

La Teoría de la Decisión Multicriterio y la Alimentación Humana: Los Retos de las Dietas “Sharp” para la Programación Multicriterio.

Pablo Lara Vélez.

Universidad de Córdoba.

Abstract: El uso de la Programación Lineal (PL) a la formulación de dietas humanas ha suscitado durante mucho tiempo un interés académico considerable en el campo de las Matemáticas, debido a que la estructura básica del problema es un problema típico de mezclas, ejemplo básico de las aplicaciones de la PL. Sin embargo, su difusión en el campo nutricional estuvo más limitada por diversas razones, entre las que cabe destacar la dificultad de establecer unas variables de decisión adecuadas (alimentos medidos en cantidad, en porciones, platos, menús completos...), cuestión que afecta a la métrica del modelo (masa, energía, porciones...) pero también a su estructura matemática (uso de programación binaria, entera...). La Programación por Metas fue una extensión temprana de la Programación Matemática a la elaboración de dietas humanas. Actualmente, la alimentación se ha constituido no sólo en un ámbito de decisión de los individuos, sino en un eje fundamental sobre el que se proyecta toda la complejidad institucional que las sociedades han creado para mejorar los ámbitos que les preocupan: salud, pobreza, seguridad alimentaria, trazabilidad, igualdad, impacto ambiental... Surge así el concepto de dietas SHARP: environmentally Sustainable (S), Healthy (H), Affordable (A), Reliable (R) and Preferred from the consumer's perspective (P). En este contexto, la Programación Multicriterio está recibiendo una atención considerable desde todos los ámbitos académicos involucrados (ciencias sociales, agronomía, producción animal, medicina, ecología...) para mejorar la adaptación de los modelos existentes de formulación de dietas humanas a este nuevo escenario. En este trabajo se plantean los retos que este nuevo, complejo y explosivo escenario plantea a la Programación Multicriterio desde el punto de vista de la información disponible sobre los parámetros de los modelos, la métrica de las variables de decisión, la operatividad de los objetivos que se pretenden alcanzar y la estructura matemática de los modelos.

Palabras Clave: Programación Multicriterio; Alimentación humana; Dietas SHARP.

LA TEORIA DE LA DECISION MULTICRITERIO Y LA ALIMENTACION HUMANA:

(¡¡ save the nutritionist !!)



LOS RETOS Y OPORTUNIDADES DE LAS DIETAS “SHARP” PARA LA PROGRAMACION MULTICRITERIO

Pablo Lara Vélez

Ingeniería de Sistemas de Producción, ETSIAM

XI Reunión del Grupo Español de Decisión Multicriterio

Málaga 16 de Junio 2017

Stigler's (y Cornfield) "Diet Model"

Stigler (1945). The cost of subsistence

$$\text{Min } f(x) = \sum_{j=1}^n p_j x_j$$

sujeto a :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Función objetivo: minimizar el coste de la dieta; x_j son las cantidades de alimentos
 p_j , precios de los alimentos.

a_{ij} representa la cantidad de nutriente i que contiene el alimento j . El producto $a_{ij}x_j$ representa la cantidad total de nutriente i que el alimento j aporta a la dieta.

El vector b es el conjunto de necesidades o niveles de nutrientes a alcanzar en la dieta.
Stigler utiliza las *recomendaciones sobre ingesta de nutrientes* habituales

Extensiones del modelo de Stigler

Nutrición animal



Waugh (1951) The minimum-cost dairy feed.

- * El coste mínimo será siempre el objetivo en los modelos de PL
Paradigma MCDM (Romero y Rehman, 1984).

Nutrición humana



Smith (1963): Linear programming models for the determination of **palatable** human diets

- * *Incorpora preferencias sobre los alimentos mediante restricciones que tienen en cuenta los hábitos de los consumidores*

Peryam: Discusión de Smith (1963)

- 
- 1. Necesidad de cuantificar las preferencias**
 - 2. Introduce los fundamentos del “Menu Model”**

“Menu Model”

Balintfy, (1964) Menu Plannig by Computer

* Distingue alimento, plato (o receta) y comidas.

- Para cada receta hay que definir:
- los ingredientes (alimentos) que pueden formarla y en qué cantidades
- calcular los nutrientes que incluye
- la frecuencia de servicio (se asume que la función de preferencias tiene una componente temporal determinante)
- para qué tipo de comida es apropiada (desayuno, almuerzo, merienda, cena)
- y su función en el menú (entrante, sopa, 1º plato, 2º plato, postre, acompañante).

* El objetivo es optimizar (mínimo coste, función de preferencias) en un marco temporal dado (semana, mes...)

Modelos de PROMACION ENTERA, BINARIA, MULTISTAGE, MULTIPLE CHOICE

Modelo utilizado en instituciones (hospitales, colegios, organismos públicos) servidos por caterings en un número considerable de países y en consultas médicas.

Aplicaciones prácticas del “Diet Model” (I)

The Thrifty Food Plan (TFP)

Desarrollado por el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) en 1974-75 es un plan “para especificar las cantidades de alimentos de diferentes tipos que las familias pueden usar para proporcionar dietas nutritivas a todos los miembros de la familia”

El propósito del TFP es **encontrar la combinación de alimentos que representa el mínimo cambio requerido respecto al patrón de consumo actual para satisfacer las necesidades nutricionales a un coste dado.**

$$1 \quad \text{Min} \sum_{i=1}^j |X_i - X_{iObs}|$$

$$2 \quad \text{Min} \sum_{i=1}^j |\ln X_i - \ln X_{iObs}|$$

La restricción del coste se calcula mensualmente en función de un índice de precios

Actualmente se calculan cuatro planes distintos, según el nivel de renta:

Thrifty Plan

Low-cost Plan

Moderate-cost Plan

Liberal Plan

Enfoque de la función de utilidad

(Balintfy y col.)

$$\text{Max } U(x)$$

sujeto a :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j \leq c$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{Max } U(x) = ax + \frac{1}{2} x' Qx$$

siendo \mathbf{a} un vector de preferencias sobre los alimentos y \mathbf{Q} una matriz semidefinida negativa que representa los efectos de saciedad

Nuevas aportaciones a la bibliografía científica (siglo XXI)

Debidas a dos factores:

1. El trabajo desarrollado en los **programas de asistencia** a los países en desarrollo provoca un “redescubrimiento” (“new approach”) de los usos de la Programación Lineal para la elaboración de dietas en situaciones próximas a la subsistencia:

Briend, Darmond (2000). Determining limiting nutrients by Linear Programming: a new approach to predict insufficient intakes from complementary foods

Briend, Ferguson, Darmon (2001). Local food Price analysis by linear programming: a new approach to assess the economic value of fortified food supplements.

Darmond, Ferguson, Brien (2002). Linear and nonlinear programming to optimize the nutrient density of a population's diet: an example based on diets of preschool children in rural Malawi

Nuevas aportaciones a la bibliografía científica (siglo XXI)

2. La **dieta saludable**: las recomendaciones ya no son sólo referentes a ingesta de nutrientes, sino que se considera más adecuado un enfoque basado en **recomendaciones sobre alimentos**, que cubren las expectativas tanto sobre la ingesta de nutrientes como sobre los aspectos más saludables de la dieta, a la vez que culturalmente se considera un enfoque mejor entendido por la población

Conforti, D'Amicis (2000) What is the cost of a healthy diet in terms of achieving RDAs?

Ferguson, Darmond, Brien, Premachandra (2004). Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis

Aplicaciones del “Diet Model” II

*Los gobiernos de Canadá, Australia y Nueva Zelanda también ofrecen dietas recomendadas calculadas con PL

*En la UE ningún país lo hacía aún pero las normas **Eatwell** del Reino Unido desde 2016 calculan los porcentajes recomendados de los grandes grupos de alimentos con PL. Progresivamente otros países en todo el mundo están incorporando la PL en la determinación de sus recomendaciones basadas en alimentos

*Programas de intervención en la asistencia alimentaria (software):

Save the Children: “**Cost of the Diet**” → Calcula dietas a nivel de hogares

OMS/FAO: “**Optifood**” → Calcula dietas a nivel individual



Colección Modelos de PL y uno de Programación por metas que se pueden aplicar siguiendo una pauta recomendada, aunque también pueden ser utilizados de manera ad-hoc por el usuario **sin ninguna estructura de MCDM**

***Nutrisurvey** (www.nutrisurvey.de)

Temas emergentes

El efecto del cambio de los patrones de consumo hacia dietas más saludables en:

1. El patrón de uso de la tierra: cultivos, producción animal, actividades forestales...

Gerbens-Leenes, Nonhebel, Ivens (2002). A method to determine land requirements relating to food consumptions patterns

Arnoult, Jones, Tranter, Tiffin, Traill, Tzanopoulos (2010). Modelling the likely impact of healthy guidelines on agricultural production and land use in England and Wales

2. El impacto ambiental: cambio climático, biodiversidad...

Buttriss, Riley (2013). Sustainable diets: harnessing the nutrition agenda

3. La Seguridad Alimentaria

Buttriss (2013). Food security through the lens of nutrition

Dietas **SHARP**

Mertens, van't Veer, Hiddink, Steijns, Kuijsten (2016).
Operationalising the health aspects of sustainable diets: a review

S, **Sustainable**, sostenible ambientalmente

H, **Healthy**, que cumpla las recomendaciones de nutrientes y grupos de alimentos

A, **Affordable**, accesible a los consumidores pero que sirva a la vez para mantener el sector agrario

R, **Reliable**, estable en su oferta y segura

P, **Preferable**, consistente con las normas culturales y las preferencias sobre los alimentos

Algunas métricas de las dimensiones SHARP

Sustainability	Emisión de gases, huella de carbono, huella de agua, uso de la tierra
Health	Contenido de nutrientes, energía, Proporción de grupos de alimentos
Affordability	Coste
Reliability	Alimentos locales
Preferability	Desviación de las dietas actuales, proporciones de los grupos de alimentos

¿MCDM?

A) Granada, 2013: Congreso Internacional de Nutrición, Workshop sobre “Diet Modelling”

Buttriss, Briend, Darmon, Ferguson, Maillot, Lluch (2014). Diet modelling: How can inform the development of dietary recommendations and public health policy

Revisa el uso de la PL en la formulación de dietas humanas y reconoce:

1. La poca atención prestada a la PL con el modelo de la dieta hasta fechas recientes
2. Dos limitaciones de la PL:
 - 2.1 La incertidumbre sobre los parámetros del modelo (¡¡Programación estocástica !!)
 - 2.2 La dificultad de incorporar las preferencias (¡¡Métodos de generación de preferencias!!)

B) En la revisión de Mertens y col (2016), donde se definen las dietas SHARP aparecen 8 trabajos que utilizan PL para evaluar aspectos nutricionales, saludables y ambientales de las dietas. **Ninguno utiliza el paradigma MCDM incluso para cuestiones tan obvias como la determinación de trade-offs entre los criterios de interés**

Retos (¡¡Save the nutritionist!!)

1. Superar el coste de oportunidad que para los nutricionistas puede suponer el cambio de paradigma

El paradigma MCDM tiene los instrumentos adecuados para:

2. Incorporar las preferencias del consumidor en un marco consistente con problemas robustos y bien formulados, *como ya se ha demostrado en el campo de la nutrición animal*
3. Mejorar los procesos de decisión en la elección de dietas mediante métodos interactivos de generación de preferencias que proporcionen soluciones de calidad, *como ya se ha demostrado en el campo de la nutrición animal*

Aportaciones desde la Nutrición animal

1. Preferencias sobre los alimentos

Incluir dos criterios:

$$\text{Max} \sum_{j \in R} x_j$$

$$\text{Min} \sum_{j \notin R} x_j$$

Siendo R el repertorio de alimentos utilizados en el patrón de consumo

O el ratio entre ellos

$$\text{Max} f(x) = \frac{\sum_{j \in R} x_j}{\sum_{j \notin R} x_j}$$

Aportaciones desde la Nutrición animal

2. El valor biológico de las proteínas

Las proteínas están formadas de aminoácidos.

El valor biológico de las proteínas depende de su perfil de aminoácidos.

El perfil de aminoácidos de la proteína de un alimento determina para cada aminoácido qué porcentaje cubre respecto a una composición de una proteína ideal

$$\text{Min máx} \left(\left| \frac{\sum_{j=1}^n m_j x_j}{\sum_{j=1}^n l_j x_j} - 0.5 \right|, \left| \frac{\sum_{j=1}^n tr_j x_j}{\sum_{j=1}^n l_j x_j} - 0.66 \right|, \left| \frac{\sum_{j=1}^n tp_j x_j}{\sum_{j=1}^n l_j x_j} - 0.18 \right| \right)$$

$$\text{Max} \sum_{j=1}^n VB_j x_j$$

Aportaciones desde la Nutrición animal

3. El problema de la relación entre el coste de la dieta y la densidad energética y de nutrientes

Controversia: ¿Es más cara una dieta saludable?

Saludable



{ Muy densa en nutrientes beneficiosos
Poco densa en energía

$$\text{Max } f(x) = \frac{\sum_{j=1}^n n_j x_j}{\sum_{j=1}^n e_j x_j}$$

$$\text{Min } c(x) = \sum_{j=1}^n p_j x_j$$

Aportaciones desde la Nutrición animal

4. Optimizar la dieta en base al perfil de nutrientes de los alimentos

El perfil de nutrientes de un alimento dado es un indicador sintético de su calidad nutricional global

Perfil positivo:

$$Ip = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Np_i}{\min R_i}}{n} \times 100$$

Perfil negativo:

$$In = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Nn_i}{\max R_i}}{n} \times 100$$

Función fraccional

$$Ratio = \frac{\sum_{i=1}^n Ip_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n In_i \times x_i}$$