

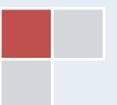
NOTAS  
DE  
CLASE

# INTRODUCCIÓN A LA BROMATOLOGÍA Y NOCIONES DE NUTRICIÓN

Preparado por

**GLADYS RAMÍREZ LÓPEZ**  
Profesora

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA  
DEPARTAMENTO DE FARMACIA



## **Definición y alcance**

La palabra **Bromatología** viene del griego “*Beopos*” que quiere decir “Alimento” y se relaciona con ciencias como la química, la biología y la física; igualmente con la nutrición, la bioquímica, la farmacología y la toxicología, saberes propios del profesional químico farmacéutico

Abarca el estudio de las sustancias alimentarias en los siguientes aspectos:

Determinación de la composición y propiedades nutricionales de los alimentos naturales, procesados y sus adulteraciones.

Comprobación de estándares de higiene, y calidad fisicoquímica incluyendo la organoléptica.

Estudio de los cambios químicos y bioquímicos producidos durante la manipulación, industrialización, almacenamiento (pérdidas en vitaminas, minerales, desnaturalización de proteínas), etc.

Mejoramiento de los alimentos con respecto al color, olor, sabor, textura, valor nutritivo y funcionalidad.

Conocimiento de la legislación concerniente al control de calidad y el etiquetado.

## **La nutrición desde el saber químico-farmacéutico <sup>(1)</sup>**

Con el desarrollo de la profesión del Químico Farmacéutico, el Decreto 2200 de 2005, la Resolución 1964 de 2006 del Ministerio de Educación que define las características específicas para la oferta y el desarrollo académico de todo programa de Química Farmacéutica en el país, y la Resolución 1403 de mayo de 2007, se evidencia la importancia que nuestros profesionales realicen actividades de promoción y prevención propios del servicio farmacéutico como: promover estilos de vida saludables en los pacientes, detectar y evitar problemas relacionados por interacción de los alimentos con los medicamentos y su utilización; se hace necesario fortalecer la formación de los estudiantes en el área asistencial para generar en ellos la capacidad de abordar integralmente a un paciente, teniendo en cuenta que este consume alimentos, medicamentos y presentar además problema de salud; aspectos que conjuntamente pueden contribuir a buen resultado o la falla terapéutica, lo que podría llegar a convertirse en un problema de salud pública. Teniendo en cuenta lo anterior se busca que el Químico Farmacéutico obtenga conocimientos generales sobre alimentación saludable que le permitan aproximarse a la detección del riesgo nutricional en un paciente, ocasionado por el déficit o exceso en la ingestión de alimentos, kilocalorías y nutrientes y el efecto de estos en la respuesta terapéutica y nutricional de la población que atenderá en la práctica de la farmacia asistencial.

## **Aspecto económico y social**

La alimentación está directamente relacionada con el hombre y sin ella sería imposible vivir, por eso son tan importantes el seguimiento que se hace del crecimiento demográfico (ver Tabla 1) y las políticas que se establecen por entidades como la FAO, para alcanzar la seguridad alimentaria.

(1) Elda Villegas Y Martha Vásquez

**Tabla 1. Fluctuación de la población mundial**

<b>Año</b>	<b>No. Habitantes (millones)</b>
1000	50
1858	1000
1958	2000 – 2600
1990	5400
1995	5700
2000	6000*
2025	8300
2050	10000
2150	11600

Tomado de varias fuentes

\*El 12 de octubre de 1999, se alcanzó esta cifra con un niño nacido en Sarajevo.

Según información publicada por la FAO (1998):

La población crece un promedio de 81 millones de personas por año y aproximadamente el 80% de la población vive en los países en desarrollo, donde el promedio de crecimiento es de 1,8% al contrario de un 0,4 en los desarrollados.

Entre los países con mayor número de población están: la China con 1.232 millones de personas, la India con 945 millones, los E.U. con 269 millones, Indonesia con 200 millones; en Suramérica, Brasil cuenta con 161 millones, antecediendo a la Federación Rusa, Pakistán, Japón Bangladesh y Nigeria, todos con más de 100 millones. Se estima que para el 2050, países como Méjico, Irán, Zaire y otros alcanzarán esa cifra.

Las previsiones poblacionales pueden variar dependiendo del decrecimiento en la tasa de natalidad, de la esperanza de vida (estimada actualmente en algunas regiones del Africa, en 46,7 años, 3,9 menos de lo proyectado, en Europa oriental pasó de 70 a 68 años entre 1990 y 1995, en cambio en Europa Occidental la esperanza de vida aumentó ligeramente a 76.7 años), de las guerras o por enfermedades como el sida.

A finales del s XX existen 800 millones de personas que sufren desnutrición (se espera, para el 2015, reducir la cifra a la mitad) y más de 200 millones de niños de menos de 5 años, que sufren carencia de proteínas o de energía alimentaria, 40.000 personas mueren cada día de hambre.

Cerca de las  $\frac{3}{4}$  partes de la población que pasa hambre vive en el campo y el otro vive en la ciudad con menos de 1 dólar/día.

Las  $\frac{2}{3}$  partes de la población que sufren desnutrición viven en Asia y la mitad de todos viven en la India. En África, 42/88 países sufren desnutrición crónica (40% de la población). Las mujeres y los niños son los más afectados, especialmente las mujeres que primero alimentan a los hombres, luego a los niños y finalmente comen ellas.

A pesar de todo la nutrición ha mejorado, y si en el siglo XIX la esperanza de vida era de 35 años, en la actualidad alcanza más de 76 años en los países desarrollados, tal como se comentó anteriormente; desafortunadamente el problema que viven estos países es el envejecimiento de la población y no hay

reemplazo, y están teniendo que establecer políticas que estimulen a los jóvenes, a tener hijos, con cosas tan novedosas como el permiso de maternidad para la pareja.

En la figura 1 se observa como al disminuir la población, aumenta la cantidad de alimentos y por lo tanto de nutrientes por persona, elevando la calidad de vida. Lo contrario sucede al aumentar la población. Lo que debe hacerse entonces, es buscar el equilibrio considerando que de nada sirve tener una gran producción de alimentos, con altos estándares de calidad, si no existe la población para consumirla, como es el caso de algunos países desarrollados. El problema es aún más grave en los sitios donde la población aumenta sin control.

**Figura 1. Ciclo población – alimento**



En 1798, Thomas Malthus escribió: *“Essay on the principle of population as it affects the future improvement of Society”*, donde argumentaba que la población aumentaba geométricamente y la producción alimentaria lo hacía de forma lineal, y por lo tanto llegaría el momento donde los alimentos no alcanzarían. Afortunadamente esta pesadilla no se ha hecho realidad a pesar de la Segunda Guerra Mundial, los problemas entre 1965–1966 por los huracanes en la India, la triplicación del precio de los cereales en 1972–1974, etc.

Buscando prevenir problemas alimentarios en el futuro, después de la Segunda Guerra Mundial se crearon organismos como la Organización para los Alimentos y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se empezó a publicar el Codex Alimentarius (donde se normaliza sobre la calidad de los alimentos). Estos organismos se encargan de emitir políticas que buscan asegurar una mejor repartición de los recursos alimentarios, generalizar mejores procedimientos de cultivos, luchar contra la erosión, los depredadores, realizar el control de plaguicidas, desarrollar investigaciones y apoyar a los países.

En 1974 se convoca a la Conferencia Mundial sobre la Alimentación buscando soluciones al problema del hambre en el mundo y se da un plazo de 10 años para aplicar las medidas. En 1980 las medidas habían dado frutos pero el hambre continua existiendo, a veces enmascarado por las ayudas alimentarias de los países ricos. En 1990 nos damos cuenta que a pesar de producir suficientes alimentos para todos, un gran número de personas siguen sufriendo de hambre. En 1996 se convoca en Roma, la Cumbre Mundial de la Alimentación, con el fin de obtener un compromiso para atacar las causas del hambre y la desnutrición en este fin de siglo.

En los últimos años se ha trabajado en diversos frentes tratando de mejorar la nutrición. Uno de los más importantes ha sido el de la fortificación de los alimentos de alto consumo con elementos deficitarios en la dieta: vitamina A, hierro, yodo, por nombrar solo algunos de ellos, más recientemente están la pirámide de la nutrición (The Food Guide Pyramid), herramienta que pretende indicarle a las personas como deben distribuir diariamente su alimentación, logrando así un balance en cuanto a calorías y nutrientes y la etiqueta nutricional que pone al alcance de cualquier persona la planeación de su dieta y la de su familia. En Colombia, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ha establecido como herramienta para el país, el Tren de la Alimentación, cuyo fin es explicarle a los colombianos como deben balancear su alimentación. (<http://www.pnud.sytes.net/BSH/Documentos/Finales/Cuaderno%202.pdf>).

En la figura 2, se presenta la pirámide nutricional y su interpretación.

**Figura 2**

Usar pocas grasas y azúcares

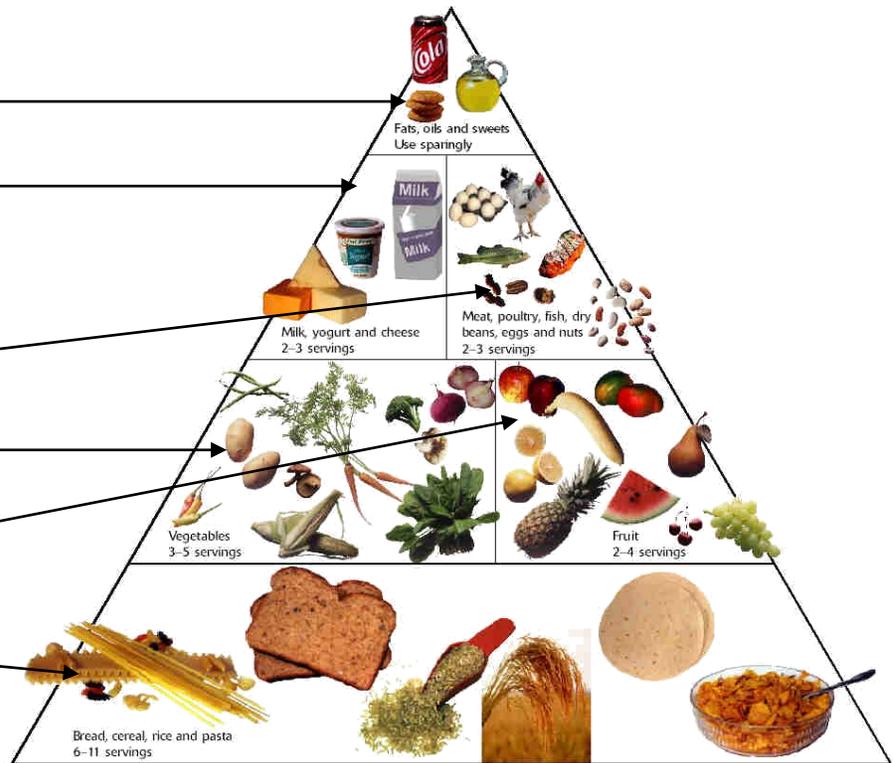
2 a 3 porciones de leche, yogurt o queso

2 a 3 porciones de carne, pollo, pescado, huevos, nueces o leguminosas secas

3 a 5 porciones de Vegetales

2 a 4 porciones de Porciones de frutas

6 a 11 porciones de pan, cereal, arroz, o pasta



Tomado de: USDA Center for Nutrition Policy and Promotion

En la pirámide se establecen variedades y combinaciones de alimentos y se propone que la energía proveniente de ellos se reparta así: 40 % de cereales y tubérculos, 30 % de frutas y vegetales, 20 % de leguminosas y alimentos animales, 10 % azúcares y grasas.

Cada día se deben consumir al menos 4 grupos de alimentos, de los establecidos en la pirámide, y planeados dentro de una dieta en la cual se tengan en cuenta las necesidades calóricas diarias repartiéndolos en un número adecuado de eventos. Por ejemplo tres comidas (30% de las calorías en el desayuno, 40% en el almuerzo y 30% en la cena), cuatro comidas (20 % desayuno, 10% media mañana, 40% almuerzo y 30 % cena), cinco comidas (20% desayuno, 10 % media mañana, 30 % almuerzo, 10% algo y 30% de cena)

En conclusión, las políticas trazadas realmente han dado resultados, el aporte calórico ha subido en un 30% por habitante y el precio real de los alimentos ha bajado 50%, a pesar de que la población prácticamente se ha duplicado. Más del 80% de la población de países en vía de desarrollo mantiene un régimen más adecuado frente al 64% en 1970 y los desnutridos han pasado de 940 millones a 800 millones. De ahora en adelante, la producción agrícola debe aumentarse 2% al año y buscarse estrategias que ayuden a disminuir las pérdidas de alimentos, que son bastante altas según puede observarse en la Tabla 2.

**Tabla 2. Pérdida de productos alimenticios**

Frutas hortalizas (India)	20 – 30 %
Patatas (Chile, Perú)	25 – 30%
Mandioca (Ecuador, Colombia)	15 – 25%
Ignamo (Nigeria, Ghana, Puerto Rico)	10 – 50%
Maíz (Benin)	Hasta 50%
Tomates (Industrialización)	Hasta 50%
Fresas	Hasta 50%
Promedio de pérdidas	30%

Alimentos, Equipos y Tecnología, 1997.

Se observan pérdidas de un 30% de la producción mundial de alimentos, por la falta de métodos adecuados de conservación.

### Aspecto histórico

Los primitivos habitantes de Australia se alimentaban de cereales, vegetales (hierbas, hojas, retoños), su alimentación cárnica se la proporcionaba los animales de caza; su dieta era sana. Los pigmeos de África Ecuatorial se alimentaban de cereales, mandioca, flores, raíces, animales de caza, pesca, aves y huevos. Los esquimales de Groenlandia (Alaska), consumían focas, renos, moras, mirtillas y, otros tipos de vegetales, su régimen era carnívoro.

En conclusión, el hombre primitivo se alimentaba de forma variada y lo hacía de manera instintiva, tomando alimentación tanto del reino animal como vegetal. Existían tabúes que impedían a la gente alimentarse bien, por ejemplo en algunas tribus de África se prohibía a las mujeres y a los niños consumir carne basando su alimentación en almidones y azúcar. Por lo anterior era muy común una enfermedad llamada *kwashiorkor* causada por la falta de proteína animal tanto en calidad como en cantidad (también se dice que es la enfermedad que padece el primer niño cuando nace el segundo), en este caso la piel se vuelve roja, hay edemas, bolas (agua en los tejidos al salirse de las células y los niños son sólo piel y huesos, se produce la infección y luego la muerte), albuminuria y cirrosis.

El *Marasmus*, es otra enfermedad indicativa de una total desnutrición y parece estar relacionada con la provisión de sustitutos inadecuados de la leche de madre. El marasmo aparece generalmente seguido a una diarrea u otra enfermedad y está caracterizado por encogimiento, apariencia seca y fuerte retardo físico. Esta enfermedad puede afectar entre el 1% y el 6% de los niños preescolares en Asia, especialmente menores de un año.

El hombre, al asociar los animales a su dieta se torna sedentario, empieza a domesticarlos, a cultivar

plantas propias del clima, maíz, sorgo, trigo, arroz, mijo, papa, productos con alto valor calórico y fácil de cultivar y conservar.

Luego viene la necesidad de preservar los alimentos, entonces se buscan medios como:

Exposición al sol, desecando carne y pescado; salado y curado por nitritos ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}$ )

Al descubrir el fuego se cocinan los alimentos directamente en el agua sin preocuparse de pérdidas de vitaminas y minerales.

Ahumado, colocando el alimento sobre el humo producido por el fuego (además de secado hay asepsización por sustancias contenidas en el humo).

Fermentación alcohólica produciendo el pan.

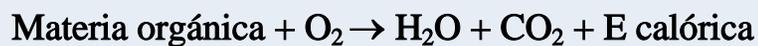
Con el desarrollo de la industria se llegó a:

1. Refinación de los alimentos limpiando la cubierta externa de los cereales sin preocuparse de pérdidas de vitaminas (por ejemplo, arroz pulido bajo en vitaminas del complejo B, produciéndose una enfermedad denominada Beriberi).
2. Producción de azúcar: alrededor del siglo XVII, el hombre saca el jugo de la caña y lo utiliza como medicamento en forma impura, luego lo purifica y se vuelve una necesidad, llegando a abusarse de él. Se empiezan a buscar otras fuentes y se encuentra la remolacha azucarera de gran producción en Europa desde el siglo XIX.

#### **Aspecto científico: Comienzo de las Ciencias Alimentarias.**

Se presentan descubrimientos como la pasteurización, puesta a punto por Pasteur, lográndose obtener alimentos desprovistos de microbios; desafortunadamente esto trajo como consecuencia el escorbuto infantil por deficiencia de vitamina C, sensible al calor, situación resuelta actualmente.

A finales del siglo XVIII, Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1793) experimenta con reacciones para comprobar que la energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma (Primera ley de la termodinámica), habla del “fenómeno de la combustión”, mediante el cual los alimentos se transforman en  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  y energía.



Lavoisier pone a punto la *Calorimetría* y expresa entonces el valor de los alimentos en calorías determinando estos valores en un *Calorímetro*. El científico encuentra que 1 gramo de:

Monosacárido	equivale a	3.75 Kcal
Disacaridos	equivale a	3.95 Kcal
Polisacaridos	equivale a	4.22 Kcal
Lípidos	equivale a	9.45 Kcal
Proteínas	equivale a	5.65 Kcal

Valores que también pueden expresarse en kJoules multiplicando por 4,186.

Con la civilización el hombre ha ido cometiendo errores, se ha ido separando de lo natural, se ha pervertido el gusto, se han presentado enfermedades por carencia de nutrientes o vitaminas, muchos alimentos sufren altas transformaciones industriales, pero los conocimientos actuales logran compensar los errores y rectificarlos, pudiéndose alcanzar alimentos altamente nutritivos y presentando nuevas alternativas como sucede con los alimentos transgénicos, los nutracéuticos, los alicamentos, los "novel foods", entre otros.

En 1885 Rübner emite la hipótesis de la **Isodinamia**, según la cual se podría reemplazar un alimento por otro con tal que la cantidad de energía fuera la misma; rápidamente se cayó en cuenta que si los lípidos y los glúcidos eran necesarios para la vida de un individuo, las sustancias proteicas eran absolutamente indispensables y solamente a principios del siglo XX se descubre la importancia de las vitaminas en la alimentación.

La hipótesis de Lavoisier (la respiración es una combustión lenta), el descubrimiento del principio de conservación y de la transformación de la energía, la teoría de la isodinamia de Rübner, han influido en todas las investigaciones científicas dentro de la alimentación.

### **Termoquímica**

En esta época solamente se evaluaban los alimentos por las calorías que producían. Pierre Eugene Macelin Berthelot, nacido en 1827 y fallecido en 1907 a la edad de 80 años, (doctorado en 1854 con la tesis sobre la estructura y síntesis de grasa y combinación del glicerol con los ácidos grasos), fue el fundador de la **Termoquímica**, y perfecciona la bomba calorimétrica, midiendo el poder calórico de un combustible.

En este aparato Berthelot ha podido demostrar que:

1 gramo de glúcidos equivale a	4.1 Kcal.
1 gramo de lípidos equivale a	9.45 Kcal.
1 gramo de proteínas equivale a	5.65 Kcal.

Valores muy semejantes a los hallados por Lavoisier años atrás.

### **Calorimetría directa:**

Más recientemente Atwater, Rosa y Benedict ponen a punto la calorimetría directa o in vivo, mediante la cual un sujeto se encierra en un recinto de paredes metálicas que puede ser grande y por lo tanto el sujeto puede moverse libremente; o pequeño y el sujeto debe permanecer sentado dentro de la cámara de oxígeno para que respire, el CO<sub>2</sub> que expulsa se recoge sobre CaO produciéndose CaCO<sub>3</sub> y el agua que transpira se recoge sobre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El interior de esta cámara calorimétrica será mantenido a temperatura constante con la ayuda de un sistema por el cual pasa agua (serpentín). No puede existir ningún otro elemento que proporcione calor además del individuo como operadores, conexiones eléctricas, etc.

Conociendo la cantidad de CO<sub>2</sub> expulsada, la cantidad de agua producida y la variación de la temperatura del agua durante la experiencia, se ha podido determinar que, después de que el sujeto come se reportan las calorías así:

1 gramo glúcidos	4.1 Kcal.
1 gramo de lípidos	9.45 Kcal.
1 gramo de proteínas	4.30 Kcal.

Se observa una buena concordancia entre la experiencia in vitro e in vivo en glúcidos y lípidos pero no sucede igual con las proteínas. Esto se explica porque la bomba calorimétrica lleva las proteínas hasta el último grado de mineralización ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) en tanto que el organismo llega sólo hasta urea,  $\text{H}_2\text{N} - \text{C}=\text{O} - \text{NH}_2$  y ácido úrico, sustancias que todavía contienen energía, pero que el organismo no aprovecha porque no las puede metabolizar. Es importante resaltar que la urea es un compuesto fácilmente soluble en agua y es poco tóxica.

Las experiencias de la calorimetría directa son muy costosas y tienen la desventaja que requieren largos períodos de tiempo (horas) para realizar las medidas. Por este motivo se utiliza más la calorimetría indirecta.

### Calorimetría indirecta:

Se determinan el número de calorías producidas cuando se respira 1 litro de oxígeno y se elimina 1 litro de  $\text{CO}_2$ , pero estos datos son sólo válidos si con anticipación se ha determinado la cantidad de calorías que el sujeto recibiría al respirar 1 litro de oxígeno y eliminar 1 litro de  $\text{CO}_2$ , por cada tipo de alimento.

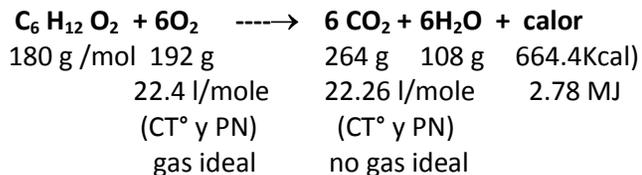
Se puede decir entonces que, cuando un organismo consume 1 litro de  $\text{O}_2$  libera:

Por 1 gramo de glúcidos: 5.047 Kcal  
 Por 1 gramo de lípidos: 9.686 Kcal.  
 Por 1 gramo de proteínas: 4.5 Kcal.

Energía que corresponde al “valor calorífico en  $\text{O}_2$ ” cuando se reporta a 1 litro de  $\text{O}_2$ , igual sucede con  $\text{CO}_2$  (valor calorífico en  $\text{CO}_2$ ).

Para determinar el número de calorías que corresponden a 1 litro de  $\text{O}_2$  se retoman las ecuaciones de base, que son las reacciones de oxidación del catabolismo de los diferentes tipos de alimentos, en este caso de los glúcidos:

### Glúcidos:



Para conocer el aporte de 1 g de glúcidos se realiza la siguiente operación:

$$664.4 \text{ Kcal} / 180 \text{ gramos} = 3.69 \text{ Kcal} / \text{g} \times 4.186 \text{ J} = 15.45 \text{ KJ} / \text{g}$$

Si se quiere conocer el aporte en calorías del sujeto, cuando respira 1 litro de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) para oxidar los

glúcidos se hace la relación:

$$22.4 \text{ l / mole} \times 6 \text{ moles} = 134.4 \text{ l}$$

$$22.26 \text{ l / mol} \times 6 \text{ moles} = 133.56$$

$$134.4 \text{ l} - 664.4 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ l} - 4.943 \text{ Kcal}$$

Entonces el aporte en calorías por litro de O<sub>2</sub> es de 4.943 Kcal o 20.7 KJ

A partir de esta experiencia se determina el QR (Cociente Respiratorio).

$$\text{Q.R.} = \text{Vol CO}_2 \text{ (l)} / \text{Vol O}_2 \text{ (l)}$$

Que en el caso de los glúcidos será:

$$\text{Q.R.} = 133.56 / 134.4 = 1.0$$

Esto implica que los glúcidos son completamente quemados en el organismo. Los valores van de 1.0 para carbohidratos, 0.7 para lípidos y 0.8 para proteínas.

En conclusión: 1 litro de O<sub>2</sub> consumido es equivalente a la producción de 4.943 Kcal (20.7 Kjoules) calor liberado, o sea, que conociendo el valor de O<sub>2</sub> consumido se puede calcular el calor liberado.

## Metabolismo alimentario

Es evidente que a cada momento debemos aportar al organismo la energía necesaria para que realice todas sus actividades: contracciones musculares, renovación celular, peristaltismo intestinal, secreción de hormonas principalmente tiroides, etc., que constituyen la base de nuestra vida, aunque es cierto que algunos individuos son más económicos que otros. La energía que es necesaria para asegurar los mecanismos vitales es indispensable. Si uno consume por debajo del aporte mínimo las consecuencias serán fatales (huelgas de hambre). Así, en regiones donde se presentan grandes hambrunas, de poco sirve tratar de salvar un niño que ha recibido menos de los aportes mínimos ya que sus mecanismos principales han sido atacados de manera irremediable.

Este metabolismo ha recibido el nombre de **metabolismo base** y no es igual en todos los individuos, se ha notado que al realizar experimentos semejantes aún sobre un mismo individuo se obtienen resultados diferentes, razón por la cual no se pueden extrapolar datos de un sujeto a otro aunque tengan la misma corpulencia y hayan comido lo mismo. Igual ocurre al extrapolar de un hombre a una mujer. El metabolismo está influenciado por varios factores que regulan los fenómenos vitales del organismo humano, se relaciona con nuestras funciones y se determina ya sea por calorimetría directa o indirecta.

Para realizar este estudio in vivo es necesario que el individuo este en ayuno entre 12 y 24 horas. El reposo físico y mental es muy importante. La experiencia se realiza a una temperatura de 18°C. Las cifras obtenidas se multiplican por el peso del sujeto o la superficie de la piel. Se han podido determinar valores medios de metabolismo base para adultos de 70 Kg y se ha encontrado que corresponden a:

**1680 Kcal para hombres / 24 horas**

**1420 Kcal para mujeres / 24 horas**

Así, el metabolismo base de un sujeto cualquiera, será expresado en relación con ese metabolismo medio.

Para calcular la tasa de metabolismo basal o TMB: Consumo Energético Basal Kcal/día se utiliza, entre otras, la fórmula de Harris-Benedict:

$$\text{Hombres: } 66 + (13.7 * P) + (5 * T) - (6.8 * E)$$

$$\text{Mujeres: } 65.5 + (9.6 * P) + (1.8 * T) - (4.7 * E)$$

P= peso (Kg)    T= Talla (cm)    E = Edad (años)

Estos resultados se ajustan en  $-10\%$  en nutrición parenteral y en  $+5\%$  en normal (ADS)\*.

El metabolismo basal está principalmente influenciado por factores endocrinos y es muy importante desde el punto de vista clínico ya que traduce rápidamente la actividad de ciertas glándulas como la tiroides y la hipófisis. Un alto funcionamiento de la glándula tiroides implica un alto consumo de  $O_2$  y por lo tanto el metabolismo basal se eleva; al contrario si la glándula tiroides no tiene un buen funcionamiento, el metabolismo basal será inferior al promedio. La hipófisis y las glándulas genitales también tienen influencia sobre este metabolismo.

**El Metabolismo basal** se define entonces como: *la cantidad de energía, en calorías, que requiere una persona en reposo y en ayunas (energía mínima).*

**El Metabolismo de Mantenimiento** corresponde al número de calorías necesarias para realizar las actividades diarias.

**El Metabolismo de Funcionamiento** es la suma de calorías del metabolismo basal y de mantenimiento, está entre 1900 y 2200 calorías para personas adultas; estos valores pueden variar.

\***La Acción Dinámica Específica (ADS)**; corresponde a la producción metabólica de calor, debida al consumo de los principios nutritivos mayoritarios (efecto térmico de los alimentos). Por término medio el **5 o 6%** de la energía contenida en la alimentación se disipa en forma de ADS y por tanto, este valor debe adicionarse al metabolismo de funcionamiento. El hecho es especialmente claro en las proteínas.

**1 gramo de proteínas disipa 30% más de 4 Kcal (1.2 Kcal)**

**1 gramo de lípidos disipa 15% más de 9 Kcal**

**1 gramo de glúcidos disipa 5% más de 4 Kcal**

No se conoce claramente el mecanismo. Los coeficientes del ADS se deben a Max Rübner fisiólogo alemán (1834-1922).

En la tabla 5 se muestran los requerimientos aproximados de energía de diferentes tipos de población, según el sexo, la edad, el peso y los niveles de actividad.

**Tabla 5**  
**Calorías necesarias para el metabolismo de funcionamiento**

Edad	Hombres		Mujeres	
	Peso	Kcal	Peso	Kcal
1 año	10.0	1090	9.5	1035
3 años	14.5	1385	14.0	1330
5 años	18.5	1700	17.5	1540
10 años	31.5	2115	32.5	1885
15 año	56.5	2655	53.5	2155
25 años	65.0		55.0	
Actividad ligera		2530		2040
		2905		2145
Actividad moderada				
65 años	65.0		55.0	
Actividad ligera		2060		1830

Tomada de Internet (1999) <File://AI/EnerReq.htm>

Es importante tener en cuenta que el requerimiento energético depende de otras variables además del peso y la edad, tales que: crecimiento, actividad física, el clima, el estado fisiológico, etc.

### Disponibilidad calórica mundial

Recientemente, un nuevo mapa de nutrición de la FAO (1998) revela un fuerte desequilibrio en la disponibilidad de alimentos entre países ricos y pobres. Dice que entre los países más industrializados y los menos desarrollados hay una enorme diferencia en la disponibilidad de los alimentos por persona. Si Dinamarca, Portugal, Irlanda, Estados Unidos y Grecia encabezan la lista de países donde esa disponibilidad es mayor, Mozambique, Burundi, Afganistán, Eritrea y Somalia son las naciones donde es más difícil el acceso a los alimentos.

A nivel mundial, el promedio de kilocalorías (Kcal.) disponibles por persona y día es de 2.760 de las cuales el 66 por ciento son hidratos de carbono, el 23 por ciento grasas y el 11 por ciento proteínas. En los países industrializados la cifra de alimentos disponibles es la más elevada del globo: el promedio de aporte diario de kilocalorías es de 3.340 por persona, mientras en los países más pobres la cantidad es solamente de 2.060 Kcal y en los países en transición de 2.850 Kcal.

En los países pobres la dieta es mucho menos variada, los cereales representan el 62 por ciento del aporte diario de energía, respecto al 27 por ciento de los países industrializados. Las proteínas aportan menos del 10 por ciento del consumo diario de energía, mientras en los países ricos el porcentaje supera

el 12 por ciento. El consumo de grasas en los países pobres roza apenas el 15 por ciento, comparado con el 35 por ciento de los países industrializados.

"En el planeta, hay alimentos suficientes para nutrir al mundo entero, pero ni están distribuidos equitativamente ni mucha gente tiene medios para comprarlos", sostiene Hartwig de Haen, Subdirector General de la FAO y Jefe del Departamento Económico y Social de la Organización.

En los países industrializados el consumo de energías en la dieta diaria media es de 3.340 kilocalorías. El abastecimiento alimentario más alto es el de Dinamarca (3.780kcal), seguido de: Portugal (3.650), Irlanda (3.620), Estados Unidos (3.620), Grecia (3.600), Bélgica y Luxemburgo (3.570), Francia (3.550), Italia (3.480), entre otros. Los cereales representan en estos países, algo más de la cuarta parte de la dieta. Carne, pescado, huevos y leche constituyen otra cuarta parte. En muchas de esas naciones, el consumo diario de grasas es elevado, la obesidad está muy extendida y las enfermedades no contagiosas relacionadas con la alimentación como los trastornos cardiovasculares y la tensión alta constituyen uno de los principales problemas sanitarios.

En América Latina y Caribe (promedio 2.780 Kcal.) el mayor abastecimiento de alimentos es el de Barbados (3.170) seguido de: México (3.140), Argentina (3.120), Dominica (3.070), Brasil (2.880), Belize (2.840), Costa Rica (2.810), Santa Lucía (2.810), Uruguay (2.800), Chile (2.770), **Colombia (2.740)**, Granada (2.700), Venezuela (2.400), Antigua y Barbuda (2.390), Cuba (2.350), Honduras (2.340), República Dominicana (2.320), Nicaragua (2.310), Perú (2.260), Guatemala (2.250), Kitts y Nevis (2.240), Bolivia (2.160) y Haití (1.830).

En África Subsahariana el régimen alimentario se basa principalmente en los cereales (46 por ciento) y los tubérculos (20 por ciento). El promedio DES se calcula en 2.150 Kcal. y más de la mitad de los países se sitúan por debajo de ese nivel. El abastecimiento más alto es el de Cabo Verde (3.160) seguido de Islas Mauricio (2.970), Mauritania (2.630), Ghana (2.560), Nigeria (2.550), Suazilandia (2.530), Congo (1.880), Islas Comoras (1.830), Etiopía (1.780), Mozambique (1.720), Burundi (1.710), Eritea (1.640) y Somalia (1.580)

### **Cálculo del requerimiento calórico individual**

La cantidad de energía necesaria para cada individuo depende de:

- Metabolismo basal
- Termo regulación o mantenimiento de la temperatura corporal.
- Acción dinámica específica de los alimentos.
- Actividad física
- Edad
- Sexo
- Estado fisiológico

En la tabla 6 se relacionan los factores por los cuales debe multiplicarse la TMB/hora, con el fin de hallar el total de calorías que una persona necesita diariamente. Por ejemplo un individuo de 70 Kg. que necesita 1680 Kcal. por día para su metabolismo basal, al dividirlos por 24 horas da la TMB/hora y que será de 70 Kcal. /hora.

Entonces, si la persona permanece sentado 5 horas, gastará 420 Kcal. (70 Kcal. x 5 horas x 1,2 que es el factor para esa actividad). De la misma manera se calculan las calorías gastadas en sus demás

actividades hasta completar las 24 horas, finalmente se realiza el consolidado y así se conoce el total de Kcal./día requeridas por el individuo o Kcal. necesarias para el metabolismo de funcionamiento.

**Tabla 6. Factores por actividad**

Actividad	Hombre	Mujer
Sentado	1.2	1.2
Parado	1.4	1.5
Caminar (Paso normal)	3.2	3.4
Carpintería	3.5	2.7 (Lavado ropa)

(Internet: James and Schafield1990)

El factor que más influye en la variabilidad de las necesidades energéticas de los individuos es la actividad física. Se han establecido tres categorías de actividad física: ligera, mediana y pesada, siendo mayores las necesidades para personas que realicen un trabajo pesado; así, en el caso de un hombre que realice un trabajo pesado el factor es de 2,1 en tanto que para una mujer es 1,82.

En general una persona que realice un:

- Trabajo moderado requiere 2200 a 3000 Kcal. / 24 horas
- Trabajo duro requiere 3000 a 5000kcal / 24 horas
- Trabajo máximo requiere 5000 Kcal. / 24 horas
- Mujeres en embarazo 2500 a 3000 Kcal. / día.

En un individuo que nunca gana peso la E ingerida = E liberada; en niños es más difícil hacer la relación porque están creciendo. Una mujer embarazada debe aumentar su consumo energético en 150 kcal durante el primer trimestre y en 350 durante los dos últimos, así mismo aumentar 500 kcal al amamantar.

### **Digestibilidad**

Es a partir de los alimentos que el hombre va a obtener el aporte calórico necesario para poder vivir y cumplir con sus actividades; ya conocemos los factores por los cuales se multiplican los componentes mayoritarios de los alimentos para conocer el número total de Kcal que proporcionan, pero hay un factor que no se puede desdeñar y que tiene que ver con la digestibilidad ya que no es suficiente con determinar el papel calórico de 1 g de glúcidos, pues es evidente que en los alimentos no son todos asimilables de la misma manera.

Por ejemplo: el almidón contenido en los cereales puede estar envuelto en celulosa, lo que hace que nuestras enzimas no puedan atacarlo y por lo tanto no sacar provecho. Las proteínas que no hayan sido catabolizadas hasta el último estado, pueden igualmente ser protegidos de los jugos gástricos por partículas fibrosas no atacables.

Se hace necesario entonces tener cuenta los **coeficientes de digestibilidad**, que en general establecen así:

- Los glúcidos se asimilan en un 98%
- Los lípidos se asimilan en un 95%
- Las proteínas se asimilan en un 92%

Y por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ gramo glúcidos} & 4.10 \times 0,98 \text{ o } 0,99 = 4 \text{ Kcal/g} \\
 1 \text{ gramo lípidos} & 9,45 \times 0,95 = 9 \text{ Kcal/g} \\
 1 \text{ gramo proteínas} & 4,30 \times 0,92 = 4 \text{ Kcal/g}
 \end{aligned}$$

Los factores 4,9 y 4 se conocen como factores clásicos de atwater y son los que se utilizan usualmente para calcular la cantidad de calorías de un alimento.

**Tabla 7**  
**Digestibilidad real en la alimentación humana**

Fuente de proteínas	Digestibilidad
Huevos	97
Leche + queso	95
Carne, pescado	94
Maíz	85
Arroz pulido	88
Harina avena	86
Trigo entero	86
Trigo refinado	96
Harina de soya	86
Frijol	78
Maíz + frijol	78

### Medida de la capacidad de recuperación de calorías por el organismo

Mediante la bomba calorimétrica, se puede determinar el número de calorías incluidas en una ración alimentaria. Esta misma ración se da al individuo. Luego se halla el valor en calorías de las excretas y por diferencia se obtienen las calorías que han sido recuperadas por el organismo.

Conociendo también los contenidos en glúcidos, lípidos y proteínas de un alimento, se puede determinar el valor calórico. Por ejemplo para 100 gramos de leche líquida:

<b>Lactosa</b>	<b>5%</b>	<b>(5g*4Kcal/g)</b>	<b>=20Kcal</b>
<b>Grasa</b>	<b>3%</b>	<b>(3g*9Kcal/g)</b>	<b>=27Kcal</b>
<b>Caseína</b>	<b>3%</b>	<b>(3g*4Kcal/g)</b>	<b>=<u>12Kcal</u></b>
			<b>59 Kcal</b>

Se concluye que 100 gramos de leche líquida proporcionan 59 Kcal.

## ALIMENTO

### **Definición desde la Reglamentación Colombiana:**

**Alimento** se define, según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 512-1/1996 y el Decreto 3075 del 23 de diciembre de 1997 como: “toda sustancia en estado natural, semielaborada o elaborada, que ingerida aporta al organismo los materiales y la energía necesarias para el desarrollo de los procesos biológicos. También se incluyen bebidas no alcohólicas y aquellas sustancias con que se sazonan algunos comestibles y que se conocen con el nombre genérico de especia. La misma norma define además los siguientes términos:

#### **Alimento adulterado:**

1. Alimento al cual se le hayan sustituido parte de los elementos constituyentes, reemplazándolas o no por otras sustancias.
2. Que haya sido adicionado por sustancias no autorizadas.
3. Que haya sido sometido a tratamientos que disimulen u oculten sus condiciones originales.
4. Que por deficiencias en su calidad hayan sido disimuladas sus condiciones originales.

**Alimento alterado:** alimento que sufre modificación o degradación, parcial o total, de los constituyentes que le son propios, por agentes físicos, químicos o biológicos.

**Alimento contaminado:** alimento que contiene agentes y/o sustancias extrañas de cualquier naturaleza en cantidades superiores a las permitidas en las normas nacionales, o en su defecto en normas reconocidas internacionalmente.

**Alimento de mayor riesgo en salud pública:** alimento que, en razón de sus características de composición especialmente en sus contenidos nutricionales, Aw (actividad acuosa) y pH favorece el crecimiento microbiano y por consiguiente cualquier deficiencia en su proceso, manipulación, conservación, transporte, distribución y comercialización, puede ocasionar trastornos a la salud del consumidor.

**Alimento falsificado:** Alimento falsificado es aquel que:

Se le designe o expendan con nombre o calificativo distinto al que le corresponde.

Su envase, rótulo o etiqueta contenga diseño o declaración ambigua, falsa o que pueda inducir o producir engaño o confusión respecto a su composición intrínseca o uso.

No proceda de sus verdaderos fabricantes o que tenga la apariencia y caracteres generales de un producto legítimo, protegido o no por marca registrada y que se denomine como este sin serlo.

**Alimento perecedero:** es el alimento que en razón de su composición, características físico-químicas y biológicas, pueda experimentar alteración de diversa naturaleza en un tiempo determinado y por lo tanto, exige condiciones especiales de proceso, conservación, almacenamiento, transporte y expendio.

**Alimento Completo:** aquel que aporta proteínas, carbohidratos y grasas, además elementos menores. Generalmente los cereales son los más completos aunque la calidad de su proteína no es la mejor. La leche también lo es. Los alimentos procesados para bebés y otros para personas enfermas son muy

completos. Algunos autores consideran alimentos completos los que tengan muchas proteínas y minerales.

**Alimento incompleto:** le faltan uno o más nutrientes (carne, huevos, mantequillas)

**Alimento carente:** a pesar de tener los componentes principales no tiene los amino-ácidos esenciales o los ácidos grasos esenciales.

**Alimento infeccioso:** tiene sustancias perjudiciales al organismo, difíciles de digerir o tóxicas. Es así como los frijoles, la soya y el algodón, tienen sustancias antinutricionales como antiproteasas, hemoaglutininas o gosispol respectivamente; la contaminación bacteriana, los hongos (micotoxinas), y las levaduras, los metales (mejillones con mercurio acumulado en sus tejidos), los pesticidas presentes en los alimentos por encima de los límites residuales permitidos.

### **Definición desde la ciencia:**

Desde la Bromatología, el alimento se define como “el vehículo natural de origen vegetal o animal, destinado a introducir al organismo los nutrientes que él requiere, ya sean naturales o procesados”.

Los alimentos poseen componentes mayoritarios como son proteínas, carbohidratos, lípidos y minoritarios como vitaminas y minerales, estos a su vez pueden ser macroelementos y microelementos más conocidos como oligoelementos dependiendo de lo que necesita el organismo (Ca, Se).

El agua aunque no se considera un nutriente, es una sustancia indispensable para la vida.

Algunos alimentos poseen todo el conjunto de componentes pero en cantidades variables, otros sólo poseen unos, o uno solo como en el azúcar.

### **Proceso de Digestión**

En el organismo, el alimento sufre el siguiente proceso: Ingestión → Digestión → Absorción → Asimilación. La primera etapa se conoce como **catabolismo** y la segunda etapa como **anabolismo**.

El proceso se inicia desde la **boca** donde el alimento es masticado y mezclado con la saliva que tiene enzimas como la amilasa, es desplazado hasta el **estómago** donde se almacena y licúa y es adicionado del jugo gástrico que contiene pepsina y renina y un pH ácido dado por HCl. El **hígado** libera bilis y sales que ayudan a emulsionar el alimento catabolizado, el **páncreas** libera jugo pancreático, lipasas, tripsinas, quimiotripsinas y amilasa, En el **intestino delgado** se lleva a cabo la digestión final de sustancias que aún no habían sufrido este proceso, se libera el **jugo intestinal** y enzimas como **peptidasas y maltasa**. Aquí se absorben las sustancias y pasan a la circulación.

Cada nutriente se va desdoblado en las partículas menores así:

- Proteínas: se desdoblado en aminoácidos que forman tejido muscular, cardíaco, enzimas, sangre, etc.

- Carbohidratos: se transforman en glucosa que se almacena como glucógeno (polímero de glucosa) o se utiliza para producir energía.
- Grasas: se desdoblan hasta ácidos grasos y glicerol, forman tejido graso y proporcionan altas cantidades de energía. Las pequeñas partículas pasan al torrente circulatorio por la pared intestinal y se asimilan para formar nuevos tejidos. Además producen  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{E}$  que es la que necesita el organismo para cumplir con sus funciones.

Las vitaminas ayudan en el metabolismo de ciertas sustancias y los minerales participan en reacciones bioquímicas por ejemplo de fosforilación en el  $\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}$ , el yodo que actúa en la tiroides y cuya ausencia produce *bocio endémico*: (hipertrofia de la glándula tiroides), el calcio y la vitamina D elementos indispensables en la formación y mantenimiento de los huesos.

Cada nutriente entonces, tiene una función específica y esto obliga a que debe existir un equilibrio entre el hombre, los alimentos y el medio ambiente: además en los alimentos debe haber un equilibrio: energético, plástico, proteínico, de carbohidratos, grasas, minerales y agua, si se consumen solamente grasas se rompe el equilibrio y hay descompensación. También la carencia de vitaminas y minerales implica pérdida del equilibrio. El consumo bajo de proteínas es grave ya que el organismo no puede generar por el mismo sus tejidos a partir de carbohidratos y grasas; la sangre es un tejido de renovación continua, así como los músculos.

### **Nutrientes mayoritarios**

**Carbohidratos:** básicamente son compuestos de C, H, O en los cuales los dos últimos elementos se encuentran en una proporción semejante a la que tienen en el agua. Fórmula:  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ , (ver figura 1), son polihidroaldehydos o polihidroxiacetonas. A veces se incluyen compuestos que tienen elementos inorgánicos y otros como los ácidos orgánicos, aunque estos son tan importantes que a veces se clasifican solos.

Muchas veces carbohidratos complejos son repetición de moléculas como glucosa y el compuesto varía en complejidad según como se unan, por ejemplo: el almidón tiene uniones  $\alpha$  (1-4) y la celulosa  $\beta$  (1-4); igual sucede cuando carbohidratos se unen con sustancias que no pertenecen al grupo como pasa con la lignina y el silicio.

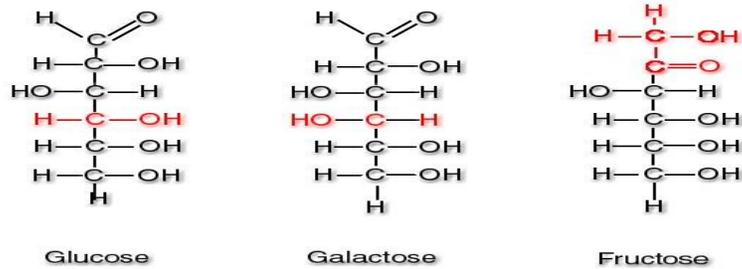
En la dieta humana, los carbohidratos proceden de los vegetales, especialmente de cereales y derivados como las harinas, también del azúcar y las conservas. En los países en desarrollo, la ingesta de carbohidratos puede superar el 70%, en la dieta occidental el 50% de las calorías provienen de carbohidratos y la mitad de azúcares simples (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa procedente de animales), algo de maltosa y cantidades ínfimas de trehalosas, Por lo anterior es muy grave cuando se presentan las crisis con los cereales o aumenta mucho su precio.

La opinión nutricional es favorable a un nivel de carbohidratos que proporcione del 50% al 65% de la energía total, lo que corresponde a unas 1300 Kcal, si se asume un total de calorías de 2000 diarias, lo que corresponde a 325 gramos. Como se observó en el párrafo anterior, factores ecológicos y económicos determinan amplias variaciones en el consumo de estas sustancias (20% - 80%).

Entre los carbohidratos se encuentran:

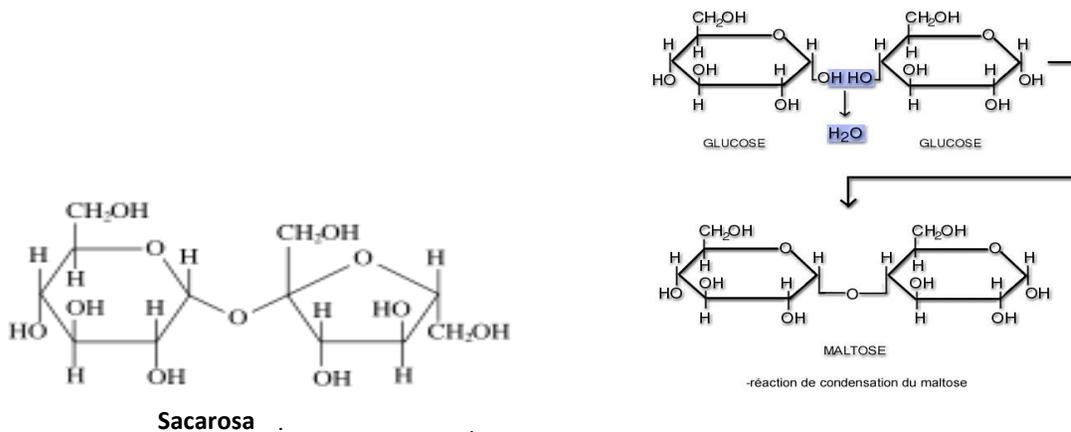
**Monosacáridos** como glucosa, galactosa, fructosa, ribosa, arabinosa, xylosa.

**Figura 3**



**Disacáridos:** Sacarosa, lactosa y en menor cantidad maltosa; son reductores con excepción de la sacarosa

**Figura 4**

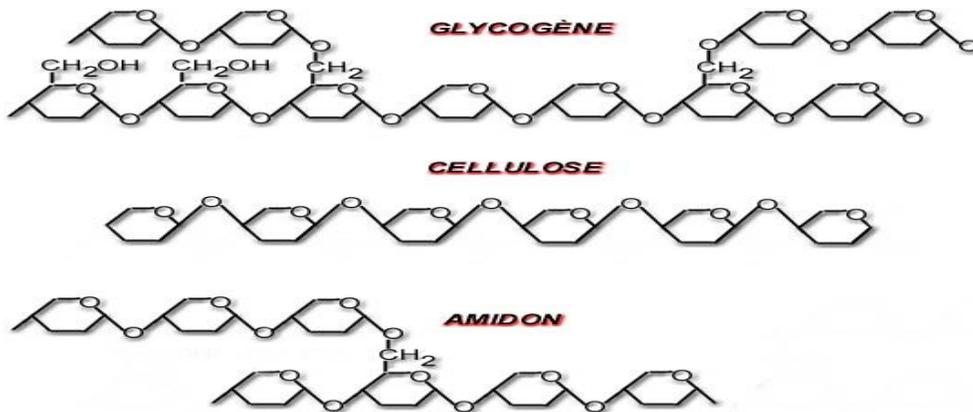


**Trisacáridos:** Refinosa: Glu-Fru- Gal. (azúcar no reductor)

**Tetrasacáridos:** Estaquirosa: Gal-Gal-F-G

**Polisacáridos:** Son polímeros de glucosa (ver figura 5), entre los cuales se encuentran, almidón, glucógeno, celulosa, pectina.

Figura 5



Los carbohidratos no son igualmente utilizables en el sentido de metabolizados y por lo tanto no pueden contribuir lo mismo al aporte de energía. Por ejemplo: el almidón, carbohidrato mayoritario en los alimentos se considera “utilizable” porque es degradado por las enzimas de la boca y del intestino delgado que rompe los enlaces glicosídicos  $\alpha$ -(1-4) liberando unidades de maltosa que llegan hasta el intestino donde son divididos en monosacáridos. La corriente sanguínea los transporta a los tejidos corporales para la síntesis o para la producción de energía.

#### ***Fibra dietética o dietaria.***

Está formada por sustancias no digeribles en el organismo humano como son celulosa, lignina, celobiosa, hemicelulosa, pectina, gomas y mucílagos, y sustancias adicionadas con fines tecnológicos como agar, goma guar carragen, galactomananos [galactosa-mananosa (1:86)], inclusive, ciertos autores incluyen como parte de la fibra algunos compuestos fenólicos, el ácido fítico y otros compuestos antinutricionales presentes en pequeñas cantidades en los alimentos, todas las sustancias mencionadas anteriormente son carbohidratos “no digeribles” incluyendo la lignina. Se incluye entre los alimentos funcionales de diseño o nutracéuticos (“No hay que olvidar el beneficio social de éstos alimentos, ya que la función que se les atribuye es la de prevenir, e incluso curar, determinadas enfermedades”), sus principales ámbitos incluye las enfermedades cardiovasculares, el desarrollo de tumores malignos, la obesidad, el control de la función inmune, la modulación del envejecimiento y del comportamiento”.

Los fructo-oligosacáridos son aceptados como fibra alimentaria desde marzo 13 de 1995. Provocan disminución del pH en el intestino grueso propiciando un medio ideal para el desarrollo de la flora bifidogénica, a la vez que limita el desarrollo de bacterias consideradas patógenas. Gozan de la inscripción de “Ingredientes beneficiosos para el organismo”.

El polisacárido **celulosa** (ver figura 5), a partir del cual se forma la parte estructural de los tejidos vegetales, se considera “no utilizable” porque el sistema digestivo humano no posee los enzimas necesarios para degradar los enlaces  $\beta$ -(1-4) glicosídicos mediante los cuales se forma la estructura, al contrario de lo que sucede en los animales, especialmente los rumiantes, que poseen una flora microbiana capaz de producir la enzima que degrada ese polímero en glucosa, convirtiéndose en un

aporte importante de energía.

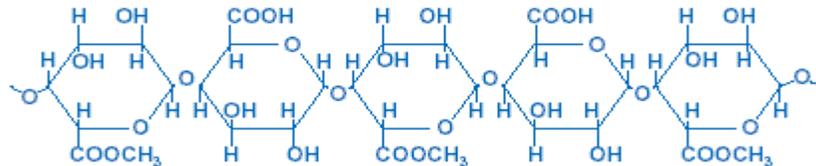
**Hemicelulosa** o pentosanas: son polisacáridos como arabinos, galactanos, mananos, xilanos y ácido urónico. Esta fracción de fibra es insoluble en agua caliente, y en ácidos y base diluidos. La energía derivada de estos compuestos es muy limitada.

**Lignina:** Compuesto principal de la pared celular de vegetales, formado por sustancias fenólicas acompañados de nitrógeno especialmente durante el desarrollo. Es totalmente indigerible.

Todas estas sustancias aportan material voluminoso para el funcionamiento del intestino y absorben sustancias tóxicas por unión con ácidos biliares, intercambio catiónico y retienen agua, formando productos de alta viscosidad. La celulosa y la hemicelulosa son las sustancias que se van a encontrar en mayor porcentaje en los alimentos, le siguen ligninas y pectinas.

**Pectina:** Ester multimetílico del ácido pectico compuesto de polímeros de cadena larga del ácido galacturónico (con algunas unidades de galactosa o arabinosa). Se encuentra en la laminilla media de vegetales y en las monocotiledoneas, (cereales) está presente en baja cantidad en tanto que en las dicotiledoneas (legumbres) la cantidad es alta.

**Figura 6**



**Pectina**

**Inulina:** polímero de moléculas de D-fructuosa (ajos, cebollas).

**Agar:** es un éster del ácido sulfúrico de un polisacárido de la galactosa presente en algas.

**Quitina:** presente en el exoesqueleto del cangrejo, así como en los insectos es un polímero de la glucosamina.

La fibra dietética o dietaria total (FDT) es un concepto usado en nutrición humana, para denominar los remanentes de las paredes celulares vegetales que resisten la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre. La fibra juega papel importante en el tracto gastrointestinal ya que aumenta el tamaño de la materia fecal, disminuye absorción de carbohidratos digeribles, previene enfermedades como diverticulitis, los problemas cardiovasculares, el cáncer de colon y la diabetes. Contrariamente su consumo ha estado ligado a la baja de la biodisponibilidad de algunos minerales como Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn, aunque hay mucha inconsistencia en las investigaciones.

En general se estima que el consumo de 20 a 30 g de fibra no tiene ningún problema en la biodisponibilidad de minerales. En vista de los beneficios anteriores, se considera deseable un consumo de 3-5 porciones de vegetales y frutas y también de cereales integrales. La demostración de que cierta proporción del almidón, especialmente sometido a tratamientos térmicos, escapa a la digestión del intestino delgado ha dado lugar al concepto de **almidón resistente**. Dicho almidón se forma durante la

retrogradación de la amilasa y por lo tanto existen grandes cantidades en alimentos como patatas, algunos autores han encontrado este producto en algunas frutas. En la actualidad hay desacuerdo en si se debe incluir o no en la fibra dietaria.

**Tabla 8**

**Contenido fibra cruda (FC) vs fibra dietética total (FDT)**

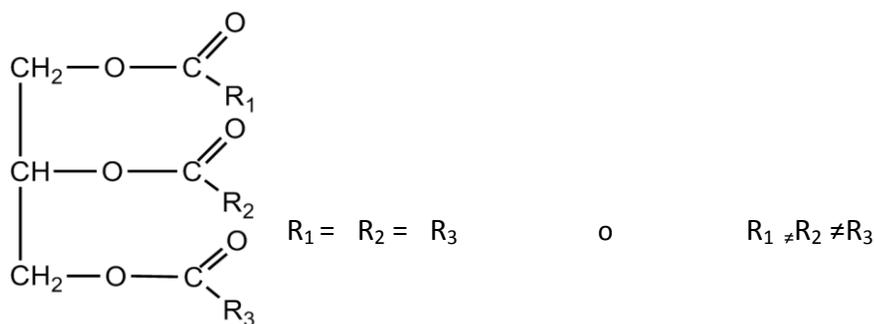
Alimento	Humedad	% Fibra Cruda	% Fibra Dietética Total
Pan integral	31,4	1,7	5,1
Pan Blanco	36,0	0,6	4,4
Papa entera	81,8	1,0	2,6
Papa pelada	77,8	0,5	1,9
Habichuela	89,8	1,6	4,0
Berenjena	93,1	2,0	4,0
Lechuga batavia	95,1	1,0	1,1
Pimiento	90,1	1,0	2,2
Coliflor	91,3	1,4	3,7
Apio	95,0	1,9	4,6
Rábano	88,1	0,7	2,3
Repollo	92,2	1,0	2,8
Cebolla blanca	90,9	1,2	1,6
Zanahoria	89,6	1,1	3,4
Manzana ana	88,3	1,5	5,6
Naranja pelada	86,4	0,7	2,0

(Vitae. 1999)

**Los lípidos:** Proporcionan la mayor cantidad de energía que requiere el hombre, aportando a igualdad de peso más del doble de la energía de carbohidratos y proteínas. Además inciden en sabor y textura; huevos, carne, lácteos, margarina, mantequilla, aceites, son las fuentes primarias de lípidos. El nivel que se acepta está entre 25% y 35%. En los países en desarrollo se aportan 6%-10% y en países desarrollados y áreas superpobladas se consumen entre 35% y 45%.

Los lípidos son un grupo de sustancias naturales insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicas. Están conformadas por glicerol y ácidos grasos y pueden ser mono, di o triglicéridos. Los lípidos más complejos son los fosfolípidos.

**Figura 7 Triglicéridos**



**Lípidos Simples:** Ceras, grasa y aceites.

**Lípidos Complejos:** fosfolípidos, glucolípidos, prostaglandinas, esteroides, terpenos, etc., y en general compuestos insolubles en agua y solubles en éter. Normalmente la grasa ingerida corresponde en 95% a glicéridos y lo demás a ceras, fosfolípidos, esteroides y ácidos grasos.

Después de la ingestión, la grasa pasa a través del estómago y penetra en el duodeno donde es hidrolizada por enzimas lipasas, produciéndose ácidos grasos, monoglicéridos y glicerol. Estos productos, junto a las sales biliares producen condiciones en que la grasa puede ser emulsionada en gotitas diminutas que favorecen la posterior digestión y absorción a través de la mucosa del intestino delgado. Allí la grasa puede sufrir nuevas digestiones y en la corriente sanguínea procesos de resíntesis para la producción de nuevos triglicéridos a partir de los ácidos grasos. Los triglicéridos de la alimentación pierden su identidad siendo transformados en los triglicéridos característicos de la especie que los ingiere. Los triglicéridos son transportados directa o indirectamente vía el hígado donde sufren procesos de resíntesis o son almacenados en el tejido adiposo como reservorio energético o material sintético.

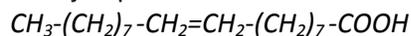
La total exclusión de la grasa de la dieta produce disminución en el crecimiento de los animales, descamación de la piel, perjudica la reproducción y daña los riñones. Las anomalías se curan adicionando a la dieta ácidos grasos linoléico y  $\alpha$  linolénico y araquidónico que tienen dobles enlaces en  $C_6$  y  $C_3$  o  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 contados a partir del metilo terminal y no pueden ser sintetizados como los demás. La grasa es por lo tanto necesaria para los tejidos vivos y esencial en la dieta humana. Debido a que puede almacenarse y movilizarse es una reserva muy importante; además las grasas proporcionan las vitaminas liposolubles A, D y E.

Muchas de las propiedades nutricionales de los lípidos dependen de sus ácidos grasos, de la longitud de la cadena carbonada, el estado de saturación o insaturación, y la isomería geométrica o cis – trans. No sólo la presencia de los dobles enlaces en la molécula, configura las propiedades de los ácidos grasos, es necesario precisar su ubicación en la molécula. Esta se define así:

Partiendo del grupo carboxilo (COOH), en cuyo caso se utiliza la letra delta ( $\delta$ ) para referenciar la posición del doble enlace así,  $\Delta 9$  significa que existe un doble enlace en la posición 9 del ácido, contando a partir del grupo ácido terminal.

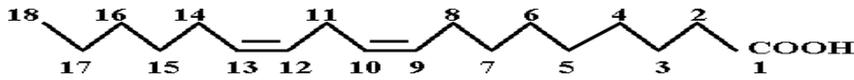
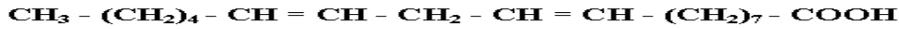
O a partir del grupo metilo terminal (CH)<sub>3</sub>, en cuyo caso se utiliza la letra omega ( $\Omega$ ) y en este caso un ácido graso omega 9 indica que hay un doble enlace contando a partir del metilo terminal. De esta manera, se configuran familias de ácidos grasos de gran importancia nutricional en la actualidad como se anota en lo relacionado con los ácidos grasos esenciales.

Por ejemplo:

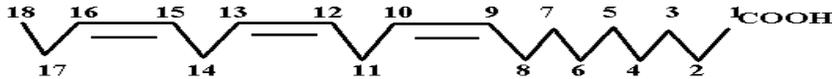


La estructura anterior corresponde al ácido oléico, un ácido graso insaturado en posición  $\Delta 9$  y perteneciente a la familia omega 9 ( $\Omega 9$ ). En lo relacionado con los ácidos grasos insaturados se consideran de gran importancia las familias  $\alpha$ -3  $\alpha$ -6 y  $\alpha$ -9; los prototipos de  $\alpha$ -6 y  $\alpha$ -9 son respectivamente linoléico y oléico mientras que el más importante de los  $\alpha$ -3 es el  $\alpha$ -linolénico.

Figura 8



Acido linoléico



Acido linolénico

El ácido araquidónico (C<sub>20</sub>:4 $\alpha$ -6) es uno de los derivados del linoléico (C<sub>18</sub>: 2 $\alpha$ -6) y el más importante de ellos, puesto que a su vez es el precursor de los eicosanoides como son: el tromboxano A<sub>2</sub>, formado en las plaquetas, que es un potente agente vasoconstrictor y agregante plaquetario y la prostaciclina que se sintetiza en el endotelio vascular y tiene unos efectos opuestos a los del tromboxano 2. El equilibrio entre estos eicosanoides desempeña un papel muy importante en la hemostasis.

Tabla 9

**Nomenclatura tradicional y actual de los ácidos grasos más comunes en los lípidos**

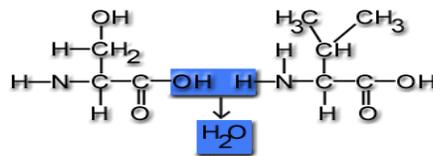
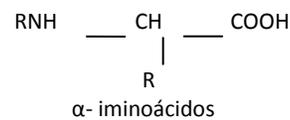
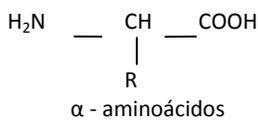
Saturados	Nombre Químico	Formula empirica	Símbolos	Punto de fusión (PF°C)
Butírico	Butanoico	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> : O	-4,3
Caproico	Hexanoico	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> : O	-2,0
Caprilico	Octanoico	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> : O	16,5
Cáprico	Decanoico	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>10</sub> : O	31,4
Láurico	Dodecanoico	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>12</sub> : O	44,0
Mirístico	Tetradecanoico	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>14</sub> : O	63,0
Palmítico	Hexadecanoico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>16</sub> : O	68,0
Esteárico	Octadecanoico	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>18</sub> : O	71.5
Insaturados	Nombre Químico	Fórmula empirica	Símbolos	Punto de fusión(PF°C)
Palmitoléico	Hexadecenoico	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>16</sub> :1 <sup>A</sup> 9	1.5
Oleico	Octadecenoico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>18</sub> :1 <sup>A</sup> 9 C <sub>18</sub> :W9	16.3
Linoléico	Octadecadienoico	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>18</sub> :2 <sup>A</sup> 9,12 C <sub>18</sub> :2W6	-5.0
Linolénico	Octadecatrienoico	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>18</sub> :3 <sup>A</sup> 9,12,15 C <sub>18</sub> :3W <sub>3</sub>	-11.3
Araquidónico	Eicosatetranoico	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>20</sub> :4 <sup>A</sup> 5,8,11,14 C <sub>20</sub> :4W6	-49.5

(Fuente Maynard. A.L. y otros. Nutrición Animal. 1989)

Experiencias en los animales han demostrado que deficiencias en ácidos grasos  $\Omega$ -3 disminuyen la capacidad de aprendizaje y agudeza visual.

Serie ácido oleico  $\alpha$ -9: C18:1  $\alpha$ -9 – C18:2  $\alpha$ -9 – C20:3  $\alpha$ -9 – C22:3  $\alpha$ -9: estos ácidos grasos son esenciales debido a la incapacidad del organismo para introducir un doble enlaces en posiciones más distales del C9 ( $\delta$ -9), respecto al carboxilo terminal del ácido graso.

**Las proteínas :** La palabra viene del griego *proteios* que quiere decir primera calidad. Tienen peso molecular (p.m.) altos, por ejemplo: hemoglobina 67000, gamaglobulina 157000, insulina 50000. Son polímeros cuyas unidades básicas son amino o iminoácidos unidos por enlaces peptídicos con grupos ácidos. Estas moléculas se hidrolizan produciendo peptonas y aminoácidos.



-réaction de polymérisation des acides aminés

Cada proteína tiene una sección de aminoácidos característico y sus propiedades físicas y químicas varían según composición, secuencia, entrecruzamiento de unidades, etc.

La desnaturalización de proteínas produce desorganización de la estructura pero, no quiere decir que no sirve (clara de huevo sometida al calor sufre coagulación); si una proteína sufre deshidratación, al adicionar agua vuelve a recobrar su forma a pesar de que haya cierto cambio de la solubilidad, agitación, y rompimiento de moléculas cambiando algo la estructura.

Las proteínas proceden de fuentes animales y vegetales; carne, pescado, leche, huevos, cereales, leguminosas, semillas y frutos de nuez. Los contenidos pueden apreciarse en la tabla 10.

**Tabla 10**

**Contenido proteínico (% en peso) de algunos alimentos**

Alimentos de origen Vegetal	Alimentos de origen animal
Granos de soja 35 % Biscochos 10 % Pan blanco 7,2 % Legumbres frescas 0,5 % à 4 %	Carne 20 % Pescado 20 % Huevos de 50 g 13% Leche de vaca 3,5 % Queso 5 % à 30

Las enzimas del tracto gastrointestinal se encargan de hidrolizar las proteínas, y los aminoácidos liberados son absorbidos hacia la corriente sanguínea donde se utilizan en la síntesis de proteínas requeridas para el crecimiento, mantenimiento y reparación de células del cuerpo.

Algunos aminoácidos (a.a.) se forman a medida que se requieren pero otros deben obtenerse del alimento, estos son llamados esenciales, no obstante los demás también son importantes. Se encuentran 20 aminoácidos de los cuales ocho son esenciales (en niños son 10): Leucina, isoleucina, lisina, valina, triptofano, metionina, fenilalanina, treonina (niños argenina e histidina); salvo 2 excepciones, todos tienen  $\text{NH}_2$  primario y  $-\text{COOH}$  (grupo carboxilo), unidos al mismo átomo de carbono y se denominan  $\alpha$  aminoácidos.

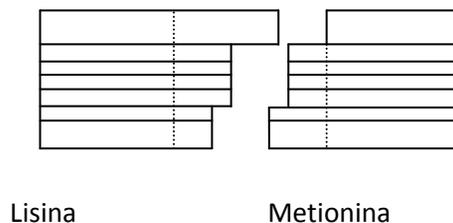
Los 12 aminoácidos no esenciales corresponden a: alanina, glicina, serina, tirosina, cistina, hidroxiprolina, prolina, ácido aspártico, asparraginina, ácido glutámico, glutamina, arginina, histidina. La fenilalanina es precursora de la tirosina y la metionina de la cistina. La prolina e hidroxiprolina son  $\alpha$ -iminoácidos

Las proteínas del huevo y de la leche humana, aportan todos los aminoácidos esenciales y están en el tope de la escala de valor nutritivo si se consumen en cantidades adecuadas. Si estas proteínas se administran a animales de laboratorio, se consumen prácticamente en 100%, por lo cual se dice que tienen **Valor Biológico** de 100, ninguna otra proteína es tan buena. Siguen en valor biológico leche de vaca, pescado, carne, siguiendo proteínas vegetales trigo, arroz, judías, frutos de nuez. La proteína de leche de vaca es pobre en metionina y cisteína, la proteína de trigo es deficiente en lisina, por lo cual la lisina es el aminoácido limitante.

La mezcla de diferentes aminoácidos producirá un mayor valor biológico del que podría esperarse del promedio de los valores biológicos, se dice que las proteínas se complementan. La Organización de Alimentos y Agricultura (FAO), le da a la proteína del huevo un valor biológico de 93,7 (otros autores le asignan 100) por encima de la leche con 84,5, el pescado 76, la carne 74,3, el frijol de soya 72,8 y las leguminosas secas con 58%.

### Figura 9

Principio de la complementación de las proteínas. Si hay deficiencia en los mismos aminoácidos entre dos proteínas diferentes, la complementación no sucede.



Es importante tener en cuenta que la complementación no se presenta si las proteínas se consumen en momentos diferentes, ya que el cuerpo tiene poca capacidad de almacenar aminoácidos sobrantes y los utiliza como fuente de energía.

**Cómputo de aminoácido (CA):** Sirve para conocer el Aminoácido Limitante.

Para obtener el CA se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg de a.a. en 1 g de proteína}}{\text{mg de a.a en 1 g de proteína de referencia}}$$

Al respecto la FAO dice: “en la práctica, el cómputo de aminoácidos (a.a.) es equivalente al cómputo químico o cómputo de la proteína, aunque el cómputo químico como fue definido en los comienzos, fue relacionado con los aminoácidos de la proteína del huevo”. El cómputo de aminoácido se calcula generalmente con base en el principal aminoácido limitante de la proteína en prueba, pero en ocasiones pueden ser usados otros a.a. limitantes diferentes para este fin. Para esta determinación se comparan los contenidos en cada a.a. esencial de un alimento con la referencia y se expresa en porcentaje (%) y el a.a. más bajo en % es el a.a. limitante.

Pueden producirse enfermedades y muerte por falta de a.a. esenciales pero el exceso también puede ser letal. Los más tóxicos son cisteína, histidina, metionina, triptofano y tirosina debido a que intervienen en procesos enzimáticos en el organismo. Los menos tóxicos valina e isoleucina ya que el organismo los oxida. También los a.a. presentan antagonismo por ejemplo leucina, baja la utilización normal de la isoleucina o valina, de ahí la importancia de la dieta bien balanceada.

**Factores de conversión de nitrógeno a proteínas:** Las proteínas se componen de N, O, C, H, y otros elementos minerales. El N presente en ellas se encuentra en rangos muy amplios, fluctuando desde el 8% hasta el 30%, según el tipo de proteínas; por ejemplo: la torta de maní tiene en su composición un 18% de N y las de leche sólo un 15,67%. Esta composición nitrogenada conlleva naturalmente a establecer diferencias en las posibilidades de fabricación proteica a partir de dicho elemento, ya que con 1 gramo de N es posible producir más cantidad de proteína de leche que de torta de maní.

Esta producción para una proteína que posea 8% de N equivaldría a  $100\% / 8\% = 12,5$  veces; y para la que posea 30% equivale a 3,33 veces. Estos resultados se conocen como factores de conversión a proteínas entre los cuales 6.25 es muy frecuente. (Ver tablas 3 y 4).

- **Evaluación cualitativa de la calidad de las proteínas por retención de N:**

**Balance nitrogenado (BN):** Consiste en la cantidad de nitrógeno (N) que permanece en el cuerpo después de restar el N excretado por las heces fecales y la orina.

$N_i = N$  ingerido en los alimentos     $N_u = N$  excretado por la orina     $N_f = N$  excretado heces

$$BN = N_i - N_f - N_u$$

Se dice que un organismo está en equilibrio cuando su excreción de N es igual a su ingestión. Cuando su excreción de N es menor a su ingestión se habla de un balance negativo.

$N_i = N_e \Rightarrow$  equilibrio     $N_i > N_e \Rightarrow$  balance positivo     $N_i < N_e \Rightarrow$  balance negativo

**Valor Biológico (VB):** Es una prueba de balance nitrogenado que busca medir el porcentaje de proteína ingerida que realmente es utilizada. Según Maynard o según FAO/OMS, **el VB es la proporción de N**

### absorbido que se retiene para mantenimiento y crecimiento.

El VB es un método ampliamente utilizado para la evaluación de la calidad proteica. Está basado en la metodología desarrollada por Karl Thomas modificado posteriormente por H.H Mitchell y que por consiguiente se denomina método de Thomas – Mitchell.

Matemáticamente el VB corresponde a un balance de N y está dado por:

$$VB = \frac{Ni - (Nf - Nfe) - (Nu - Nue)}{Ni - (Nf - Nfe)} \times 100$$

En el cálculo del VB se pueden incluir pérdidas de N en el sudor humano y en este caso la fórmula es:

$$VB = \frac{Ni - (Nf - Nfe) - (Nu - Nue) - (Ns - Nse)}{Ni - (Nf - Nfe)} \times 100$$

Donde:

VB = Valor biológico

Ni = N ingerido

Nf = N fecal total

Nfe = N fecal de tipo endógeno

Nu = N urinario

Nue = N urinario endógeno

Ns = N presente en el sudor

Nse es el N presente en el sudor de origen no alimentario

Por lo tanto:


$$VB = N \text{ retenido} / N \text{ absorbido}$$

Para medir el valor biológico de una proteína se utilizan animales de experimentación, entre los cuales debe haber un mamífero; últimamente el *Streptococcus zymogenes* que es una bacteria cuyas necesidades en aminoácidos son comparables con las de los organismos superiores se está utilizando para probar la eficiencia de una proteína alimentaria.

### Ejemplos de cálculo:

#### Problema 1

Se quiere medir el VB de una harina de soya que tiene 48% de proteína. Se diseñó un experimento con ratas las cuales se dividieron en 2 grupos: al primero de ellos se les administró una dieta exenta en proteínas con el fin de determinar el Ne, obteniéndose 0,08% en orina y 0,1% en heces. Al segundo grupo se les administró una dieta cuya única fuente de proteína era la soya en estudio y se observó, al

hacer el análisis en heces, que tenían 2% N y en orina 0.3% de N. Calcular el valor biológico de la proteína.

Harina de soya: 48% proteína

Grupo de ratas Control: N endógeno (antes de consumir proteínas)  $N_{Ue} = 0.08\%$   $N_{Fe} = 0.1\%$

Grupo de ratas Prueba: N eliminado (después de consumo de proteína)  $N_U = 0.3\%$   $N_F = 0.2\%$

$$VB = \frac{N_i - (N_f - N_{Fe}) - (N_u - N_{ue})}{N_i - (N_f - N_{Fe})} \times 100$$

$$VB = \frac{48\% / 6.25 - (0.3 - 0.08) - (0.2 - 0.1)}{48\% / 6.25 - (0.2 - 0.1)}$$

$$VB = \frac{(7.68 - 0.22 - 0.1)\%}{(7.68 - 0.1)\%} = \frac{7.36\%}{7.58\%} \times 100 = 97.1\%$$

**Pruebas de digestibilidad:** con las pruebas de digestibilidad, se pretende establecer las cantidades de los compuestos nutricionales, o sus correspondientes aportes energéticos, que son absorbidos en el tracto gastrointestinal (TGI). El método implica cuantificar los nutrientes consumidos y los excretados en las heces, asumiendo que la diferencia entre estas dos mediciones corresponde a los nutrientes absorbidos.

$$\text{Digestibilidad} = \frac{N_i - N_{\text{fecal}}}{N_i} = \frac{N_{\text{absorbido}}}{N_{\text{ingerido}}}$$

Quando se introducen en la dieta humana, cantidades moderadas de fibra como pan integral, frutas y hortalizas, se producen pequeñas reducciones en el valor energético de los nutrientes, hasta una disminución total del 2% al 3% en la energía dietética disponible. Si aumenta aún más el contenido de fibra de la dieta, hasta un consumo de frutas y vegetales equivalentes a la de los vegetarianos, la energía disponible disminuye otro 2% - 3%.

Teniendo en cuenta que la digestibilidad de las proteínas de nuestra dieta se puede establecer alrededor del 92 al 95% (dieta pobre en fibra y rica en cereales refinados) hay que aplicar la siguiente corrección:

$$\frac{0.75 \text{ g (dosis proteína recomendada)}}{\text{Kg / día}} \times \frac{100}{95} = 0.80 \text{ g / Kg / día}$$

**Nutrientes digestibles:** Si los coeficientes de digestibilidad antes vistos, se multiplican por los contenidos brutos de nutrientes o energía de un alimento, se determina lo que se ha denominado nutrientes digestibles, medidos ya sea en términos de porcentaje (%), gramos (g), etc. (ver tabla 6). Aunque estas pruebas son importantes en la evaluación nutricional de un alimento, por sí mismas no son suficientes para deducir las repuestas alimenticias ya que la digestibilidad sólo indica un potencial del alimento. Las pruebas de digestibilidad también varían en condiciones ecológicas diversas y entre especies.

La digestibilidad es una de las dos condiciones para determinar el interés nutritivo de un alimento. Sin embargo, la digestibilidad y la retención o utilización metabólica son dos factores totalmente independientes uno del otro, ya que un nutriente puede tener una digestibilidad elevada y una retención nula, por ejemplo la gelatina o, a la inversa como la clara de huevo cruda.

**Utilización neta de la proteína (UPN):** Puesto que el aprovechamiento real de las proteínas depende tanto de su digestibilidad como de su valor biológico, se han integrado estos dos valores en lo que se ha denominado utilización neta de las proteínas UPN o NPU (Net Protein Utilization) con ello se determina la proporción de N consumido que es retenido, según lo definen varios autores y que corresponde a:

$$UPN = VB \times CD$$

Y por lo tanto:

$$UPN = N \text{ retenido} / N \text{ ingerido}$$

Por ejemplo, la utilización neta de la proteína para la leche es igual a:

$$UPN \text{ leche} = VB (85) \times CD (0.97) = 82.4$$

Este índice integra dos mediciones, al igual que lo hace el sistema de Computo de Aminoácidos corregido por la digestibilidad real de la proteína. La UPN se utiliza para evaluar los alimentos destinados al consumo humano. En general  $UPN \approx VB$  en alimentos con CD altos.

- **Evaluación cualitativa de la calidad de las proteínas por aumento de peso:**

**Coeficiente de eficiencia proteica o PER (Protein eficiencia ratio):** Es un método de evaluación biológica generalmente realizado en ratas y ocasionalmente en pollos. Específicamente la FAO / OMS lo define como el **peso ganado por un individuo por peso de proteína consumida**, lo cual se puede representar por la siguiente fórmula:

$$PER = \frac{\text{aumento de peso vivo (g)}}{\text{proteína consumida (g)}}$$

A pesar de que el método presenta fallas es muy utilizado para la evaluación proteica (se cuestiona que los resultados no son extrapolables a humanos ya que los estudios se realizan en ratas, cuyas necesidades de aminoácidos son diferentes).

La prueba dura de 10 – 28 días (4 semanas) y los resultados van de 0 –4.4 máximo. Si  $VB = 100$   $PER = 4.4$  (llega el momento en que no gana más peso porque el organismo elimina lo sobrante), se señalan como otros inconvenientes:

- Que el resultado depende de la cantidad de alimento ingerido (aunque se controla a 10% de proteína, la palatabilidad tiene mucho que ver y por eso se utiliza dar mezcla de aminoácidos).
- Que las proteínas que no tiene que ver con el compuesto pero tienen algún valor no se evalúan.

**Retención proteica neta o Relación Neta de la Proteína o NPR (Net protein ratio):** también utiliza las ratas como animal de experimentación. Este es un método que compara el contenido de N corporal, entre un grupo de animales que recibieron una dieta experimental y otro grupo que recibió una dieta

exenta de N.

$$\text{NPR} = \frac{(\text{promedio peso ganado por animales con proteína}) - (\text{promedio de peso perdido por los animales sin proteína})}{\text{Proteína consumida en prueba (Nx6.25) por los animales en prueba}}$$

La FAO / OMS lo define como “ peso ganado por un grupo de animales en prueba - el peso perdido de un grupo control por gramo de proteína consumida”.

El NPR es igual a la suma de la ganancia de peso en el lote de ensayo más la pérdida de peso en el lote alimentado con la dieta exenta de proteínas, dividida por la proteína suministrada en la dieta del lote de ensayo. El NPR es independiente de la dosis:

**Tabla 11. Eficiencia y Retención proteica neta**

	Proteína ingerida	Aumento de peso	PER ↑ / pi	NPR Pg-Pp/g ing.
Control	0	-15	0	15/0
	1	-10	0	-10+15/1=5/1
	2	-5	0	-5+15=10/2
	3	0	0/3=0	0+15=15/3
	4	5	5/4=1.25	5+15=20/4

Problema 2.

Con el fin de determinar la calidad de la proteína de una harina de lentejas, se alimentaron durante cuatro semanas 2 lotes de ratas con una dieta exenta de proteínas, y la mismas cuatro semanas otros 2 lotes de ratas con una alimentación que contenía 20% de la proteína en estudio.

Si la cantidad de alimento recibido fue de 30 g / día / animal y el CD es del 90%. Hallar el VB y la UPN conociendo que la cantidad de proteína excretada en orina fue de 1.25 g y en heces de 0.31 g. El lote que recibió la dieta exenta excretó 0.08 g N por orina y 0.01 g N por heces.

,

$$\text{VB} = \frac{N_i - (N_u - N_{ue}) - (N_f - N_{fe})}{N_i - (N_f - N_{fe})} = \frac{\text{N retenido}}{\text{N absorbido}} * 100$$

$$N_i = 30 \text{ g} * 20/100 = 6 \text{ g de proteína} / 6.25 \text{ g proteína/g N} = 0.96 \text{ N}_i$$

$$N_u = 1.25 \text{ g proteína} / 6.25 \text{ g proteína / g N} = 0.2 \text{ g N}_u$$

$$N_{ue} = 0.08$$

$$N_f = 0.31 \text{ g proteína} / 6.25 \text{ g proteína / g N} = 0.05 \text{ g N}_f$$

$$N_{fe} = 0.01$$

$$\text{VB} = \frac{0.96 \text{ g N} - (0.2 \text{ g} - 0.08) - (0.05 \text{ g} - 0.01)}{0.96 - (0.05 - 0.01)} * 100$$

$$VB = \frac{0.96 - 0.12 - 0.04}{0.96 - 0.04} = \frac{0.8}{0.92} * 100 = 73.6 \%$$

$$UPN = VB * CD = 73.6 * 0.90 = 66.2$$

### Problema 3

Se desea conocer el VB de una especie de frijol, del cual se conocen los siguientes datos:

100 g de proteína tienen 16 gramos de nitrógeno.

Contiene en total 26% de proteína

El coeficiente de digestibilidad es del 80%

Suministrando una dieta carente de proteína a un animal de laboratorio se había establecido que el N excretado diariamente era de 0.05 g en heces y 0.01 g en orina. (El N endógeno no proviene de la dieta sino del catabolismo y degradación de los tejidos). Se preparó un alimento para los animales en prueba con 40% de frijol y se les administró durante varios días. Si el animal ingiere 50 g / día y excreta 0.25 g de N en heces y 0.08 g N en orina, Cuál será el VB del alimento? UPN?

$$N_i = 50 \text{ g} * 40/100 = 20 \text{ g de frijol} * 26 / 100 = 5.2 / 6.25 \text{ g proteína/g N} = 0.832$$

$$N \text{ heces} = NF - NFe = 0.2 - 0.05 = 0.15$$

$$N \text{ orina} = UN - NUe = 0.08 - 0.01 = 0.07$$

$$VB = \frac{0.832 - 0.07 - 0.15}{0.832 - 0.15} * 100 = 0.612 / 0.682 * 100 = 89.7 \%$$

$$UPN = VB * CD = 89.7\% * 80\% = 71.6$$

### Problema 4

Si un alimento tiene el 30% de proteínas y su CD = 65%. Calcular % absorbida, % excretado y % retenido, sabiendo que el VB = 75%

$$CD = 65\% = \frac{\text{Proteína absorbida}}{\text{Proteína ingerida}} \Rightarrow CD * Pi = Pa = 65/100 * 30 = 19.5\%$$

$$VB = 75\% = \frac{\text{Proteína retenida}}{\text{Proteína absorbida}} = VB * Pa \Rightarrow Pr = 75/100 * 19.5 = 14.65\%$$

$$\text{Proteína absorbida} = 19.5$$

$$\text{Proteína retenida} = 14.65$$

$$\% \text{ excretado} = Pi - Pa = 30\% - 19.5\% = 10.5\%$$

## Bibliografía

- Alimentación, equipos y tecnología. Enero / Febrero de 1998, Noviembre 1997 N° 9, Septiembre 1997 N°7, Junio 1997 N°5, Enero/Febrero/97 No.1, Enero/febrero/ 97 No. 1.
- Food Technology, January /98
- Journal of AOAC. Vol. 81 No. 4 1988 p763, Vol 81 No. 3,1998, Vol. 81 No. 1, 1998
- Machado, Oscar. "Valor Nutricional de los Alimentos" \_ Elementos de Evaluación y Factores de Calidad. Editorial U de A. Primera Edición. 1997
- E. J, Kahn Jr. Granos y Raíces: Fuentes de la vida de la humanidad. Editorial Bellatene S.A.. 1987
- Journal of Food Science. January / Feb. 1998 Vol. 63 / N°1 pp 165
- Journal of Agricultura and Food Chemistry
- Robinson. Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos. Zaragoza, España.1986.
- Orbone Pvoogt. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza , España. 1986.
- Garrow J.S. and James W.P.T.\_ Human nutrition and dietetics\_ Churchill Livingstone, 1993
- Celaya, S\_ Nutrición artificial hospitalaria\_ Venus Industrias Gráficas. Zaragoza, España 1989
- Muller, H.G.Tobin, G., Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1986.
- Decreto 3075 del 23 de diciembre de 1997. Minsalud.
- Fisher P y Bender A., Valor nutritivo de los alimentos. Limusa Noriega Editores. Mexico. D.F. 1993.
- Internet: Archivos FAO Y OMS.
- Fundamentals of nutrition A/histo.htm y A/wpgrow.html
- Situación alimentaria y nutricional en Colombia. A/ Alimecol. Htm
- FAO: <http://www.fao.org>
- <http://www.acdi-cida.gc.ca>
- The Food Guide Pyramid, Home and Garden Bulletin Number 252
- USDA Center for Nutrition Policy and Promotion 1120 20th Street, NW, Suite 200N
- Washington, DC 20036
- Profesor: Dr. Luis Ledesma Rivero Instituto de Farmacia y Alimentos Universidad de la Habana "Notas del curso Valor Nutricional de los Alimentos". Universidad Nacional y el Cial. Medellín. 1999.
- Diplomado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, U. Nacional. 1999.
- Gutierrez L. y Ramírez G. Comparación entre el contenido de fibra dietética y fibra cruda en algunos alimentos colombianos. Revista Vitae. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. 1999.
- ICBF. Recomendaciones del consumo diario de calorías y nutrientes para la población colombiana. Bogotá. 1990.
- OMS. Dieta Nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Organización Mundial de la Salud. Serie de Informes Técnico. Ginebra. 1990.
- Masson L., Mella A. y Penachioti I. Aprovechemos bien nuestros alimentos, a través de su aporte de nutrientes y recomendaciones de consumo por edades. Departamento de Ciencia de los alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 1994.