

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Administración de Agronegocios
Ingeniería en Administración de Agronegocios



Proyecto Especial de Graduación

Estimación de dietas nutritivas de costo mínimo como indicador de seguridad
alimentaria en Bolivia

Estudiante

Pablo Cesar Claire Diaz

Asesores

Wolfgang Pejuán, Ph.D.

Adriana Hernández Santana, D.Sc.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAÚL A. SOTO D.

Director del Departamento de Gestión de Agronegocios

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos.....	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Metodología.....	14
Programación Lineal	14
Recolección de Datos.....	15
Función Objetivo.....	16
Coefficientes de la Función Objetivo	16
Actividades.....	16
Coefficientes Técnicos.....	17
<i>Restricciones</i>	17
Límites de las Restricciones en Base a las Necesidades Nutricionales Para Una Familia Promedio	17
Grupos Alimenticios.....	18
Composición Nutricional de los Alimentos.....	19
Restricciones del Aporte Mínimo y Máximo de Macronutrientes y Micronutrientes.....	20
Restricciones del Aporte Energético Proveniente de Carbohidratos, Grasas y Proteínas.....	20
Restricciones de Proteínas de Alto y Bajo Valor Biológico	21
Restricciones Culturales.....	22
Línea Extrema de Pobreza	22
Salario Mínimo.....	22
Porcentaje de Cobertura.....	22
Resultados y Discusión.....	23

Función Objetivo.....	23
Coefficientes de la Función Objetivo	24
Actividades.....	25
Restricciones	28
Límites del Lado Derecho.....	30
Grupos de Alimentos	31
Restricciones de Macronutrientes.....	32
Restricciones de Proteínas AVB y BVB	33
Restricciones Culturales.....	33
Costos de las Dietas Nutritivas de Costo Mínimo	34
Composición de las Dietas Nutritivas de Costo Mínimo	35
Línea Extrema de Pobreza como Indicador de SAN.....	37
Salario Mínimo como Indicador de SAN	38
Conclusiones	44
Recomendaciones.....	45
Referencias.....	46
Anexos.....	48

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Requerimientos nutricionales diarios en base a la energía estipulada por el ministerio de salud de Bolivia.	18
Cuadro 2 Tabla de clasificación de los alimentos en base a los macronutrientes, Zamorano 2022. ...	19
Cuadro 3 Pesos promedios por unidad de venta de los alimentos comercializados en Bolivia en el año 2018 al 2020.....	23
Cuadro 4 Coeficientes de la función objetivo para el mes de enero del 2018, Zamorano 2022.....	24
Cuadro 5 Agrupación de los 58 alimentos utilizados en los grupos de alimentos indicado por el INCAP, Zamorano 2022.	25
Cuadro 6 Alimentos encontrados en la TCA del INCAP e INLASA y su equivalente respecto a la base de datos de precios de la CAO y SICSANTACRUZ, Zamorano 2022.	26
Cuadro 7 Tabla parcial de los coeficientes técnicos para las DNCM, Zamorano 2022.	27
Cuadro 8 Ingesta diaria de energía recomendada por el ministerio de salud de Bolivia para el individuo representativo de la población boliviana, Zamorano 2022.	28
Cuadro 9 Ingesta diaria de tipos de nutrientes según el Ministerio de Salud de Bolivia, Zamorano 2022.	30
Cuadro 10 Ingesta de nutrientes diaria para un individuo representativo y un hogar promedio recomendado por el ministerio de salud de Bolivia, Zamorano 2022.....	30
Cuadro 11 Alimentos codificados en base a los grupos de alimentos descritos por las tablas de composición de alimentos de INCAP y Bolivia, Zamorano 2022.	32
Cuadro 12 Requerimiento de energía según grupos de macronutrientes sugeridos por INCAP, Zamorano 2022.....	33
Cuadro 13 Requerimientos proteicos conforme al tipo de proteína, Zamorano 2022.	33
Cuadro 14 Cuadro de las restricciones de programación lineal para la estimación de costos de las DNCM, Zamorano 2022.	33

Cuadro 15 Costo en bolivianos de la canasta básica alimentaria para la familia promedio en Bolivia, Zamorano 2022.	38
Cuadro 16 Salario mínimo y costo promedio anual de las DNCM, Zamorano 2022.	38
Cuadro 17 Análisis de varianza para la comparación de medias de las DNCM flexibles, restrictivas y las líneas extremas de pobreza urbana y rural para los 31 meses contemplados en el estudio, Zamorano 2022.	40
Cuadro 18 Índice de cobertura durante los años 2018, 2019 y 2020 para las dos DNCM, Zamorano 2022.	41
Cuadro 19 Distribución porcentual de los gastos del hogar por ítem y expectativa de vida para distintos países.	42
Cuadro 20 Porcentaje del salario mínimo destinado a cubrir los costos de las DNCM, Zamorano 2022.	42

Índice de Figuras

Figura 1 Gráfica de costos mensuales de las DNCM flexibles y restrictivas 2018 y 2019.....	35
Figura 2 Gráfico de los alimentos que componen la DNCM flexible.	36
Figura 3 Gráfico de los alimentos que componen la DNCM restrictiva.....	37
Figura 4 Curvas del costo de la línea extrema de pobreza urbana, rural, DNCM flexible y DNCM restrictiva de Bolivia.....	39
Figura 5 Comparativa entre los costos promedio de las DNCM y el salario mínimo.....	41

Índice de Anexos

Anexo A Precios promedios mensuales para los años 2018–2019.....	48
Anexo B Precios promedios mensuales para el año 2020.	49
Anexo C Tabla de composición de alimentos convertida para la fracción comestible.....	50
Anexo D Modelo de programación lineal en Excel para el cálculo del costo de las DNCM.....	51

Resumen

El acceso es uno de los pilares fundamentales de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), el cual se ve directamente afectado por los niveles de pobreza que existen en Bolivia. El gobierno de Bolivia necesita indicadores de SAN que ayuden a la creación de políticas alimentarias. El objetivo principal de esta investigación fue estimar dietas nutritivas de costo mínimo (Flexible y Restrictiva), que consideran aspectos nutricionales y económicos, para utilizarlos como indicadores SAN en Bolivia para los años 2018, 2019 y 2020. Las dietas nutritivas de costo mínimo (DNM) ayudan a analizar el acceso económico que tienen las familias bolivianas. Estas dietas cumplen con los requerimientos mínimos energéticos y nutricionales para el individuo representativo de Bolivia. Para estimar los costos de las dietas se utilizó un modelo de programación lineal conjunto a tres bases de datos: los precios promedios mensuales de los alimentos, las recomendaciones dietéticas diarias y la composición nutricional de los alimentos. Los costos en promedio de las dietas flexible y restrictiva fueron Bs 1,294 (\$ 188.9) y Bs 2,464 (\$ 359.7), respectivamente, para los tres años evaluados. Los costos de la dieta restrictiva son elevados y el salario mínimo no cubre los costos de esta dieta. Esta dieta presenta costos superiores a las LEP el 93.5% del tiempo dificultando el acceso a las familias. Sin embargo, la dieta flexible ha presentado costos más bajos que la LEP el 61.3% del tiempo evaluado durante investigación, ofreciendo una buena calidad nutricional y siendo una excelente opción para las familias.

Palabras clave: Programación lineal, restricciones, nutrientes, dietas nutritivas, individuo representativo.

Abstract

Access is one of the fundamental pillars of food and nutrition security (FNS), which is directly affected by the levels of poverty that exist in Bolivia. Bolivia's government needs SAN indicators to help create food policies. The main objective of this research was to estimate nutritious diets of minimum cost (Flexible and Restrictive), which consider nutritional and economic aspects, to use them as SAN indicators in Bolivia for the years 2018, 2019 and 2020. Minimum cost nutritious diets (MDDS) help analyze the economic access that Bolivian families have. These diets meet the minimum energy and nutritional requirements for the representative individual of Bolivia. To estimate the costs of the diets, a linear programming model was used together with three databases: the average monthly prices of the food, the daily dietary recommendations, and the nutritional composition of the food. The average costs of the flexible and restrictive diets were Bs 1,294 (\$188.9) and Bs 2,464 (\$359.7), respectively, for the three years evaluated. The costs of the restrictive diet are high, and the minimum wage does not cover the costs of this diet. This diet has costs higher than the LEP 93.5% of the time making it difficult for families to access. However, the flexible diet has presented lower costs than the LEP 61.3% of the time evaluated during research, offering a good nutritional quality and being an excellent option for families.

Keywords: Linear programming, constraints, nutrients, nutritious diets, representative individual.

Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1996), la seguridad alimentaria se presenta cuando “todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”. La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) se sustenta en cuatro pilares fundamentales que son: disponibilidad, acceso, utilización y consumo de acuerdo con el INCAP. Estos pilares son utilizados por las normativas de SAN para poder realizar mediciones de una manera cuantificable que permitan conocer la situación de la población de estudio.

El término disponibilidad se refiere a los recursos alimentarios en cantidades suficientes para proporcionar una dieta adecuada a toda la población de un país (Delgado et al., 2002). El acceso es la capacidad que tienen las personas de poder lograr un consumo estable y adecuado de los alimentos disponibles, es decir, la capacidad de un hogar de adquirir cantidades suficientes de alimentos (Delgado et al., 2002), el acceso se subdivide en acceso físico y acceso económico. La utilización es considerada como el conocimiento óptimo del uso de los alimentos desde el punto de vista biológico, patrones alimentarios apropiados y prácticas adecuadas de conservación (Delgado et al., 2002). El motivo de enfocarnos en el acceso se debe a que la Canasta Básica Alimentaria (CBA) no es lo suficientemente flexible con la realidad que existe sobre el acceso económico a los alimentos en el país. La estabilidad es la facilidad para el acceso de alimentos de manera continua y estable en todo el tiempo, sin importar ninguna situación adversa (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] et al., 2017).

El acceso económico hace referencia a que la familia no se vea limitada desde el punto de vista económico en la adquisición de los alimentos necesarios para un régimen de alimentación adecuado y además que pueda satisfacer sus otras necesidades básicas. La accesibilidad física implica que la alimentación adecuada debe ser accesible a todos sin importar en que área geográfica viva, a que grupo de edad pertenezca, cuál es su género, o el estado fisiológico en que se encuentre la

persona (Ramos Peña et al., 2007). La presente investigación se centró en el pilar de acceso, específicamente al acceso económico.

Bolivia, en búsqueda de cumplir con las metas del segundo objetivo de desarrollo sostenible “Hambre Cero” planteado por la ONU, sus metas son eliminar el hambre y disminuir la malnutrición, fomentando a que todas las personas tengan acceso a una dieta saludable nutricionalmente.

Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) informó que en Bolivia no hay inseguridad alimentaria, sino que los alimentos registran precios altos que hacen que los bolivianos no puedan acceder a ellos por los bajos ingresos que poseen (Chipana, 2011). Es posible evidenciar que el pilar que está fallando es el acceso económico de la población boliviana a dietas que suplan sus necesidades nutricionales debido a los elevados precios.

Solo el 30 por ciento de la población tiene acceso a los alimentos básicos y siete de cada diez bolivianos y bolivianas sufren de inseguridad alimentaria porque no tienen acceso a los alimentos que requieren o porque su dieta no es diversificada. Los más afectados por los elevados índices de inseguridad alimentaria son los habitantes de la zona occidental del país, en un grado extremo, según el coordinador de seguridad alimentaria de Visión Mundial Bolivia, Johnny Laura (Fernández, 2011).

Algunas herramientas primordiales que ayudan a identificar las tendencias de la pobreza son las líneas de pobreza y de extrema pobreza. Cuando se define la Canasta Básica Alimentaria (CBA) se toma en cuenta el detalle de las necesidades medias de energía, precios específicos, pautas de consumo y las características sociodemográficas en la población de acuerdo con el INE.

La CBA es el mínimo alimentario conformado por un conjunto de alimentos básicos, en cantidades apropiadas y suficientes para satisfacer por lo menos las necesidades energéticas y proteicas de la familia promedio en Bolivia (Delgado et al., 2002). Además, la CBA contempla otros aspectos, por ejemplo, los alimentos deben de ser de uso cotidiano, adaptados a la cultura del país y principalmente de bajo costo.

Según estimaciones de la FAO (2020), el 8.9% de la población mundial, 690 millones de personas, sufrían de hambre en 2019 y casi 1 de cada 10 personas estuvieron expuestas a inseguridad

alimentaria grave. Se estima que, en 2019, 1.6 millones de personas sufrían hambre en Bolivia, es decir, el 14.1% de la población (Baudoin et al., 2021), Dicha inseguridad alimentaria ocasionó el incremento de enfermedades directamente relacionadas con la deficiencia alimentaria (Diabetes, Anemia y Desnutrición).

El objetivo general de este estudio es analizar el costo mínimo de dietas nutritivas para la familia promedio en Bolivia. Los objetivos específicos de esta investigación son:

Estimar una dieta nutricional de costo mínimo flexible y otra restrictiva, referente al aporte energético, para Bolivia.

Analizar el costo de las dietas comparado con los indicadores de SAN: línea de pobreza extrema urbana y rural.

Analizar la capacidad económica de las familias bolivianas para acceder a las dietas nutritivas de costo mínimo (DNM) en base al salario mínimo.

Metodología

La investigación realizada se basa en un ejercicio matemático de optimización. La optimización es la selección de un conjunto de actividades con ciertos niveles las cuales están asociadas a restricciones, en algún sentido, comparado a las demás combinaciones de niveles de las actividades. Los problemas de optimización están compuestos por: función objetivo, actividades y restricciones. La función objetivo es la medida cuantitativa del sistema que se desea maximizar o minimizar, las actividades son las decisiones que se pueden tomar para afectar la función objetivo y las restricciones son un conjunto de relaciones que determinadas variables están obligadas a cumplir (Ramos et al., 2010).

Para llevar a cabo la siguiente investigación se elaboraron dos tipos de Dietas Nutritivas de Costo Mínimo (DNKM). Las dietas nutritivas son dietas que suplen las necesidades energéticas y contemplan una variedad más amplia de nutrientes, a comparación de la canasta básica alimentaria que solo contempla el aporte energético y proteico, las dietas nutritivas son más completas nutricionalmente. Las dietas nutritivas contempladas fueron una dieta restrictiva que está estrechamente relacionada al porcentaje de aporte de energías proveniente de carbohidratos, grasas y proteínas en proporciones de 55, 30 y 15%, respectivamente, y una dieta flexible con el mismo aporte nutricional, pero con el balance del aporte energético entre carbohidratos, grasas y proteínas variables permitiendo mayor holgura, a fin de saber el costo de acceder a los alimentos. Para ambas dietas se estimó el costo mensual desde el año 2018 al año 2020. El costo de las DNKM se estimó mediante programación lineal utilizando la herramienta Solver proveniente del programa Excel.

Programación Lineal

En esta investigación, se minimiza la función objetivo del costo de las 2 dietas. Ambas poseen 17 nutrientes con sus requerimientos mínimos y máximos, teniendo un total de 15 restricciones de cantidades mínimas y 8 restricciones de cantidades máximas. Además, 5 restricciones más para que la dieta sea balanceada asociadas al aporte energético y aporte proteico. Una restricción que limita los azúcares provenientes de carbohidratos y 2 restricciones para que las dietas sean culturalmente

Función Objetivo

La idea principal de la programación lineal fue la minimización de la función objetivo (Costo de la DNCM) que determinó el costo mínimo de las dietas las cuales están dadas por la interacción del costo total del alimento (p_j) y la cantidad del alimento a utilizar en la dieta x_j .

Coefficientes de la Función Objetivo

Los coeficientes de la función objetivo son los precios unitarios de los alimentos (p_j) a usar en las formulaciones de las dietas para la familia promedio en Bolivia.

Los precios se obtuvieron de la base de datos de "Precios del Mercado" (SicSantacruz, 2022) y para complementar se utilizó una base de datos con los precios del mercado brindada por la Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO). Estas se encargan de publicar los precios semanales y mensuales por departamentos, productos y el origen de los alimentos. Para esta investigación se utilizaron los precios promedios mensuales del 2018 al 2020, para un total de 36 dietas, una por cada mes contemplado a lo largo del estudio.

Debido a que las Tablas de Composición de Alimentos (TCA) de Centroamérica elaborada por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y la TCA de Bolivia elaboraron la composición nutricional de los alimentos en muestras de 100 gramos, se tuvo que igualar las unidades de todos los alimentos contemplados en este estudio (Bs/100 gramos brutos de producto).

Actividades

Las actividades son las variables de decisión que nos indican las combinaciones ideales para minimizar la función objetivo, por lo tanto, se estableció las cantidades en gramos de los alimentos contemplados en este estudio que conformaron ambas DNCM con ayuda de la herramienta Solver. Dichas combinaciones son las que minimizan el costo de las DNCM.

La cartera de alimentos para esta investigación contempló 58 distintos tipos de alimentos que se adaptan a la cultura de Bolivia. Esta fue la cantidad de alimentos que se encontraron disponibles en las bases de datos de precios mensuales y al mismo tiempo se encontró la información de su contenido nutricional en las TCA's.

Coefficientes Técnicos

Los coeficientes técnicos son los valores que aporta cada nutriente por cada 100 gramos de alimento. Los coeficientes técnicos se obtuvieron de las TCA's.

Restricciones

Las restricciones son los niveles de los distintos nutrientes que son necesarios para suplir las necesidades nutricionales de la familia promedio estipuladas por el ministerio de salud de Bolivia. Las restricciones incluyen restricciones de mayor o igual, menor o igual e igualdad. Las DNCM buscan cubrir las necesidades nutricionales de las familias bolivianas. Para el cumplimiento de esta premisa se debe de suplir con la demanda nutricional que la familia promedio exige. Esto genera 15 restricciones asociadas a la demanda de nutrientes. Los límites de las restricciones del aporte de micronutrientes y macronutrientes se establecieron en base a las sugerencias del ministerio de salud de Bolivia del año 2014. De acuerdo con cada tipo de nutrientes se establecieron distintos tipos de límites como requerimientos mínimos los cuales indican las necesidades diarias mínimas para una familia promedio, rangos de requerimientos, por lo tanto, presentarán límites inferiores y superiores y por último límites máximos que controlan la ingesta de ciertos nutrientes. Además, se buscó que estas dietas sean balanceadas con respecto al aporte energético proveniente de los alimentos provenientes de los grupos de carbohidratos, grasas y proteínas.

Límites de las Restricciones en Base a las Necesidades Nutricionales Para Una Familia Promedio

Para realizar los cálculos de los requerimientos nutricionales, se utilizó la metodología propuesta por INCAP, la cual sirve para calcular el costo de la CBA. Esta metodología se centra en establecer las necesidades nutricionales de un individuo representativo para todo el país mediante un promedio ponderado que representará tanto a hombres como mujeres en las distintas edades con sus distintas necesidades energéticas. Posteriormente se multiplicó por el número de personas que componen a la familia promedio (3.6 personas por familia según el INE en el año 2012). La CBA calcula únicamente el requerimiento energético y proteico, no obstante, en este estudio se tomarán en cuenta Kilocalorías, proteínas y 15 nutrientes más, estipulados por el Ministerio de Salud de Bolivia

(Cuadro 1). Los nutrientes que conformarán parte de la dieta serán calculados en las cantidades que sean consideradas necesarias para el mantenimiento de la salud (Chauca et al., 2014).

Cuadro 1

Requerimientos nutricionales diarios en base a la energía estipulada por el ministerio de salud de Bolivia.

Nutrientes	Ingesta diaria
Energía	Seguir recomendaciones específicas por edad y sexo
Proteínas	10 a 15% del total de energía; 30 a 40% de origen animal
Grasas totales	25 a 30% de la energía total
Saturadas	<= 10%
Poli insaturadas	7 – 10%
Ácidos grasos	Saturadas: No más del 10% de la energía total
Linoleico (omega-6)	Colesterol: <300mg/día
Carbohidratos	55 a 65% de la energía total
Fibra dietaria	20 a 30 gramos al día
Vitamina A	600 ug de retinol
Vitamina C	50 mg al día
Hierro	10 a 28 gramos al día
Calcio	800 a 1500 mg al día
Zinc	12 a 15 mg al día
Sodio	< 10 gramos al día
Folatos	80 ug/1000 Kcal
Tiamina	0.4 mg/1000 Kcal
Riboflavina	0.6 mg/1000 Kcal
Niacina	7 mg/1000 Kcal

Nota. Cuadro en base a las recomendaciones del ministerio de salud de Bolivia.

Grupos Alimenticios

Los grupos alimenticios son los alimentos clasificados en base a los nutrientes que aportan en su mayoría a nuestra dieta. Estos se clasifican en carbohidratos, grasas y proteínas (Palacios y Lopez, s.f.). Para facilitar el manejo de los datos en el Cuadro 2 se agruparon los alimentos de la siguiente forma: leche y quesos, huevos, carne de aves, carne de cerdo, carne de vacuno, leguminosas, nueces y semillas, verduras y hortalizas, frutas, cereales y harinas, azúcares, aceites y grasas (INCAP y OPS, 2018).

Cuadro 2

Tabla de clasificación de los alimentos en base a los macronutrientes, Zamorano 2022.

Clasificación	Grupo
Carbohidratos	Azúcares
	Cereales y Harinas
	Frutas
	Verduras y Hortalizas
Proteínas AVB	Carne de aves
	Carne de cerdo
	Carne de vacunos
Proteínas BVB	Leguminosas
	Nueces y Semillas
Grasas	Carnes
	Nueces y Semillas
	Lácteos
	Aceites y Grasas

Nota. Elaboración propia con en base a los grupos de alimentos de la Tabla de composición de alimentos INCAP 2018. AVB: alto valor biológico; BVB: bajo valor biológico.

Composición Nutricional de los Alimentos

La importancia de las TCA's es que estas nos brindan el contenido de nutrientes de cada alimento por cada 100 gramos. El aporte de nutrientes de cada alimento es esencial para satisfacer las restricciones de la demanda mínima y máxima de cada nutriente contemplado en las DNCM. Al momento de cumplir con las restricciones asociadas a los nutrientes cumpliremos con las necesidades nutricionales de la familia promedio.

La información de la composición nutricional de los productos alimenticios se obtuvo de la Tabla Boliviana de composición de alimentos del Instituto Nacional de Laboratorios en Salud (INLASA) del Ministerio de Salud y Deportes. También se utilizó la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica elaborada por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2018).

Una vez transformados los precios de los alimentos a 100 gramos brutos se procedió a estandarizar los nutrientes de las TCA's, Este paso es fundamental debido a que la TCA nos brinda el aporte nutricional en 100 gramos aprovechables o consumibles. Es por esto por lo que se debe de transformar el aporte nutricional de 100 gramos netos a 100 gramos brutos. Para esto se procede a

multiplicar el aporte nutricional de cada alimento por su fracción comestible obteniendo así los nutrientes en 100 gramos brutos de alimento.

Para ejemplificar vamos a tomar como referencia el huevo. Según la TCA, la fracción comestible del huevo es 0.88, posteriormente se realiza el cálculo de la ecuación [2].

$$\begin{aligned} Kcal \text{ en } 100 \text{ gr Netos de huevo} * \text{fracción comestible} &= Kcal \text{ en } 100 \text{ gr Brutos de huevo} \\ 147 \text{ Kcal} * 0.88 &= 129 \text{ Kcal en } 100 \text{ gr brutos de huevo} \quad [2] \end{aligned}$$

De acuerdo con la TCA, 100 gramos brutos de huevo contienen 147 Kcalorías, para obtener los gramos netos se multiplicó por su fracción comestible. La fracción comestible del huevo es de 0.88, por lo tanto, en 100 gramos brutos de huevo, existe un aporte nutricional de 129 Kcal tomando en cuenta su fracción comestible y la fracción no comestible. Este cálculo se realiza en todo alimento que tenga una fracción comestible menor a 1 para obtener la cantidad real de nutrientes que aporta cada alimento (Anexo C).

Restricciones del Aporte Mínimo y Máximo de Macronutrientes y Micronutrientes

Las restricciones asociadas a los nutrientes son aquellas que buscan el cumplimiento mínimo de los nutrientes que deben formar parte de las dietas. A su vez, hay restricciones que limitan la cantidad de nutrientes con la finalidad de evitar un consumo desmedido de ciertos nutrientes. Los requerimientos tanto mínimos como máximos están basados en las recomendaciones del ministerio de salud de Bolivia.

Restricciones del Aporte Energético Proveniente de Carbohidratos, Grasas y Proteínas

Estas restricciones empleadas en el modelo matemático se realizaron en base al porcentaje de energía que debe ser aportado por carbohidratos, grasas y proteínas las cuales son de 55, 30 y 15% respectivamente (INCAP, 2012).

Las ecuaciones que se muestran a continuación son las restricciones de la DNCM flexible [3] y la DNCM restrictiva [4] asociadas al aporte energético mínimo por parte de los alimentos que forman parte del grupo de los carbohidratos (CHO) los cuales tienen un aporte del 55% de la energía a las DNCM.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \geq 55\% \text{ Kcal de CHO} \quad [3]$$

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i = 55\% \text{ Kcal de CHO} \quad [4]$$

Las ecuaciones que se muestran a continuación son las restricciones de la DNCM flexible [5] y la DNCM restrictiva [6] asociadas al aporte energético mínimo por parte de los alimentos que forman parte del grupo de las grasas las cuales tienen un aporte del 30% de la energía a las DNCM.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \geq 30\% \text{ Kcal de Grasas} \quad [5]$$

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i = 30\% \text{ Kcal de Grasas} \quad [6]$$

Las ecuaciones que se muestran a continuación son las restricciones de la DNCM flexible [7] y la DNCM restrictiva [8] asociadas al aporte energético mínimo por parte de los alimentos que forman parte del grupo de las proteínas las cuales tienen un aporte del 15% de la energía a las DNCM.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \geq 15\% \text{ Kcal de Proteínas} \quad [7]$$

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i = 15\% \text{ Kcal de Proteínas} \quad [8]$$

Restricciones de Proteínas de Alto y Bajo Valor Biológico

Para estas restricciones se siguieron las recomendaciones del INCAP. Estas nos indican que el 50% del total de las proteínas deben provenir de alimentos de Alto Valor Biológico (AVB) [9] y el otro 50% proviene de alimentos de Bajo Valor Biológico (BVB) [10].

Las siguientes ecuaciones expresan la cantidad de proteínas de AVB y BVB que debe de existir dentro de la dieta, y la última ecuación indica la cantidad de proteínas provenientes de alimentos de AVB deben de ser igual a la cantidad de proteínas provenientes de alimentos BVB [11].

$$\text{Mínimo de AVB} \leq \sum_{i=1}^n a_i x_i \leq \text{Máximo de AVB} \quad [9]$$

$$\text{Mínimo de BVB} \leq \sum_{j=1}^n a_j x_j \leq \text{Máximo de BVB} \quad [10]$$

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i - \sum_{j=1}^n a_j x_j = 0 \quad [11]$$

Restricciones Culturales

Las restricciones están relacionadas directamente con el consumo de estos alimentos y las cantidades que la población está acostumbrada a consumir. Los límites de estas restricciones permiten que las cantidades y energía de ciertos alimentos no sobrepasen el límite de consumo.

Línea Extrema de Pobreza

“La línea de pobreza extrema representa la cuantía monetaria mínima para adquirir una canasta básica de alimentos que permitirá cubrir las necesidades nutricionales diarias de una persona” (Bairon Beltrán, 2020). Para realizar la comparación entre las DNCM y la línea extrema de pobreza se debió transformar el costo de adquirir una canasta básica de alimentos la cual cubre los requerimientos nutricionales de un individuo, al costo que debería adquirir la CBA una familia promedio con la finalidad de que la CBA cubra las necesidades nutricionales de la misma cantidad de personas que las DNCM. La línea extrema de pobreza para un individuo es expresada como la cantidad monetaria mensual que necesita un individuo para adquirir una canasta básica de alimentos, para realizar la comparación con las DNCM se multiplicó el costo de la CBA por 3.6 individuos que es el tamaño de la familia promedio.

Salario Mínimo

El salario mínimo es un indicador de SAN que se utilizó para mostrar la situación alimentaria y nutricional de Bolivia. El salario mínimo se utilizó para comparar el costo mensual de las DNCM y el salario mínimo por medio del porcentaje de cobertura.

Porcentaje de Cobertura

El porcentaje de cobertura es un cálculo que indica la proporción que un monto de dinero puede costear en base a determinado producto. Si los porcentajes son menores al 100% quiere decir que el monto establecido previamente no alcanza a cubrir todo el costo del producto, si los porcentajes son superiores al 100% indica que ese monto alcanza para cubrir una o más veces el costo del producto.

Resultados y Discusión

Función Objetivo

Las bases de datos se trabajaron de tal manera que la equivalencia entre las unidades de las TCA's sean expresadas en las mismas unidades que se expresan dentro de las bases de datos de los precios del mercado.

Fue fundamental transformar los 14 alimentos descritos en el Cuadro 3 los cuales fueron llevados a la misma unidad (gramos), el resto de los alimentos que no forman parte del Cuadro 3 se encontraban en gramos. Algunos alimentos por su naturaleza se suelen vender por unidades y no necesariamente por su peso, por lo tanto, para llevar estos productos a la unidad requerida (Bs/100 gramos de producto), se estimó el peso promedio en los que se comercializan en el mercado para obtener el peso de una unidad de producto en gramos y así poder llevarlo a Bs/100 gramos de producto.

Cuadro 3

Pesos promedios por unidad de venta de los alimentos comercializados en Bolivia en el año 2018 al 2020.

Producto	Unidad de venta	Peso en gramos
Acelga	Amarro	300
Brócoli	Unidad	350
Coliflor	Unidad	1500
Huevo	Unidad	46
Lechuga	Unidad	270
Lechuga arropollada	Unidad	300
Lima	Unidad	80
Limón	Unidad	76
Maíz	Mazorca	300
Mandarina	Unidad	120
Manzana	Unidad	200
Naranja	Unidad	240
Pimentón	Unidad	120
Repollo	Unidad	2100

Nota. Elaboración propia con pesos promedios tomados en el mercado.

Para llevar los alimentos de gramos a la unidad de Bs/100 gramos de producto se realizaron los cálculos por regla de tres simples [1]. El precio promedio de la coliflor reportada por el SicSantacruz

para marzo de 2019 es de Bs 8/Unidad (Anexo A); utilizando la referencia de peso promedio de la coliflor de 1,500 gramos, se trabaja con ecuación [12] para poder llevar el precio a 100 gramos de producto.

$$100 \text{ gr coliflor} \rightarrow X \quad ; \quad 1500 \text{ gr coliflor} \rightarrow Bs 8$$

$$X = \frac{100 \text{ gr coliflor} * Bs 8}{1500 \text{ gr coliflor}} = Bs 0.533 \quad [12]$$

Donde:

$X = \text{Precio en Bs de 100 gramos de coliflor}$

Coefficientes de la Función Objetivo

Los coeficientes de la función objetivo son los precios promedio mensuales de cada alimento contemplado en el estudio. Se obtuvieron los precios mensuales de todos los alimentos durante los años 2018, 2019 y 2020 (anexo A), exceptuando los precios de los meses de abril hasta agosto del año 2020 debido a la pandemia ocasionada por el Covid-19. El Cuadro 4 enseña el coeficiente de la acelga, achojcha, azúcar y brócoli de todos los meses del año 2018.

Cuadro 4

Coefficientes de la función objetivo para el mes de enero del 2018, Zamorano 2022.

Producto	*Bs/100gr	Producto	Bs/100gr	Producto	Bs/100gr
Acelga	4.50	Maíz fresco	0.36	C. pollo	1.29
Achojcha	0.39	Maíz tierno	1.00	C. cerdo	1.15
Arveja	0.82	Mandarina	0.40	C. res	2.10
Azúcar	0.60	Maní	1.20	Remolacha	0.30
Brócoli	1.43	Manzana	1.00	Camote	0.34
Coliflor	0.53	Naranja	0.12	Ajo	0.15
Cebolla	0.33	Papa	0.35	Toronja	0.33
Durazno	0.50	Papalisa	0.44	Papaya	0.37
Espinaca	0.37	Pepino	0.24	Pera	0.72
Frejol	0.70	Pimentón	0.83	Piña	0.16
Frutilla	1.08	Pollo	1.44	Plátano	0.24
Haba	0.51	Repollo	0.38	Sandía	0.16
Harina de trigo	0.40	Tomate	0.40	Uva	0.48
Harina de maíz	0.18	Trigo	0.90	Arroz	0.51
Huevo	1.52	Vainita	0.48	Quinua	0.93
Lechuga	1.11	Yuca	0.31	Trigo	0.77
Lechuga arre.	1.00	Zanahoria	0.31	Aguacate	1.98
Lima	0.65	Zapallo	0.20	Aceite de gir.	1.11
Limón	0.36	Leche PIL	0.60		
Locoto	0.44	Queso	1.93		

Nota. *Bs = bolivianos

Actividades

Se obtuvieron 58 alimentos con sus respectivos precios mensuales desde el año 2018 al 2020 de acuerdo con la información disponible en las bases de datos de las TCA's y precios mensuales del mercado. Los alimentos fueron clasificados en grupos utilizados por la TCA. El motivo para haber separados por grupos alimenticios fue para definir el porcentaje de aporte energético de los distintos grupos para la DNCM detallados en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Agrupación de los 58 alimentos utilizados en los grupos de alimentos indicado por el INCAP, Zamorano 2022.

Número	Producto	Número	Producto	Número	Producto
A)	Leche y Quesos	17	Cebolla	40	limón
1	Leche PIL	18	Coliflor	41	Mandarina
2	Queso	19	Espinaca	42	Manzana
B)	Huevos	20	Lechuga	43	Naranja
3	Huevo	21	Lechuga arrepollada	44	Aguacate
C)	Carne de aves	22	Locoto	45	Papaya
4	Carne de pollo	23	Maíz fresco	46	Pera
5	Pollo	24	Maíz tierno	47	Piña
D)	Carne de Cerdo	25	Papa	48	Plátano
6	Carne de Cerdo	26	Papalisa	49	Sandía
E)	Carne de Vacuno	27	Pepino	50	Uva
7	Carne de Res	28	Pimentón	J)	Cereales y Harinas
F)	Leguminosas	29	Remolacha	51	Arroz
8	Frejol	30	Repollo	52	Harina de trigo
9	Haba	31	Tomate	53	Harina de maíz
G)	Nueces y Semillas	32	Vainita	54	Quinoa
10	Maní	33	Yuca	55	Trigo
H)	Verduras y Hortalizas	34	Zanahoria	56	Trigo pelado
11	Acelga	35	Zapallo	K)	Azúcares
12	Achojcha	I)	Frutas	57	Azúcar
13	Ajo	36	Durazno	L)	Aceites y grasas
14	Arveja	37	Frutilla	58	Aceite de girasol
15	Brócoli	38	Toronja		
16	Camote	39	Lima		

Nota. Elaboración propia en base a la agrupación realizada por la INCAP.

En el Cuadro 6 se muestran los alimentos que forman parte de la investigación y sus equivalentes entre las bases de datos de precios y las TCA's, se realizan las equivalencias debido a que se encuentran con diferentes nombres en las bases de datos.

Cuadro 6

Alimentos encontrados en la TCA del INCAP e INLASA y su equivalente respecto a la base de datos de precios de la CAO y SICSANTACRUZ, Zamorano 2022.

Código	Alimentos Base de Datos Precio	Alimentos Base de Datos TCA
11001	Acelga	Acelga cruda
11030	Achojcha	Caiba/Caigua/Ciclantera
11011	Arveja	Arveja cruda
15002	Azúcar	Azúcar blanca, granulada, fortif.c/vit a
11027	Brócoli	Brócoli/brecol crudo
11036	Cebolla	Cebolla, cabeza
11043	Coliflor	Coliflor cruda
12038	Durazno	Durazno común, maduro c/cáscara
11083	Espinaca	Espinaca cruda
9017	Frejol	Frijol toda variedad, grano seco
12042	Frutilla	Fresa o frutilla
9026	Haba	Haba seca, grano crudo
13039	Harina de trigo	Harina de trigo enriquecida, todo uso
13110	Harina de maíz	Harina de maíz (pl 480)
2002	Huevo	Huevo de gallina, entero, crudo
11179	Lechuga	Lechuga romana
11105	Lechuga arrepollada	Lechuga arrepollada (iceberg)
12071	Lima	Lima dulce, fruta
12073	Limón	Limón agrio, fruta sin piel
11062	Locoto	Chile jalapeño, fresco
11077	Maíz blanco	Elote/maíz fresco, blanco
11078	Maíz fresco, muy tierno	Elote/maíz fresco, muy tierno
12077	Mandarina	Mandarina/tangerina, fruta
10007	Maní	Maní/cacahuete crudo, c/película
12084	Manzana	Manzana, fruta criolla, s/cáscara
12105	Naranja	Naranja dulce, fruta
11127	Papa	Papas c/cáscara, crudas
B75	Papalisa	Papalisa
11138	Pepino	Pepino/cojombro de ensalada
11060	Pimentón	Chile dulce, verde
30003	Pollo	Gallo o gallina carne cruda
11150	Repollo	Repollo/col común, crudo
11157	Tomate	Tomate rojo
13080	Trigo	Trigo grano crudo
B40	Vainita	Vainita
11167	Yuca	Yuca o mandioca, raíz
11169	Zanahoria	Zanahoria c/cáscara, cruda
B43	Zapallo	Zapallo
1015	Leche PIL	Leche de vaca, fluida (3.25% de grasa)
1029	Queso	Queso blanco fresco, leche íntegra
3019	Carne de Pollo	Pollo, carne c/piel, cruda
4003	Carne de Cerdo	Cerdo, carne semi magra, cruda
5021	Carne de Res	Res, carne magra, cruda
12112	Papaya	Papaya/lechosa madura, pulpa
11147	Remolacha	Remolacha cruda
11033	Camote	Camote/batata anaranjado, crudo
11006	Ajo	Ajo, cabeza o bulbo
12139	Toronja	Toronja blanca, fruta
12119	Pera	Pera fruta criolla, s/cáscara

Código	Alimentos Base de Datos Precio	Alimentos Base de Datos TCA
12125	Piña	Piña, fruta dulce
12131	Plátano	Plátano verde
12134	Sandía	Sandía
12144	Uva	Uva, fruta criolla
13002	Arroz	Arroz blanco, pulido, enriquecido
A35	Quinua	Quinua
13079	Trigo Pelado	Trigo grano suave
11005	Aguacate	Aguacate
16005	Aceite de girasol	Aceite vegetal, de girasol

Nota. Tomado de INCAP y OPS (2018).

Los alimentos provenientes de las TCA's se encuentran codificados y registrados con sus posibles nombres de acuerdo con cada país, los cuales están expresados en el cuadro anterior. Los alimentos encontrados las bases de datos de precios se encuentran únicamente con el nombre que se muestra en el Cuadro 6. El motivo para realizar la vinculación de las bases de datos es para la trabajar los datos en Solver. Por ejemplo, el precio del alimento "Pimentón" proveniente de las bases de datos de precios se conectará con los datos sobre los nutrientes del alimento "Chile dulce, verde" obtenido de las TCA's.

Coefficientes técnicos. Durante la recolección de información se obtuvo un total de 17 coeficientes técnicos por cada alimento, el Cuadro 7 muestra los coeficientes de algunos de los alimentos en base a cada nutriente. El resto de los coeficientes se encuentran en el Anexo C (Tabla de composición de alimentos convertida para la fracción comestible.)

Cuadro 7

Tabla parcial de los coeficientes técnicos para las DNCM, Zamorano 2022.

Alimento (unidad)	Acelga (100 gr)	Achojcha	Arveja	...*	Trigo	Aguacate	Aceite de girasol
Energía (Kcal)	22.14	15.13	36.45	...	331	118.4	862
Proteína	2.378	0.534	2.439	...	10.35	1.48	0
Grasa total	0.246	0.089	0.18	...	1.56	10.8484	100
Carbohidratos	3.936	3.56	6.507	...	74.24	6.3122	0
Fib. Diet. Total	0	0	2.295	...	12.49	4.958	0
Calcio	50.84	11.57	11.25	...	27	8.88	0
Hierro	3.198	0.534	0.6615	...	3.21	0.407	0.03
Tiamina	0.041	0.356	0.1215	...	0.39	0.0518	0
Rivoflavina	0.1886	0.356	0.0585	...	0.1	0.0962	0
Niacina	0.41	0.267	0.9405	...	4.8	1.2876	0
Vit. C	4.92	12.46	18	...	0	7.4	0
Vit. A	270.6	8.01	17.1	...	0	5.18	0
Ac. Grasos poli	0	0	0.0855	...	0.66	1.3468	40.1
Ac. Grasos Sat	0	0	0.0315	...	0.29	1.5762	10.1

Alimento (unidad)	Acelga (100 gr)	Achojcha	Arveja	...*	Trigo	Aguacate	Aceite de girasol
Sodio	120.54	0	2.25	...	2	5.18	0
Zinc	0.0164	0	0.558	...	2.63	0.4736	0
Ac. Fólico	73.8	0	0	...	0	0	0

Nota. *El resto de los coeficientes se encuentran detallados en el Anexo C.

Restricciones

Para obtener las necesidades nutricionales de una familia promedio se realizaron tres pasos. El primer paso es el cálculo de las necesidades energéticas de un individuo representativo. Una vez se calculó el requerimiento energético para el individuo representativo se procedió al segundo paso, multiplicar el tamaño de la familia por las necesidades energéticas del individuo representativo, para obtener las necesidades energéticas de la familia promedio. Finalmente, en el tercer paso se calculó el resto de los nutrientes en base a las kilocalorías que requiere el hogar representativo según las recomendaciones del ministerio de salud de Bolivia indicadas en el Cuadro 1.

Para el cálculo del individuo representativo (Cuadro 8), se utilizó la base de datos del Censo del 2012, en el que se seccionaron las personas por grupos de edades, y requerimientos energéticos diarios según su sexo. Debido a que el censo no informó la cantidad de varones y mujeres en los grupos de edad, se realizaron dos cálculos. El primero asumiendo que toda la población es masculina obteniendo así las necesidades energéticas y el segundo obteniendo las necesidades energéticas asumiendo que toda la población es femenina. Finalmente se realiza un promedio ponderado sustentándonos en el porcentaje de varones y mujeres totales en Bolivia reportados en el Censo del 2012. “En el Censo 2012, 50.1% de la población es femenina y 49.9% masculina” (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2016).

Cuadro 8

Ingesta diaria de energía recomendada por el ministerio de salud de Bolivia para el individuo representativo de la población boliviana, Zamorano 2022.

Edad Simple – Agrupada	Población n	%	Req. de Kcal/día varones	Kcal	Req. de Kcal/día mujeres	Kcal
0 años	201,946	2.01%	603	12	550	11
1 año	201,460	2.00%	787	16	712	14
2 años	227,384	2.26%	1,025	23	920	21

Edad Simple – Agrupada	Población n	%	Req. de Kcal/día varones	Kcal	Req. de Kcal/día mujeres	Kcal
3 años	228,892	2.28%	1,201	27	1,126	26
4 años	230,266	2.29%	1,304	30	1,240	28
5 años	194,358	1.93%	1,409	27	1,347	26
6 años	194,624	1.93%	1,250	24	1,200	23
7 años	204,278	2.03%	1,400	28	1,300	26
8 años	202,378	2.01%	1,500	30	1,400	28
9 años	197,016	1.96%	1,600	31	1,500	29
10 años	212,830	2.12%	1,800	38	1,600	34
11 años	202,046	2.01%	1,900	38	1,750	35
12 años	236,255	2.35%	2,100	49	1,850	43
13 años	213,492	2.12%	2,250	48	1,950	41
14 años	213,541	2.12%	2,500	53	2,000	42
15 años	224,578	2.23%	2,600	58	2,100	47
16 años	220,322	2.19%	2,700	59	2,100	46
17 años	226,711	2.25%	2,800	63	2,000	45
18 a 29 años	2,230,674	22.18%	2,363	524	1,938	430
30 a 59 años	3,603,189	35.80%	2,350	841	1,900	680
60 en adelante	393,616	3.93%	1,875	74	1,650	65
Total	10,059,856	100.00%		2,095		1,742
Kcal/individuo representativo	1918 kcal			50.10%		49.90%

Nota. Elaboración propia con datos del Censo de hogares de Bolivia 2012.

las necesidades energéticas para el individuo representativo son de 1,918 kilocalorías al día, la energía previamente calculada en el Cuadro 1 es la que representa las recomendaciones específicas por edad y sexo que utiliza el ministerio de salud de Bolivia.

Según la Encuesta de Hogares del 2015, el tamaño medio del hogar es de 3.6 personas sin considerar a trabajadores del hogar (INE, 2017). Una vez se consiguió la información de la familia representativa y sus necesidades nutricionales conforme a las exigencias según el ministerio de salud de Bolivia. Los cálculos de las restricciones en base a la energía que requiere la familia promedio se realizaron como lo indica el ministerio de salud de Bolivia. La energía mínima demandada por la familia promedio es de 6905 kilocalorías al día. Dentro de los nutrientes que estipula el ministerio de salud podemos encontrar requerimientos mínimos, máximos y rangos que deben de cumplir los distintos nutrientes.

Los parámetros de las necesidades nutricionales se tomaron en cuenta conforme a las exigencias del Ministerio de Salud de Bolivia. Este brinda las cantidades o proporciones necesarias en la dieta en base a las kilocalorías que debe de consumir el individuo, en este caso será el individuo representativo. Estos requerimientos son detallados en el Cuadro 9 en el cual se observan los nutrientes que se utilizaron en este estudio y sus requerimientos diarios.

Cuadro 9

Ingesta diaria de tipos de nutrientes según el Ministerio de Salud de Bolivia, Zamorano 2022.

Nutrientes	Ingesta diaria
Energía	Seguir recomendaciones específicas por edad y sexo
Proteínas	10 a 15% del total de energía; 30 a 40% de origen animal
Grasas totales	25 a 30% de la energía total
Carbohidratos	55 a 65% de la energía total
Fibra dietaria	20 a 30 gramos al día
Vitamina A	600 ug de retinol
Vitamina C	50 mg al día
Hierro	10 a 28 gramos al día
Calcio	800 a 1500 mg al día
Zinc	12 a 15 mg al día
Sodio	< 10 gramos al día
Folatos	80 ug/1000 Kcal
Tiamina	0.4 mg/1000 Kcal
Riboflavina	0.6 mg/1000 Kcal
Niacina	7 mg/1000 Kcal

Nota. Cuadro elaborado en base a las metas nutricionales que brinda el Ministerio de Salud.

Límites del Lado Derecho

Los límites de las restricciones son los requisitos de la demanda de nutrientes en las DNCM, los límites de nutrientes para las DNCM se establecieron en base al cuadro 9. El Cuadro 10 expresa las necesidades nutricionales el individuo representativo y para la familia promedio los cuales se tomaron en cuenta dentro del ejercicio de programación lineal.

Cuadro 10

Ingesta de nutrientes diaria para un individuo representativo y un hogar promedio recomendado por el ministerio de salud de Bolivia.

2018 – 2020			
Nutrientes	Unidad	Individuo	Familia promedio
Energía	Kcal	≥ 1918	≥ 6905
Proteína	g	48 ≤ proteína ≤ 72	173 ≤ proteína ≤ 259
Grasa total	g	53 ≤ grasa t. ≤ 4	192 ≤ grasa t. ≤ 230
Carbohidratos	g	264 ≤ CHO ≤ 312	949 ≤ CHO ≤ 1122

2018 – 2020			
Nutrientes	Unidad	Individuo	Familia promedio
Fibra dietaria total	g	$20 \leq \text{F.D.T.} \leq 30$	$72 \leq \text{F.D.T.} \leq 108$
Calcio	mg	$800 \leq \text{Calcio} \leq 1500$	$2880 \leq \text{Calcio} \leq 5400$
Hierro	mg	$10 \leq \text{Hierro} \leq 28$	$36 \leq \text{Hierro} \leq 101$
Tiamina	mg	≥ 0.8	≥ 3
Riboflavina	mg	≥ 1.2	≥ 4
Niacina	mg	≥ 13	≥ 48
Vit. C	mg	≥ 50	≥ 180
Vit. A Equiv. Retinol	mcg	≥ 600	≥ 2160
Ac. Grasos Poli-	g	≥ 15	≥ 54
Ac. Grasos	g	≤ 21	≤ 77
Sodio	mg	≤ 10000	≤ 36000
Zinc	mg	≥ 11	≥ 40
Ac. fólico	mcg	≥ 152	≥ 552

Nota. Elaborado con la metodología del INCAP y el Ministerio de Salud. CHO = Carbohidrato, F.D.T. = Fibra dietaria total.

En el cuadro 10 se definieron los diferentes límites como los mínimos, máximos y los rangos que necesita cada nutriente. Por ejemplo, el requerimiento mínimo de energía para una familia promedio es de 6,905 kcal, el máximo permitido de sodio es de 36,000 mg y el rango de hierro dentro de las DNCM es de un mínimo de 36 mg y un máximo de 101 mg.

Grupos de Alimentos

Para definir los grupos de alimentos se clasificaron los diferentes grupos de alimentos referentes a las restricciones de calidad nutricional en carbohidratos, grasas y proteínas. El grupo de las proteínas se subdivide en proteínas de Alto Valor Biológico (AVB) y de Bajo Valor Biológico (BVB). Los grupos de proteínas de AVB y BVB se utilizaron para definir el grupo de que aporta las proteínas (FAO, 2006).

Con la finalidad de determinar cuáles alimentos que conformarían cada grupo al momento de establecer el modelo matemático, se codificó cada alimento con un número y para que puedan ser identificados dentro de las tablas de alimentos y estos se utilicen en las restricciones asociadas al aporte energético de alimentos considerados como carbohidratos, grasas y proteínas para que de este modo puedan cumplir las restricciones asociadas a los diferentes macronutrientes (Cuadros 11 y 12).

En el Cuadro 11 se etiquetó cada alimento con un código con la finalidad de identificarlos dentro de las ecuaciones expresadas para realizar el ejercicio de programación lineal. Luego se

agruparon por códigos en base a los distintos macronutrientes que aportan dentro de las DNCM y se simplifique el proceso de identificación.

Cuadro 11

Alimentos codificados en base a los grupos de alimentos descritos por las tablas de composición de alimentos de INCAP y Bolivia

Grupos	Código
Carboidratos	
Azúcares	57
Cereales y Harinas	51 al 56
Frutas	36 al 50
Verduras	11 al 35
Proteínas (AVB)	
Huevos	3
Carnes	4 al 7
Leche y quesos	1 al 2
Proteínas (BVB)	
Leguminosas	8 al 9
Nueces y Semillas	10
GRASAS	
Carnes	4 al 7
Nueces y Semillas	10
Lácteos	1 al 2
Aceites y grasas	58

Nota. Adaptado de FAO (2016).

El Cuadro 11 representa la agrupación de los alimentos codificados en el Cuadro 5 en base al macronutriente que aportan principalmente. Se agruparon todos los alimentos en los grupos de los macronutrientes conformados por carbohidratos, proteínas AVB, proteínas BVB y grasas. Cada alimento se colocó de acuerdo con el código asignado en el Cuadro 5. Por ejemplo, los alimentos con los códigos 4, 5, 6 y 7 son carne de pollo, pollo, carne de cerdo y carne de res, respectivamente. Estos grupos forman parte de los macronutrientes proteínas AVB y grasas.

Restricciones de Macronutrientes

El Cuadro 12 indica la cantidad de kilocalorías de cada macronutriente determinado por el INCAP. De acuerdo con cada dieta el tipo de restricción varía en su signo. Es decir, la DNCM flexible requiere mayor o igual energía indicada en el Cuadro 9 y la DNCM restrictiva requiere específicamente la energía de cada grupo indicada en el Cuadro 12.

Cuadro 12

Requerimiento de energía según grupos de macronutrientes sugeridos por INCAP

Carbohidrato (55%)	Grasa (30%)	Proteína (15%)	Total, Kcal
3,838	2,094	1,047	6,979

Restricciones de Proteínas AVB y BVB

En el Cuadro 13 se expresan los gramos de proteína necesarios para las DNCM. Ambas dietas se encuentran dentro del rango indicado de las proporciones de 50% proteínas AVB y 50% proteínas BVB, para el cumplimiento de una dieta equilibrada de acuerdo con el INCAP.

Cuadro 13

Requerimientos proteicos conforme al tipo de proteína

AVB*	BVB*	Total
87 ≤ Proteína ≤ 130	87 ≤ Proteína ≤ 130	174 Proteína ≤ 260

Nota. *AVB = Alto Valor Biológico; BVB = Bajo Valor Biológico

Restricciones Culturales

Las restricciones culturales fueron expresadas como cantidades máximas de locoto y ajo para la dieta de 504 y 14 gramos, respectivamente. Las siguientes ecuaciones limitan el consumo del locoto y el ajo haciendo que la dieta se apegue más a la tendencia de consumo de la población boliviana. Por otra parte, la energía que debe de aportar la dieta no debe de ser superior al 10% de energía teniendo como un máximo de 691 kcal.

Cuadro 14

Cuadro de las restricciones de programación lineal para la estimación de costos de las DNCM

Restricción	Signo	LDD	Restricción	Signo	LDD
Energía total	≥	6905	Proteína	≤	258.9
Proteína total	≥	173	Grasa total	≤	230.2
Grasa total	≥	192	Carbohidratos	≤	1122.1
Carbohidratos	≥	949	Fibra dietaria total	≤	108
Fibra dietaria total	≥	72	Calcio	≤	5400
Calcio	≥	2880	Hierro	≤	100.8
Hierro	≥	36	Energía de grupo proteico	≥ o =	
Tiamina	≥	3	Energía grupo grasas	≥ o =	
Riboflavina	≥	4	Energía grupo CHO	≥ o =	

Restricción	Signo	LDD	Restricción	Signo	LDD
Niacina	≥	48	Rest. Azúcar	≤	
Vitamina C	≥	180	Rest. Proteínas AVB	≥	50% proteína total
Vitamina A	≥	2160	Rest. Proteínas BVB	≥	50% proteína total
Ac. Grasos poli-insat.	≥	54	Rest. Ajo		
Ac. Grasos sat.	≤	77	Rest. Locoto		
Sodio	≤	36000	Ac. Fólico	≥	552
Zinc	≥	40	No negatividad	≥	0

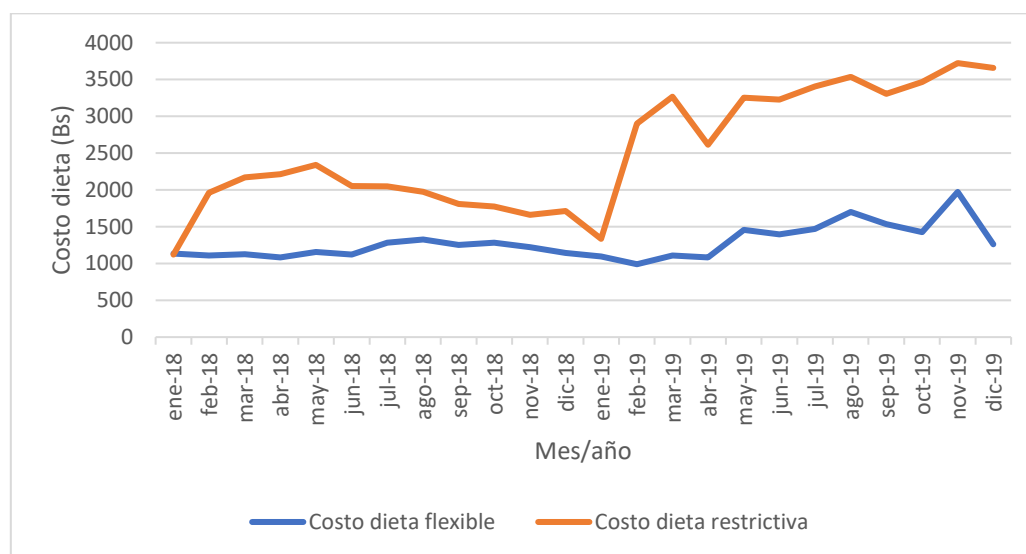
Nota. Elaboración propia en base a los grupos de alimentos de la TCA.

Costos de las Dietas Nutritivas de Costo Mínimo

Una vez se estructuró el modelo de programación lineal el cual tiene como objetivo minimizar los costos de las DNCM (anexo D), se estimaron todos los costos mensuales de las DNCM (anexo D). El costo mensual promedio durante los tres años de estudio para la DNCM flexible fue de 1294 Bs/familia/mes y 2464 Bs/familia/mes para la DNCM restrictiva.

Figura 1

Gráfica de costos mensuales de las DNCM flexibles y restrictivas 2018 y 2019



La Figura 1 demuestra como la DNCM flexible al ser más adaptable a los precios y a las restricciones del aporte energético tiene precios muy inferiores comparada con la DNCM restrictiva. La DNCM restrictiva se ve afectada bruscamente por el incremento en los costos al no tener una mayor capacidad de cambios esta se puede asemejar a la CBA que es una dieta poco flexible y no obedece al cambio de los precios, simplemente mantiene los mismos productos ajustándose al alza de sus precios.

Para el año 2019 se puede observar un fuerte incremento del costo de las dietas. El factor que tiene mayor impacto durante el 2019 puede estar relacionado a un conflicto político que se generó a inicios del 2019 causando fuertes repercusiones en la economía boliviana. “La Cámara de Comercio boliviana indicó que las protestas en rechazo de los resultados de las elecciones presidenciales en las que el señor Evo Morales fue nombrado como presidente, han generado pérdidas de USD 1.100 millones al PIB” (Anadolu, 2019). Los daños a la economía causadas por el paro cívico fueron enormes causando el incremento en los commodities.

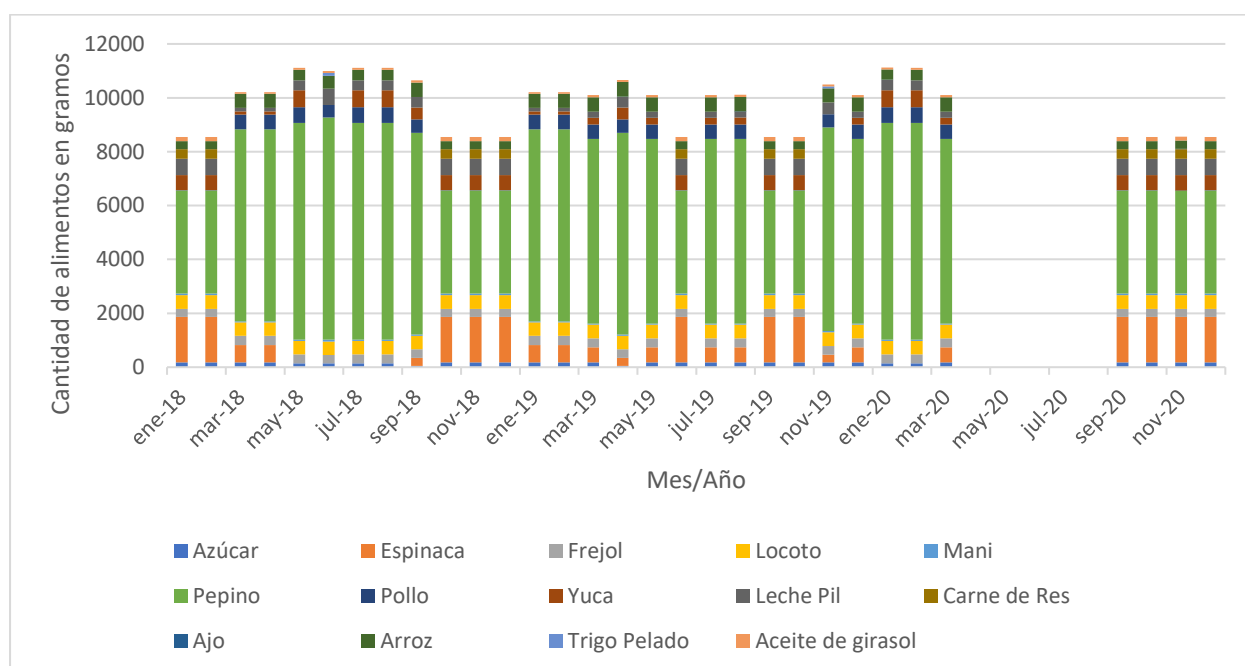
Composición de las Dietas Nutritivas de Costo Mínimo

Una vez se realizaron los cálculos mediante la herramienta de programación lineal se obtuvieron los alimentos y sus cantidades que conformarían parte de las DNCM. En la Figura 3

podemos observar como en los meses de mayo a agosto la espinaca deja de formar parte de la dieta y la cantidad total de la dieta incrementa con el fin de suplir los nutrientes que esta aporta, sin embargo, esta se descarta debido al incremento de su precio en esos meses. Al no cambiar el tipo de alimento ni las cantidades de estos ocasiona que el costo de la dieta se vea altamente influenciado por el incremento de los precios de los alimentos que contempla la DNCM restrictiva.

Figura 2

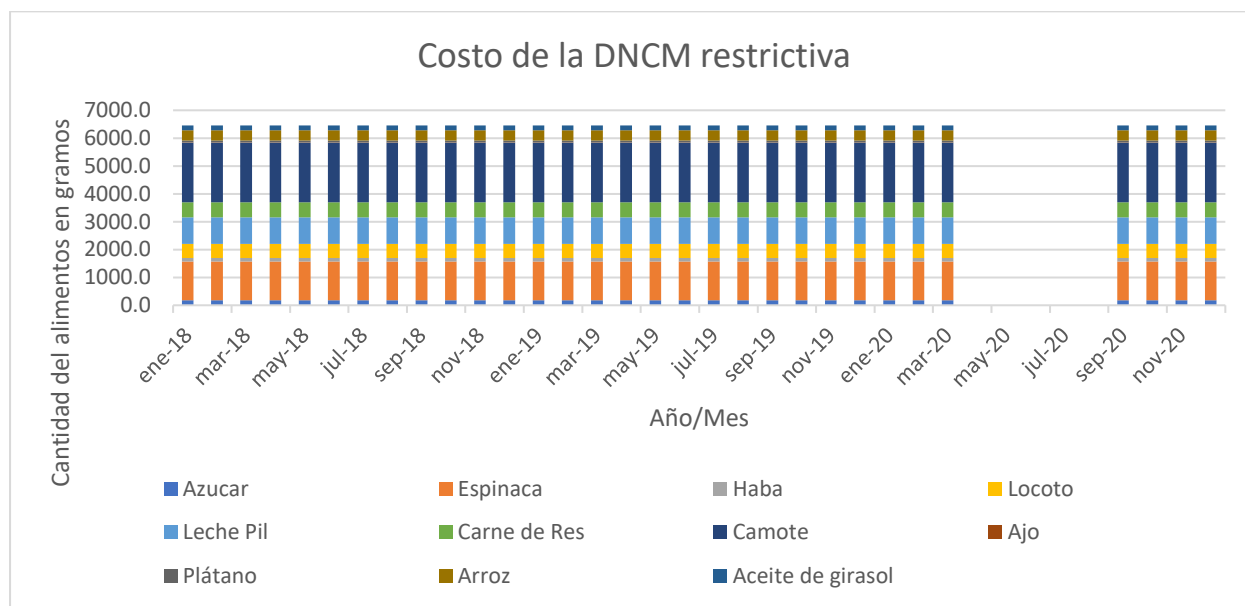
Gráfico de los alimentos que componen la DNCM flexible.



En la Figura 2 podemos observar que los alimentos que conforman la dieta no cambiaron a lo largo de los años y tampoco hubo variabilidad en las cantidades de alimentos. Esto se debe a que, al ser más restrictiva conforme a la energía proveniente de los macronutrientes, la DNCM restrictiva tiene un menor margen para realizar el cambio de alimento. Esto simula la CBA ya que es una dieta que se restringe a ciertos alimentos y no contempla gran variedad de alimentos disponibles en el mercado.

Figura 3

Gráfico de los alimentos que componen la DNCM restrictiva.



Línea Extrema de Pobreza como Indicador de SAN

Los datos obtenidos sobre la línea extrema de pobreza en Bolivia se encontraban expresados en base al costo mensual de la CBA para un individuo. Para poder utilizarla como indicador conjunto al costo de las DNCM se procedió a transformar el costo de la CBA para un individuo al costo de la CBA para 3.6 personas que sería el equivalente al tamaño de una familia promedio en Bolivia. La línea actualizada para la familia promedio se puede apreciar en el Cuadro 15.

Cuadro 15

Costo en bolivianos de la canasta básica alimentaria para la familia promedio en Bolivia, Zamorano 2022.

Área	2018	2019	2020
Urbana	1,553 o USD 227	1,618 o USD 236	1,663 o USD 243
Rural	1,243 o USD 182	1,372 o USD 200	1,434 o USD 209

Salario Mínimo como Indicador de SAN

De acuerdo con el historial del salario mínimo en Bolivia para los años 2018, 2019 y 2020, se comparó el costo promedio anual de ambas DNCM con el salario mínimo, con el fin de ver las diferencias existentes entre los costos de las DNCM y el salario mínimo se utilizó el índice de cobertura el cual refleja si el salario mínimo es suficiente para cubrir el costo de una DNCM para una familia de 3.6 personas.

El Cuadro 16 expone el salario mínimo de cada año, el costo promedio anual de las DNCM flexible y restrictiva para la familia promedio en Bolivia expresado en bolivianos (Bs).

Cuadro 16

Salario mínimo y costo promedio anual de las DNCM, Zamorano 2022.

Año	Salario mín. (Bs)	Costo promedio DNCM Flexible (Bs)	Costo promedio DNCM Restrictiva (Bs)
2018	2,060.0 o USD 301	1,189.8 o USD 174	1,908.9 o USD 279
2019	2,122.0 o USD 310	1,373.4 o USD 201	3,142.1 o USD 459
2020	2,122.0 o USD 310	1,333.2 o USD 195	2,267.6 o USD

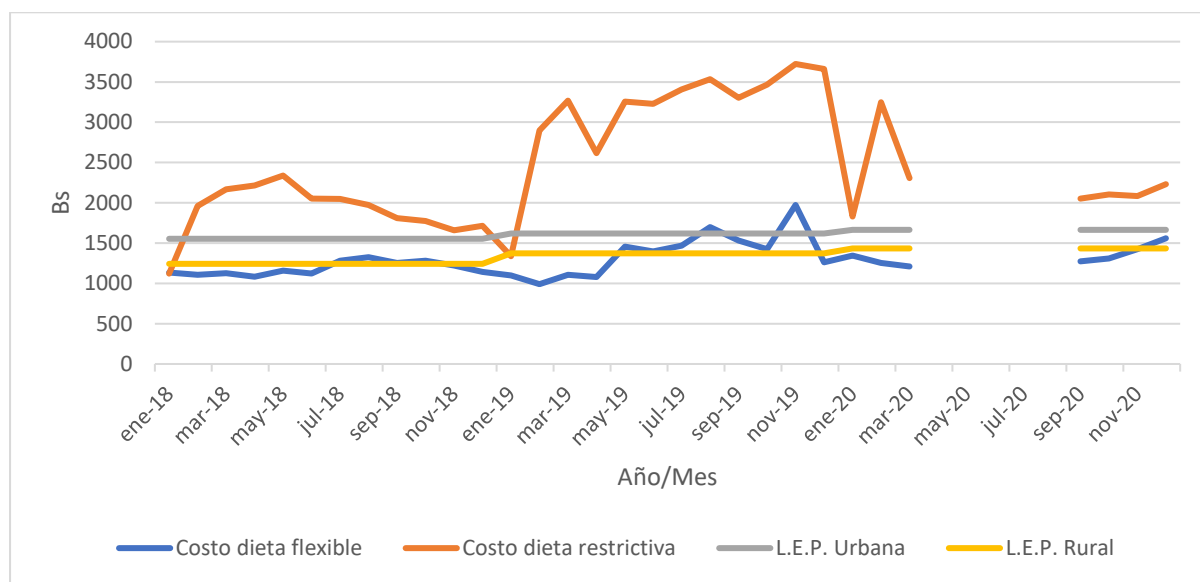
En la Figura 5, se observa que el comportamiento de cada dieta no es independiente una de la otra, es decir que, en algún momento del año estas tienen correlación. esto se puede apreciar claramente en el gráfico de la Figura 4 donde ambas DNCM tienen varias interacciones con la CBA urbana y rural, la dieta que más oscila sus precios entre las CBA es la DNCM flexible. La DNCM flexible es la dieta que ha presentado menores costos en ciertas épocas del año y la subsiguiente es la línea extrema de pobreza rural la cual representa el costo de la CBA rural.

En el espacio en blanco entre las curvas se observan los meses en los que no se reportaron los precios del mercado de ningún producto por efectos de la pandemia producida por el Covid-19, la cual

ocasionó el aislamiento de las personas y a su vez la parada de proyectos como lo son los precios del mercado de las instituciones que fueron usadas para este estudio.

Figura 4

Curvas del costo de la línea extrema de pobreza urbana, rural, DNCM flexible y DNCM restrictiva de Bolivia.



Durante el periodo de la investigación el costo de la DNCM flexible se encontró por debajo de la LEP rural un 61.3% del tiempo, un 32.3% entre ambas LEP y un 6.4% por encima de la LEP urbana. Esto indica que la mayor parte del tiempo es mejor adquirir la DNCM flexible y en los periodos en los que se encuentra por encima de ambas LEP las familias podrían adquirir la DNCM flexible por un mayor costo o en su defecto sustituirla por la CBA.

Para corroborar si existen o no diferencias estadísticas entre las L.E.P. y las DNCM, se realizó un análisis ANOVA, en donde se utilizaron y compararon las medias de las LEP y las 2 dietas. Se obtuvo un $P < .0001$ por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula, la cual expresa que todas las medias de las dietas son iguales y es así como se acepta que existe al menos una diferente.

Cuadro 17

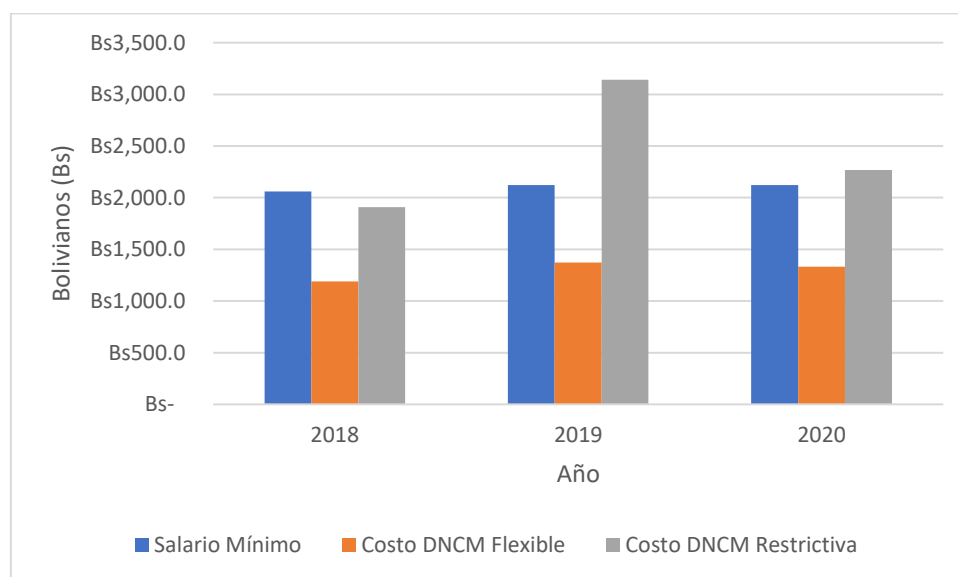
Análisis de varianza para la comparación de medias de las DNCM flexibles, restrictivas y las líneas extremas de pobreza urbana y rural para los 31 meses contemplados en el estudio, Zamorano 2022.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	MS	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	27824657.63	3	9274886	61.2529	4.3E-24	2.6801676
Dentro de los grupos	18170347.81	120	151420			
Paper pads						
Total	45995005.43	123				

En la Figura 5 Podemos apreciar que para el año 2018, el costo de ambas dietas era inferior al salario mínimo. Sin embargo, para el año 2019 y 2020 la DNCM restrictiva incrementó notoriamente su costo siendo incluso superior al salario mínimo mientras que la DNCM flexible se mantuvo un costo inferior al salario mínimo.

Figura 5

Comparativa entre los costos promedio de las DNCM y el salario mínimo.



El Cuadro 18 muestra el índice de cobertura para ambas DNCM respecto al salario mínimo.

Este tiene el objetivo de identificar si el salario mínimo logra cubrir los costos mensuales de las DNCM para la familia promedio en Bolivia.

Cuadro 18

Índice de cobertura durante los años 2018, 2019 y 2020 para las dos DNCM

Año	DNCM Flexible	DNCM Restrictiva
2018	173%	108%
2019	155%	68%
2020	159%	94%

Los puntos más relevantes se encuentran durante los años 2018 y 2019, para el año 2018 el salario mínimo poseía la capacidad adquisitiva de 1.73 DNCM flexibles y 1.08 DNCM restrictivas. Sin embargo, para el siguiente año el poder adquisitivo del salario mínimo disminuyó causando que el índice de cobertura sea menor a 1, nótese que el índice de cobertura del salario mínimo respecto a la DNCM restrictiva solo llega a cubrir el 68% de una DNCM restrictiva, indicando que el salario mínimo para 2019 no es capaz de cubrir el costo total de la DNCM restrictiva evidenciando los problemas de seguridad alimentaria en el país. El Cuadro 19 es una recopilación de datos sobre distintos países donde se muestra la distribución del gasto de en base a los ingresos de la familia. Las variables que se

tomaron en cuenta para dichas investigaciones fueron: alimentación, salud, vestimenta, servicios y otros.

Cuadro 19

Distribución porcentual de los gastos del hogar por ítem y expectativa de vida para distintos países.

ítem/país	Bolivia	Italia	Australia	Perú	India
Alimentación	55%	30%	24%	54%	61%
Salud	2%	11%	6%	6%	3%
Vestimenta	18%	7%	5%	6%	9%
Servicios	7%	6%	4%	5%	9%
Otros	18%	47%	61%	29%	31%
Expectativa de vida (2020)	68.9	80.1	81.2	74.3	68.7

Nota. Tomado de Lancaster et al. (1999), Banco Mundial (2020).

El Cuadro 20 expresa el porcentaje promedio del salario mínimo que va destinado a las DNCM flexible y restrictiva durante los años 2018, 2019 y 2020. Este se usó para comparar con la distribución del gasto indicado por el Cuadro 18.

Cuadro 20

Porcentaje del salario mínimo destinado a cubrir los costos de las DNCM.

Dieta/año	2018	2019	2020
DNCM flexible	58%	65%	63%
DNCM restrictiva	92%	149%	107%

La DNCM restrictiva presenta costos elevados en todos los años para ser cubierta por el salario mínimo. Esto dificulta que las familias tengan una nutrición balanceada. Por otra parte, si consideramos la dieta flexible como segunda mejor opción, la cual brinda niveles satisfactorios de los nutrientes, se logra cubrir con el salario mínimo. Sin embargo, considerando los demás gastos como ser: salud, vestimenta, servicios y otros se dificulta acceder a la dieta flexible. Como podemos apreciar la DNCM flexible es la que se apega más a los porcentajes relacionados en alimentación a países como Perú en el 2018 con un 58% y a India con un 61% en el 2020.

Países como Italia y Australia tienen porcentajes más bajos destinados a una alimentación nutritiva para las familias. Esto indica que tienen mayor capacidad adquisitiva la cual es destinada a Salud, vestimenta y otros servicios. Las familias bolivianas tendrían que destinar alrededor de doble del porcentaje en alimentación de otros países como Italia y Australia. Con la dieta actual gastan 8

puntos porcentuales menos que la DNCM flexible dejando desatendidos los ítems complementarios que son primordiales en las necesidades de las familias. Lo anterior puede ser parte de la causa de que Bolivia tenga una menor expectativa de vida comparado con países como Italia y Australia.

Conclusiones

El costo de la dieta mensual flexible es menor al de la dieta mensual restrictiva oscilando a través de los años de estudio con una diferencia de costos mínima de Bs. 6 (\$ 0.88) en enero de 2018 y una máxima de Bs. 2396 (\$ 350) en diciembre 2019.

El costo de la DNCM restrictiva sobrepasa por más del doble del costo de las LEP durante un 93.6% del tiempo, mientras que la DNCM flexible está por debajo de las LEP durante 61.3% del tiempo. El costo de la DNCM flexible es más bajo que la LEP de Bolivia, debido a su más amplia variedad de productos que la cartera de productos de la CBA contemplados en las LEP. La DNCM flexible es una alternativa para llevar una mejor nutrición a un costo asequible comparándola con las LEP.

El salario mínimo cubre los costos de las dietas flexibles y restrictivas en sus mejores años, según el índice de cobertura, en un 173 y 108%, respectivamente, y en sus peores años en un 155 y 68%, respectivamente. Sin embargo, el salario mínimo no logra cubrir el costo de las dietas junto a los otros gastos del hogar.

Recomendaciones

Realizar la actualización del individuo representativo y la familia promedio con el último censo cuando la información se encuentre disponible debido a la brecha de tiempo que ha pasado desde el último censo (2012).

Aplicar el uso de DNCM en el país con el fin de determinar si la población boliviana puede adquirir una alimentación acorde a sus necesidades nutricionales, demostrando los niveles de inseguridad alimentaria existentes en Bolivia.

Incrementar productos alimenticios procesados a la cartera de productos para tener mayor variabilidad y disponibilidad de alimentos.

Referencias

- Anadolu. (2019). *Manifestaciones en Bolivia han dejado pérdidas por USD 1.100 millones al PIB*. <https://www.aa.com.tr/es/mundo/manifestaciones-en-bolivia-han-dejado-p%C3%A9rdidas-por-usd-1100-millones-al-pib/1631270>
- Bairon Beltrán, M. A. (2020). INE actualiza datos de la Canasta Básica de Alimentos y Líneas de Pobreza tras tres décadas. *Instituto Nacional De Estadística*. <https://www.ine.gob.bo/index.php/ine-actualiza-datos-de-la-canasta-basica-de-alimentos-y-lineas-de-pobreza-tras-tres-decadas/>
- Banco Mundial. (2020). *Esperanza de vida al nacer, varones (años)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.LE00.MA.IN>
- Baudoin, A., Calvo, L. y Wanderley, F. (2021). Seguridad alimentaria y producción de alimentos en Bolivia. En L. M. Calvo y F. Wanderley (Eds.), *Economía. Bolivia debate: Un futuro sustentable* (pp. 25–31). Bolivia Debate. <https://www.fundacionconstruir.org/wp-content/uploads/2021/02/Libro.pdf>
- Chauca, S., Jordán, M. y Torrez, A. (2014). *Bases técnicas de las guías alimentarias para la población boliviana*. Documentos Técnico Normativos. <http://faolex.fao.org/docs/pdf/bol205600.pdf>
- Chipana, W. (2011). *FAO observa el acceso a los alimentos en Bolivia | Agronoticias: Agriculture News from Latin America and the Caribbean | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAO. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/491973/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana y Sistema de Integración Económica de Centroamérica. (2017). *Seguridad Alimentaria y Nutricional en Centroamérica y República Dominicana: Explorando los retos con una perspectiva sistémica*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42588-seguridad-alimentaria-nutricional-centroamerica-la-republica-dominicana>
- Delgado, H., Palma, P. y Palmieri, M. (2002). *La Iniciativa de seguridad Alimentaria Nutricional en Centroamerica* (2ª ed.). Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Fernández, J. (2011). *Sólo 30 por ciento de la población tiene acceso a los alimentos básicos | Agronoticias: Agriculture News from Latin America and the Caribbean | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/491730/>
- INCAP y OPS. (2018). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2012). *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP*.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2018). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2016). *Estadísticas con enfoque de género: Censos 1976, 1992, 2001 Y 2012*.
- Instituto Nacional de Estadística (2017). 45,5% de hogares en Bolivia son de tipología nuclear completa. <https://www.ine.gob.bo/index.php/455-de-hogares-en-bolivia-son-de-tipologia-nuclear-completa/>

- Lancaster, G., Ray, R. y Valenzuela, M. R. (1999). A cross-country study of equivalence scales and expenditure inequality on unit record household budget data, 4.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Ed.) (1996). *La Cumbre Mundial sobre la Alimentación y su seguimiento*. <https://www.fao.org/3/x2051s/x2051s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). *Guía de nutrición de la familia*. <https://www.fao.org/3/y5740s/y5740s.pdf>
- Palacios, M. y Lopez, C. (s.f.). *Manual del Iniciado en el Programa de Educación en Alimentación y Nutrición: Alimentación y Economía Doméstica* (Dirección General de Salud Pública Ministerio de Sanidad y Consumo, Ed.).
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J. y Linares, P. (2010). *Modelos matemáticos de optimización*. Universidad Pontificia Comillas. https://www.academia.edu/download/34357607/modelado_en_gams.pdf
- Ramos Peña, E. G., Salazar Garza, G. I., Berrún Castañón, L. N. y Zambrano Moreno, A. (2007). Reflexiones sobre derecho, acceso y disponibilidad de alimentos. *Revista Salud Pública Y Nutrición*, 8(4). <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/203/185>
- SicSantacruz. (2022). *Precios de mercado: Santa Cruz*. <http://www.sicsantacruz.com/sicv3/precios.php?idmer=1&ano=2022>

Anexos

Anexo A

Precios promedios mensuales para los años 2018–2019.

	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19
Pimenton	0.83	0.85	0.92	0.83	0.83	0.88	0.82	0.81	0.70	0.69	0.71	0.83	0.83	0.71	0.81	0.83	0.83	0.83	0.86	0.90	0.88	0.97	1.04	0.83
Pollo	1.44	1.46	1.40	1.29	1.23	1.30	1.25	1.30	1.24	1.24	1.30	1.35	1.31	1.30	1.23	1.15	1.44	1.30	1.21	1.35	1.30	1.30	1.11	1.06
Repollo	0.38	0.38	0.26	0.25	0.38	0.38	0.38	0.37	0.33	0.38	0.28	0.24	0.24	0.24	0.37	0.38	0.38	0.38	0.41	0.38	0.24	0.24	0.45	0.25
Tomate	0.40	0.37	0.45	0.37	0.36	0.40	0.40	0.33	0.31	0.34	0.40	0.34	0.39	0.54	0.31	0.35	0.40	0.38	0.34	0.44	0.33	0.44	0.50	0.30
Trigo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.83	0.80	0.80	0.95
Valiña	0.48	0.51	0.30	0.37	0.37	0.41	0.37	0.39	0.32	0.41	0.37	0.37	0.37	0.34	0.29	0.29	0.35	0.43	0.67	1.07	1.05	0.73	1.13	0.54
Yuca	0.31	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.20	0.18	0.21	0.22	0.22	0.22	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.49	0.30
Zanahoria	0.31	0.33	0.26	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.18	0.22	0.26	0.26	0.28	0.31	0.34	0.35	0.35	0.32	0.32	0.30	0.26	0.58	0.53
Zapallo	0.20	0.22	0.26	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.23	0.20	0.20	0.20	0.27	0.30	0.30	0.30	0.26	0.30	0.26	0.30	0.80	0.25
Leche Pii	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Queso	1.93	2.29	2.42	2.50	2.44	2.74	2.46	2.58	2.05	2.09	1.67	1.33	1.51	1.80	1.82	2.32	2.15	2.38	2.28	2.25	2.20	1.92	1.58	1.42
Carnie de Pollo	1.29	1.28	1.04	0.90	1.04	0.96	0.87	0.99	0.96	1.03	0.95	1.01	0.84	0.78	0.80	0.91	1.25	1.06	1.04	1.29	1.22	1.12	0.86	1.06
Carnie de Cerdo	1.15	1.15	1.15	1.08	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.11	1.28	1.12	1.08	1.04	1.01	0.99	1.03	1.03	1.05	1.04	1.05	1.14	0.99
Carnie de Res	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.05	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.02	2.10	2.11	2.10	2.10
Remolacha	0.30	0.51	1.47	1.30	1.51	1.57	1.57	1.40	1.49	1.43	1.52	1.52	0.27	1.52	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.74	1.76	2.18	2.48	1.52
Camote	0.34	1.86	1.86	2.00	1.83	1.32	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	0.63	3.43	3.43	2.45	3.28	3.43	3.43	3.43	3.43	3.63	3.43	3.92
Ajo	0.15	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.67	0.64	0.64	0.64	0.64	0.07	0.43	0.32	0.33	0.30	0.30	0.22	0.28	0.26	0.32	0.27	0.16
Toronja	0.33	0.27	0.22	0.16	0.22	0.20	0.16	0.20	0.20	0.18	0.39	0.16	0.20	0.08	0.13	0.11	0.15	0.17	0.24	0.27	0.25	0.27	0.27	0.27
Papaia	0.37	0.47	0.50	0.37	0.25	0.25	0.25	0.25	0.31	0.32	0.32	0.32	0.57	0.44	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.31	0.28	0.27	0.27
Pesa	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Piña	0.16	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.23	0.22	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Plátano	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.29	0.42	0.26
Sandia	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16
Uva	0.48	0.80	0.64	0.93	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.65	0.65	0.65	0.70	0.75	0.66	0.65	0.65	0.65	0.67	0.65	0.65
Arroz	0.51	0.51	0.51	0.49	0.44	0.44	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.42	0.41	0.40
Quinua	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.78	0.77	0.87	0.93	0.93	1.08	1.08	1.08	1.13	1.15	1.15	1.15	1.35	1.37	1.21	1.21	1.23	1.26	1.23
Trigo Pelado	0.77	0.77	0.77	0.77	0.74	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.64	0.49	0.46	0.46	0.47	0.53	0.53	0.48	0.49	0.54	0.53
Agucate	1.98	1.47	1.20	1.30	2.31	2.44	3.52	3.90	3.90	3.80	3.25	4.06	2.27	1.82	1.30	1.83	3.65	4.25	4.13	3.97	4.40	4.25	3.20	3.20
Acetite de girasol	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19
Avicaya	4.50	4.43	4.23	4.53	4.67	4.70	4.57	4.33	3.87	3.67	3.93	5.50	4.60	5.73	5.73	5.83	7.10	6.47	6.30	4.83	3.27	3.80	5.70	5.63
Achoycha	0.39	0.41	0.35	0.37	0.46	0.41	0.40	0.34	0.29	0.30	0.29	0.37	0.37	0.37	0.45	0.41	0.36	0.37	0.39	0.63	0.51	0.46	0.71	0.40
Arveja	0.82	0.49	0.67	0.58	0.68	0.76	0.86	0.56	0.57	0.54	0.55	0.44	0.59	0.55	0.74	0.79	0.54	0.54	0.72	1.39	1.01	0.88	1.31	0.55
Azucar	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Brocoli	1.43	1.46	1.60	1.71	1.57	1.43	1.03	1.29	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.74	1.71	1.66	1.71	1.71	1.89	1.60	1.60	1.49	2.14	1.83
Cebolla	0.53	0.53	0.38	0.35	0.35	0.35	0.35	0.50	0.53	0.41	0.44	0.49	0.49	0.41	0.35	0.35	0.40	0.54	0.53	0.53	0.54	0.53	0.39	0.35
Coliflor	0.33	0.41	0.47	0.40	0.40	0.38	0.24	0.20	0.20	0.20	0.22	0.33	0.33	0.44	0.53	0.53	0.48	0.47	0.51	0.43	0.48	0.55	0.90	0.54
Durazno	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.65	0.73	1.00	1.04	1.00	0.65	0.50	0.50	0.50	0.50	0.54	0.70	0.70	0.76	1.00	0.94	0.80	1.00	0.93
Espinaca	0.37	0.37	0.37	0.43	0.82	1.10	1.10	0.97	0.73	0.51	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.54	0.73	0.68	0.82	1.06	0.76	0.59	1.38	0.59
Frijol	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.64	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Frentita	1.08	1.11	1.00	1.00	1.20	1.08	1.15	1.24	1.11	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.11	1.48	1.42	1.50	1.18	0.88	0.80	1.11	0.97
Haba	0.51	0.51	0.45	0.46	0.51	0.51	0.50	0.49	0.44	0.44	0.44	0.43	0.37	0.37	0.37	0.38	0.44	0.50	0.51	0.73	0.70	0.59	0.96	0.53
Harina de trigo	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Harina de maiz	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17
Huevo	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.55	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.56	1.52	1.52	1.52
Lechuga	1.11	1.44	1.22	0.74	0.74	0.74	0.67	0.74	0.74	0.74	1.44	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.04	0.74	0.74	0.74	0.81	1.56	0.74
Lechuga arropollada	1.00	1.63	2.00	1.67	1.43	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.33	1.33	1.33	1.60	1.67	1.53	1.00	0.97	0.97	1.07	2.03	1.00	
Lima	0.65	0.65	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	0.90	0.90	0.90	0.77	0.67	0.73	0.75	0.75	0.80	0.75	0.75	1.14	1.25
Limon	0.36	0.42	0.28	0.26	0.31	0.32	0.36	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.36	0.32	0.32	0.38	0.42	0.42	0.42	0.50	0.85	0.95	1.07	0.88
Locoto	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.35	0.35	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.46	0.53	0.52	0.51	1.48	0.54	
Maiz fresco, muy tierno	0.36	0.36	0.36	0.35	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.39	0.56	0.56
Maiz blanco	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
Mandarina																								

Anexo D

Modelo de programación lineal en Excel para el cálculo del costo de las DNCM.

Costo de DNCM/ Hogar																										
Precio	0.30	0.55	1.98	1.04	1.32	2.25	1.25	1.71	0.29	0.30	0.18	0.68	0.13	0.26	0.16	0.85	0.44	1.12	0.66	1.25	1.33					
Cantidad	0	6.307259	0	0	0	3.588139	0	0	0.144	0	0	0	0	0	0	0	3.016283	0	0	0	1.516066488					
Cantidad en gramos	0	630.7259	0	0	0	358.8139	0	0	14.4	0	0	0	0	0	0	0	301.6283	0	0	0	151.6066488					
Nutrientes	Zapallo	Leche Pil	Queso	Carne de P	Carne de C	Carne de R	Remolach	Camote	Ajo	Toronja	Papaya	Pera	Piña	Plátano	Sandía	Uva	Arroz	Quinoa	Trigo Pella	Aguacate	Aceite de girasol	Aporte de nutrientes	Signo	LLD		
Kcal	27.38	60	264	155.52	187.79	104.58	28.81	61.92	125.96	16.17	26.13	39	26.52	132	15.6	53.04	360	374	331	118.4	862	6905.2	>=	6905		
g	0.8288	3.22	17.5	12.3408	17.711	18.2849	1.1256	1.1304	4.982	0.343	0.4087	0.15	0.2756	1.2	0.3172	0.468	6.61	12.47	10.35	1.48	0	258.9	>=	173	<=	258.9
g	0.222	3.25	20.1	11.412	12.4689	2.905	0.1139	0.036	0.188	0.049	0.0938	0.15	0.0572	0.1	0.078	0.545	0.58	6.32	1.56	10.8484	100	230.2	>=	192	<=	230.2
g	5.439	4.52	3.3	0	0	0	6.4052	14.4864	27.542	4.1209	6.5727	10.2	7.02	35.2	3.926	13.026	79.34	66.91	74.24	6.3122	0	1001.90	>=	949	<=	1122.1
g	0.9472	0	0	0	0	0	1.876	2.16	0	0.539	1.206	2.325	0.728	0.5	0.208	0	1.4	4.9	12.49	4.958	0	108.00	>=	72	<=	108
mg	21.904	113	783	7.2	4.45	3.32	10.72	21.6	35.72	5.88	16.08	4.5	6.78	8	3.64	9.36	9	119.3	27	8.88	0	2880.00	>=	2880	<=	5400
mg	0.518	0.03	1.3	0.7272	0.6319	1.7845	0.536	0.4392	1.316	0.0294	0.067	0.375	0.1456	0.8	0.1248	0.702	4.36	5.7	3.21	0.407	0.03	93.23	>=	36	<=	100.8
mg	0.185	0.04	0.03	0.0432	0.6942	0.0913	0.0201	0.0576	0.1974	0.0196	0.0201	0.015	0.0416	0.07	0.0156	0.039	0.58	0.37	0.39	0.0518	0	7.51	>=	3		
mg	0.3108	0.18	0.43	0.0864	0.2225	0.1577	0.0268	0.0432	0.0752	0.0098	0.0201	0.015	0.0156	0.04	0.0104	0.0312	0.05	0.47	0.1	0.0962	0	6.35	>=	4		
mg	0.37	0.11	0.15	4.7304	4.1296	3.3366	0.2211	0.4032	0.564	0.1323	0.2278	0.165	0.2652	0.5	0.0936	0.39	5.09	1.07	4.8	1.2876	0	66.78	>=	48		
mg	6.586	0	0	0	0	0	3.35	1.44	8.46	16.17	41.54	3.75	29.12	28	4.16	2.34	0	0	0	7.4	0	929.37	>=	180		
mcg	140.378	28	420	27.36	1.78	0	1.94	510.48	0	0.98	36.85	0.75	1.56	130	14.56	1.56	0	0	0	5.18	0	7437.27	>=	2160		
g	0	0.19	2.448	1.335	0.1245	0.0402	0.0072	0.2162	0.0098	0.0201	0.0225	0	0	0.026	0.1014	0.16	0	0.66	1.3468	40.1	67.70	>=	54			
g	0	1.87	3.2616	4.3254	0.996	0.0201	0.0144	0.0846	0.0049	0.0268	0.0075	0	0	0.0104	0.1482	0.16	0	0.29	1.5762	10.1	33.36	<=	77			
mg	0	40	48.96	37.38	47.31	52.26	39.6	17.86	0	2.01	0.75	0.52	0	0.52	1.56	1	0	2	5.18	0	1677.17	<=	36000			
mg	0	0.4	0.7704	1.3973	2.9133	0.2345	0.216	0.94	0.0343	0.0469	0.075	0.0624	0	0.052	0.039	1.16	0	2.63	0.4736	0	39.60	>=	40			
mcg	0	0	0	0	0	0	0	2.82	0	0	0	0	0	0	3.12	222	0	0	0	0	0	770.87	>=	552		
Restricciones																										
No negatividad	0	6.307259	0	0	0	3.588139	0	0	0.144	0	0	0	0	0	0	0	3.016283	0	0	0	1.516066488	78.11	>=	0.00		
Rest. Proteinas (0.15)				0	0	375.2476																1786.81	=	1035.77		
Rest. Grasas (0.3)				0	0	375.2476															1306.849313	2071.55	=	2071.55		
Rest. CHO (0.55)	0						0	0		0	0	0	0	0	0	0	1085.862	0	0	0	0	3797.84	=	3797.84		
Rest. Azúcar																							379.78	<=	690.52	
Rest. Proteinas AVB	20.30937	0	0	0	0	65.60877																86.31	>=	129.47		
Rest. Proteinas BVB																							86.31	>=	129.47	
Rest. Especies								0.144															0.14	<=	0.144	
Rest.Loonto																							5.04	<=	5.04	