proteica visceral en un modelo experimental [Tesis doctoral]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2026.
9. Donato, J., Pedrosa, R. G., Cruzat, V. F., Pires, I. S. de O., & Tirapegui, J. (2006). Effects of leucine supplementation on the body composition and protein status of rats submitted to food restriction. *Nutrition*. 22(5):520-7. doi: 10.1016/j.nut.2006.01.011
10. National Research Council. *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. 8th ed. Washington, DC: 2011. doi: <https://doi.org/10.17226/12910>
11. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*. 1976;72:248-54. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
12. National Research Council (US) Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. 8th ed. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK54050/>
13. García-Luna PP, Parejo Campos J, Pereira Cunill JL. *Causas e impacto clínico de la desnutrición y caquexia en el paciente oncológico*. *Nutrición Hospitalaria*. 2006; 21(3): E10-E16. https://www.nutricionhospitalaria.org/articles/0212-1611_21_3_212.pdf
14. Villalobos Gámez JL. *El proceso del soporte nutricional especializado: de la teoría a la práctica clínica*. 3.ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2023.
15. Culebras JM. La desnutrición hospitalaria y su repercusión en la síntesis proteica tisular. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2025;45(1):22-30.