

# **Modelos específicos para el consumo de alimentos: Una iniciativa cuantitativa**

ROJANO, Abraham & SALAZAR, Raquel

A. Rojano & R. Salazar

Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 carretera México, Texcoco. Chapingo, México. 56230

F. Pérez, D. Sepúlveda, R. Salazar, D. Sepúlveda (eds.) Ciencias Matemáticas aplicadas a la Agronomía. Handbook T-I.-  
©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

Technology is an essential component of modern society. Current and future communication and technological resources can play a preponderant role in food, as long as there is information, monitoring and control of public health problems. It is known that early and correct diagnoses can avoid complications in the future of remediation so that the use of current models that can be loaded into an electronic device such as a cell phone or a PC, like climate consultation, in an instrument of deterrence and control of the actions in the planning and execution of alternatives to reach the desired results.

## 1 Introducción

Históricamente, la alimentación nunca ha sido culturalmente igual ni espacial, ni temporal, ni por edades o clases sociales. Los resultados al igual han sido diferentes para cada caso, a nivel individual, grupal, regional, nacional o mundial. El objetivo de este trabajo es mostrar que por medio de un diagnóstico y la meta final se pueden construir modelos específicos que simulan el proceso funcional entre un principio o estado inicial y un estado final, asimismo, una vez conocidas las trayectorias posibles, es factible construir escenarios o programas de alimentación que nos lleven a los estados ideales o con cierta cercanía.

Dichos procesos son la conexión natural entre un estado inicial correspondiente a un diagnóstico real y el punto ideal u objetivo propuesto como un estado final, y que para propósitos globales se reduce a un rango de 20 a 25 como valor normal que describe el índice de masa corporal o de Quételet, con algunas escalas que explican las variaciones factibles (Keys A, 1950)

$$IMC = \text{Peso}(kg) / \text{Estatura}^2 (m) \quad (1)$$

**Tabla 1** Rangos y clasificación del índice de masa corporal útil para un diagnóstico primario

Índice de Masa Corporal (IMC)	Clasificación
Menor a 18	Peso bajo. Necesario valorar signos de desnutrición
18 a 24.9	Normal
25 a 26.9	Sobrepeso
Mayor a 27	Obesidad
27 a 29.9	Obesidad grado I. Riesgo relativo alto para desarrollar enfermedades cardiovasculares
30 a 39.9	Obesidad grado II. Riesgo relativo muy alto para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares
Mayor a 40	Obesidad grado III Extrema o Mórbida. Riesgo relativo extremadamente alto para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares

Fuente: [http://www.noalaobesidad.df.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=76](http://www.noalaobesidad.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=76)

El problema es construir la trayectoria que nos lleve del estado IMC que nos encontremos hasta el estado ideal de 25 o menos en un tiempo razonable y que no ponga en riesgo la salud. El diagnóstico individual puede ser escalado a diferentes magnitudes como las medias estadísticas de una distribución normal de un país, o género; por ejemplo, México presenta 26.54, de las cuales los hombres tienen 27.7 y las mujeres 25.37 de IMC, respectivamente.

Si bien el IMC da una idea rápida y sencilla de los estados iniciales y finales de un proceso, para fines de investigación más detallados debemos incorporar detalles que expliquen el comportamiento y desarrollo de un cuerpo no solo en términos de un parámetro como el mencionado o la energía haciendo un símil con un tanque, cuenta de banco, o almacén con entradas y salidas (Atwater, et al, 1903; Periwal et al, 2006; <sup>a</sup> y <sup>c</sup>)

Aun cuando el cuerpo siempre está en desbalance por su naturaleza dinámica, el índice de masa corporal mayor a 25 significa una ganancia de masa en un periodo de tiempo como un análisis de las entradas y salidas de energía, por lo que ya implica resolver un problema de una forma técnica, que explique y corrija satisfactoriamente dicho fenómeno. Es ampliamente conocido que la aplicación de dietas o cirugías sin una base científica puede llevar a estados indeseables de la salud que a la larga resultan contraproducentes, con los muy conocidos casos de rebote.

El cuerpo es complejo y es un reto para generar modelos a diferentes niveles para explicar y entender el funcionamiento local y global así como la interacción a niveles familiares, tribales, regionales e internacionales. Así recurriendo a que el balance de energía en la etapa final debe ser

$$DE/Dt = 0 \quad (1.1)$$

La energía en el cuerpo humano como un sistema biológico, si bien es ingerida por la alimentación, tenemos la oportunidad de identificarla en forma primaria de acuerdo a tres tipos de componentes como macronutrientes: carbohidratos (C) proteínas (P) y grasas (G). Si bien la ecuación 1.1 describe un cambio cero de la energía y corresponde al equilibrio dinámico que puede tener un cuerpo en cualquier tiempo especificado y no determina o es indiferente si un individuo está obeso o flaco, sin embargo cuando el cambio es positivo existe una ganancia o acumulación de energía que se traduce en peso, y cuando el cambio es negativo entonces existe una pérdida de energía en el sistema que se traduce en una pérdida de peso. La ecuación 1.1 para ser resuelta adecuadamente requiere la especificación de las condiciones iniciales que son de tipo secuencial o discretas, sin embargo las actividades físicas de consumo de energía son funciones de tipo distribuido y continuo.

El proceso ideal es cuando la actividad física del cuerpo humano fuerza a que la grasa por medio de interacciones internas participe en la combustión personal y fortalezca la estructura muscular. La ecuación 2 describe el balance y equilibrio en cualquier momento del desarrollo personal y en el espacio, por lo que cuando estamos creciendo el balance de energía siempre es positivo y es hasta deseable en la construcción de tejidos y huesos, sin embargo cuando llegamos a un punto donde ya no crecemos entonces viene la acumulación en forma de grasa, lo cual empieza a ser una amenaza para el individuo y la sociedad en su conjunto, así como una invitación natural a un conjunto de enfermedades y disfuncionalidades. Aquí en este momento, es cuando debemos entender el papel de la ecuación 1.1 y jugar en serio con los componentes de la energía en términos de carbohidratos, proteínas y grasas.

Los balances pueden ser momentáneos, diarios, semanales, mensuales y anuales, por lo que es una decisión personal hacer un programa apropiado para cada caso, sin duda el cuidado de la alimentación diaria implicará sin duda buenos resultados a escala anual. Lo contrario genera fluctuaciones y excesos que probablemente generen una disfuncionalidad en cualquiera de los órganos vitales que controlan el cuerpo humano. El agua y los micronutrientes como las vitaminas son asumidos como presentes en cantidad suficiente para permitir el funcionamiento adecuado del cuerpo.

La energía, capacidad de trabajo y sus cambios, como se muestra en el Tabla 1, generalmente están ligadas al peso corporal P, donde un modelo simplificado es presentado también como una ecuación diferencial ordinaria,

$$\rho \frac{dP}{dt} = I - aP - b \quad (1.2)$$

Donde  $\rho$  es la densidad, I es la entrada de alimentos, a y b son parámetros. Aun mas, cuando la energía de la ecuación 1.1 es considerada como una función  $E=E(C, P, G)$  entonces el modelo correspondiente en términos de C, P, y G en una forma agregada es un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales, conocido como el modelo de Kevin Hall,

$$\frac{dC}{dt} = \frac{C_i + c_1 * P - c_2 * G - C_o}{cal_c} \quad (1.3)$$

$$\frac{dP}{dt} = (P_i - p_1 * C - P_o)/cal_p,$$

$$\frac{dG}{dt} = (G_i + g_1 * G - G_o)/cal_g$$

Aunque dicho modelo es un poco mas completo, y ya incluye las variaciones naturales dinámicas de tres fuentes fundamentales como son carbohidratos, proteínas y grasas, así como de su interacción, la distancia hacia los modelos reales es problema sin fin, sin embargo los intentos por dar claridad y entendimiento a dicho fenómeno es de gran alcance y usado por millones de personas actualmente en la red de internet(Christiansen et al, 2005; Song et al; 2007; Chow et al, 2008; <sup>c</sup> y <sup>d</sup>).

En general, para cualquier dieta se han satanizado los carbohidratos como fuentes del mal social que padecemos, pero cabe aclarar que existe una gran cantidad de alimentos cuyo valor nutritivo es importante, tales como el maíz, frijol, arroz y trigo, que han sido la fuente principal de muchas culturas a lo largo del tiempo. En suma, los males vienen con los carbohidratos de mucho refinamiento. La proteína es un componente importante para la construcción de tejidos, mas allá de los procesos de energización donde destacan la carne, el pescado, los huevos, los productos lácteos, los insectos en general en el reino animal, pero también en el vegetal con cereales, papas y legumbres. Las grasas al igual que los carbohidratos han sido estigmatizadas como la fuente de los males en la salud, sin embargo existen diferentes tipos de grasa y es recomendable consumir en cualquier dieta algo de grasas vegetales como aceites o animales, asi como los quesos maduros.

## 1.1 Resultados

Aun cuando es muy difícil hacer un balance exacto de la dinámica del cuerpo humano y su relación con su entorno, si es posible por medio de recursos matemáticos y físicos tener una idea bastante acotada del comportamiento de las variables involucradas. Quizás los refinamientos para casos muy específicos los podemos visualizar al observar como de la ecuación 1 a la ecuación 1.3 empieza a generarse cierta complejidad que requiere no solo un poco mas de elementos matemáticos, sino también de experimentos detallados para encontrar los parámetros correspondientes  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $p_1$ , y  $g_1$ .

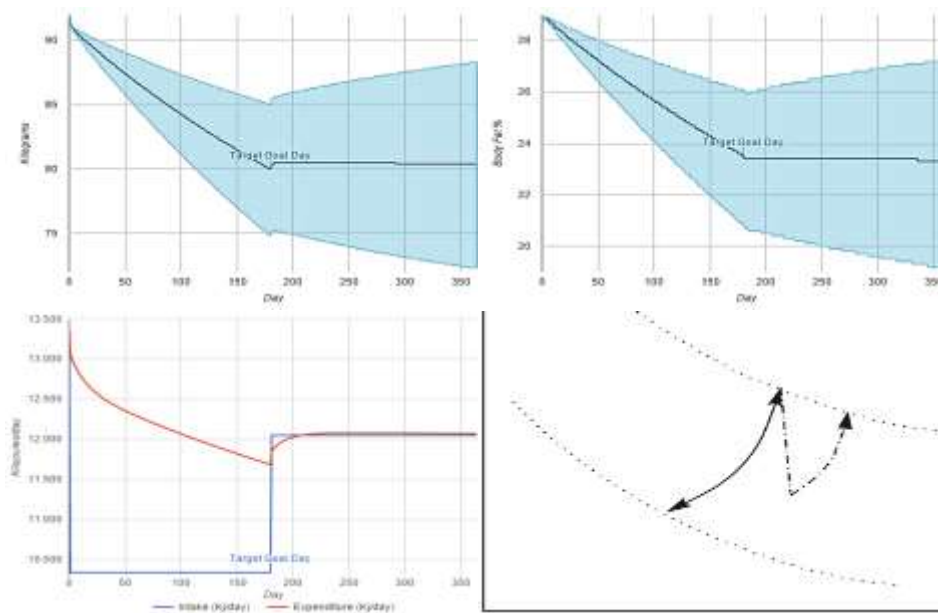
Para fines de ejemplificar la operación del modelo dinámico, se usan los valores típicos de uno de los autores con la siguiente información correspondiente a los estados en diagnóstico en el inicio y final, como se muestra en el Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Datos requeridos para utilizar en el programa Body Weight Planner

Característica	Estado inicial	Estado final
Peso(kg)	92	80
Altura(m)	1.80	1.80
Edad(años)	56	57
Sexo	Masculino	
IMC	28.6	24.8
Calorías actuales	3190	
Calorías sugeridas	2469	
Calorías de equilibrio posterior		2878

El Gráfico 1 es obtenido por medio del simulador Body Weight Planner que permite personalizar en un periodo de tiempo con cierta actividad física y determinada dieta en calorías llegar a un punto ideal. Puede observarse que al principio existe una respuesta muy rápida al descenso en la ingesta de calorías, pero luego el proceso es prácticamente lineal y finalmente con un ajuste de la dieta a los 180 días existe un pequeño rebote. El Gráfico 1 va acompañada de las regiones de incertidumbre de los posibles escenarios a los que podemos llegar con dicha estrategia.

**Gráfico 1** Trayectorias de estados iniciales y finales en un periodo de un año. Arriba izquierdo: Peso corporal; arriba derecho: índice de masa corporal; Abajo izquierda: funcionamiento corporal; Abajo derecha, comportamiento local del peso entre dos trayectorias. Las gráficas de arriba incluyen los márgenes de incertidumbre y posibles rebotes.



El cuerpo está compuesto fundamentalmente de agua, y una dieta que reduzca la ingesta de agua en forma desmedida puede llevar al colapso, por lo que se requiere conocer un poco más del IMC y del funcionamiento del mismo. Asimismo, una ingesta de 12000 kJoules por día ( $4.168 \text{ Joule} = 1 \text{ cal}$ ) puede llevarse a cabo con una combinación aproximada de 3000 calorías que consisten en Proteína: 261 g (33%); Carbohidrato: 440 g (66%); Grasa: 38.3 g (11%).

Saber alimentarse bien tiene su chiste, e implica incluir y balancear el consumo de frutas y verduras, cereales y tubérculos, leguminosas y alimentos de origen animal en las proporciones correctas, variadas, adecuadas y suficientes para evitar riesgos para la salud y ejemplificado con tres diferentes dietas de un día.

Comida 1: Una taza de avena cocida, dos claras de huevo con un huevo entero revuelto, media taza de jugo de naranja, dos tazas de leche light. Comida 2: Una papa al horno, una lata de atún, ensalada verde con aderezo bajo en grasa. Comida 3: Una taza de avena cocida, dos claras de huevo con un huevo entero revuelto, media taza de jugo de naranja, dos tazas de leche light.

## 1.2 Discusión

Los modelos son un recurso no solo para entender, explicar o describir un fenómeno, sino también para monitorear y controlar las variables que nos lleven a un final deseado. Los modelos son un complemento fundamental y barato para conjuntar las teorías con los esfuerzos de medidas experimentales; los modelos son adaptivos para las condiciones que se requieran y ahora por medio de las computadoras y medios digitales es posible interactuar frecuentemente con los datos duros con programas de salud pública como los de chécate, mídete y muévete.

El modelo de Hall contempla la descripción de la dinámica de la energía  $E$  en términos de tres variables fundamentales y sus interacciones por medio del procedimiento de compartimentos y de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias. Este modelo por si solo genera un trabajo matemático que implica numerosos estudios posibles y adicionales de consistencia, estabilidad, convergencia, sensibilidad en la parte teórica, pero también una enorme cantidad de esfuerzos experimentales, de cobertura informativa y difusiva.

El modelo es una respuesta técnica a los problemas de obesidad existentes donde los periodos de ajuste de la masa de un individuo es sometida a un proceso largo de pequeños y continuos cambios de recuperación de al menos un año para poder lograr los propósitos de largo plazo, y como todas las cosas buenas de la vida es de acceso gratis en los medios de internet, solo es cuestión de introducir unos cuantos datos personales y ajustarse a un régimen de actividades amigable con el cuerpo y la salud.

Dicho programa lleva consigo la misma estructura de este procedimiento propuesto donde el checate que implica el diagnóstico de peso, cintura y presión, el midete implica acotar las variables que generan problemas como es el consumo de azúcar, sal y chatarra entre otros; y finalmente muévete que es el otro componente del modelo donde es necesario activar la combustión energética por medio de ejercicio.

## 1.3 Conclusión

Los modelos aunque no son la solución total, si son parte de ella. La posibilidad de construirlos, entenderlos, explicarlos y manejarlos adecuadamente son una herramienta indispensable no solo para aplicaciones unipersonales sino también para manejar poblaciones y hacer de la alimentación un problema o solución de la salud pública. Sin duda, todos los problemas actuales de obesidad, hipertensión y diabetes han entrado por el exceso de consumo de alimentos inadecuados, más aun cuando tenemos cierta inclinación genética que facilita dichas tendencias.

Los modelos permiten en una forma simplificada no solo arrojar los escenarios finales de un proceso dinámico, sino también llevar a cabo los ajustes necesarios, proveyendo información correcta y precisa con cierta frecuencia para ir reduciendo la incertidumbre como se muestra en la Figura 1, pues bien sabemos que cada organismo es diferente y que los modelos son simplificaciones abstractas de procesos que tratan de asociarse con la realidad, pero que sin supervisión pueden derivar en predicciones incorrectas.

La solución a dichos problemas de salud ha generado un enorme mercado de soluciones que van desde la idea romántica de regresar al estilo antiguo pero con el uso de las tecnologías modernas, o con el uso del bisturí y otras medidas drásticas para ajustar al cuerpo a las necesidades actuales. El haber perdido el control de la alimentación conlleva a la necesidad de aplicar modelos específicos para el consumo de alimentos, y por ende dichos modelos montarlos sobre plataformas tecnológicas modernas que permitan al ser humano conocer y decidir más adecuadamente con el propósito no solo de aumentar su esperanza (que en México el promedio está por los 76 años, siendo la mujer un poco más longeva que el hombre) sino también su calidad de vida.

La construcción de dichos modelos se hace por medio de datos duros, pero luego su uso en diferentes personas requiere seguir los propósitos particulares y objetivos de cada caso. El diagnóstico, la meta ideal, aplicación del modelo para construir el proceso como una función que nos lleve de una situación real hasta el objetivo final. El manejo de la energía como un producto de la interacción de Carbohidratos (C), Proteínas (P) y Grasas (G), implica conocer un poco del papel y dinámica de cada uno de estos componentes, y entender que todas ellas entran por la boca, y que debido a la enorme capacidad del cuerpo humano por adaptarse a tomar las configuraciones más comunes de tipo ovoide.

Una vez que, los carbohidratos son el combustible primario de cualquier actividad física y el organismo los usa para proveer energía a todas las células, mientras los carbohidratos no saturan las necesidades del organismo el cuerpo trabaja buscando la energía acumulada en las grasas, pero cuando los carbohidratos abundan por encima de las necesidades entonces existe una transformación de los azúcares en grasas que se acumulan por largo tiempo. Las proteínas proveen los ingredientes básicos para producir hormonas, músculo, y vitaminas, y que pueden también ser utilizadas en forma incorrecta como fuente de energía a falta de carbohidratos o grasa. Y finalmente, la grasa es la mayor fuente de energía proveyendo más del doble de energía comparado con carbohidratos y proteínas por cada gramo, pero cuando circula en la sangre puede ser capturada por las células voraces y almacenadas en forma de triglicéridos generando células obesas. El gran problema es que varias de las células importantes como las neuronas requieren para su buen funcionamiento azúcares que no estén basados en grasa, por lo que su funcionamiento empieza a atrofiarse.

En suma, las numerosas recetas de dietas propuestas generalmente están basadas en el manejo de estos tres ingredientes fundamentales y por supuesto que el modelo Hall permite jugar desde un esquema matemático que garantice la estabilidad y el balance de la salud del cuerpo humano. El cuidado de la salud aumenta la longevidad y la calidad de vida, pero las grandes discusiones y el enorme mercado que se abre en productos milagro así como los intereses de grandes corporaciones internacionales en los sectores de comida y bebidas envasadas hacen que los propósitos de mantener un régimen correcto de alimentación sean un poco difícil. Los medios de comunicación, las campañas de ventas y la falta de educación hacen de la salud un campo de cultivo para la mercadotecnia y el negocio. Aun con todas las mencionadas circunstancias actuales, existe un incremento en la esperanza de vida pero con las limitantes que conlleva la calidad de vida. Sin embargo existen los elementos y recursos para estar bien informado y poder tomar las decisiones correctas en función de las metas que cada individuo piense tomar.

Acumular energía en forma de grasa es un sentimiento cultural que da cierta satisfacción momentánea aunque después los órganos del cuerpo humano se saturan de trabajo y empieza el deterioro de los mismos. Acumular energía ha sido ligado en forma equivocada con abundancia y salud en el consumo de alimentos hasta por 6000 calorías y por otro lado el sedentarismo ha propiciado la baja disipación de energía, y la disminución de la masa muscular. Aun mas, la chacota popular ha extendido y existe la creencia y dicho popular que mejor no checarse porque los números adversos generan un sentimiento de estrés, lo cual es nocivo para la salud.

Sin embargo la fórmula es sencilla en función de las tres Rs y consiste en Reducir el consumo, sobretodo de alimentos muy industrializados, Reactivar el ejercicio acorde y amigable con sus funciones y actividades normales de trabajo, y Registrar las mediciones para darles seguimiento adecuado en un largo proceso.

#### 1.4 Referencias

A <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s0c.htm>

Atwater WO, Benedict FG (1903) Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body. 1900–1902 Bulletin No 136, US Department of Agriculture, Office of Experiment Stations, Washington, DC.

B <https://www.supertracker.usda.gov/bwp/index.html>

C <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s0c.htm>

Chow C.C, Hall K, A, (2008) The Dynamics of Human Body Weight Change DOI: 10.1371/journal.pcbi.1000045

Christiansen E, Garby L, Sorensen TI (2005) Quantitative analysis of the energy requirements for development of obesity. *J Theor Biol* 234: 99–106.

D<http://www.niddk.nih.gov/health-information/health-topics/weight-control/body-weight-planner/Pages/bwp.aspx>

E [http://www.noalaobesidad.df.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=76](http://www.noalaobesidad.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=76)

Keys A (1950) *The biology of human starvation*. Minneapolis, Minnesota: University of Minnesota Press.

Periwal V, Chow CC (2006) Patterns in food intake correlate with body mass index. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 291: E929–E936.

Song B, Thomas DM (2007) Dynamics of starvation in humans. *J Math Biol* 54: 27–43.