

# Datos de composición de alimentos

**OBTENCIÓN,  
GESTIÓN  
Y UTILIZACIÓN**

H. Greenfield and  
D.A.T. Southgate

Segunda edición



Datos de composición de alimentos

# Datos de composición de alimentos

**OBTENCIÓN,  
GESTIÓN  
Y UTILIZACIÓN**

por

**H. Greenfield**

Universidad de Nueva Gales del Sur

Sidney, Australia

y

**D.A.T. Southgate**

Antiguo miembro del Consejo de Investigación

sobre la Agricultura y la Alimentación,

Instituto de Investigación sobre los Alimentos,

Norwich, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

*Editores técnicos:*

*B.A. Burlingame y U.R. Charrondiere*

Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Agricultura  
y la Alimentación

*Roma 2003*



Edición, diseño y producción a cargo de la  
Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de  
Publicación Electrónica de la Dirección de Información  
de la FAO

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

ISBN 978-92-5-304949-3

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Información de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2006

Traducción española © FAO 2006

Primera edición inglesa publicada en 1992  
por Elsevier Science Publishers

---

## Índice

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
|             | Prólogo a la primera edición   | vii        |
|             | Prefacio a la segunda edición  | ix         |
|             | Prefacio a la primera edición  | xi         |
|             | Agradecimientos  | xiii       |
|             | Siglas y acrónimos   | xv         |
|             | <b>Introducción</b>  | <b>1</b>   |
| Capítulo 1  | <b>Datos de composición de alimentos y bases de datos de composición de alimentos</b>                            | <b>5</b>   |
| Capítulo 2  | <b>Puesta en marcha y organización de un programa de composición de alimentos</b>                                | <b>23</b>  |
| Capítulo 3  | <b>Selección de alimentos</b>  | <b>35</b>  |
| Capítulo 4  | <b>Selección de nutrientes y otros componentes</b>   | <b>51</b>  |
| Capítulo 5  | <b>Muestreo</b>  | <b>69</b>  |
| Capítulo 6  | <b>Elección de los métodos de análisis y su evaluación</b>   | <b>91</b>  |
| Capítulo 7  | <b>Examen de los métodos de análisis</b>   | <b>107</b> |
| Capítulo 8  | <b>Manera de garantizar la calidad de los datos analíticos</b>   | <b>163</b> |
| Capítulo 9  | <b>Convenios y formas de expresión de los datos de composición de alimentos</b>                                  | <b>179</b> |
| Capítulo 10 | <b>Consideraciones relativas a la calidad en la compilación de una base de datos de composición de alimentos</b> | <b>189</b> |
| Capítulo 11 | <b>Directrices para la utilización de los datos de composición de alimentos</b>                                  | <b>207</b> |
| Capítulo 12 | <b>Necesidades actuales y orientaciones para el futuro</b>   | <b>221</b> |
|             | <b>Apéndices</b>   |            |
| Apéndice 1  | <b>Centros regionales de datos de la Red internacional de datos sobre alimentos (INFOODS)</b>                    | <b>233</b> |
| Apéndice 2  | <b>Cálculo del tamaño del muestreo</b>   | <b>235</b> |
| Apéndice 3  | <b>Métodos de preparación de los alimentos para el análisis</b>  | <b>237</b> |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Apéndice 4 | Ejemplos de procedimientos para la preparación de muestras analíticas                  | 243 |
| Apéndice 5 | Cálculo de los ácidos grasos en 100 g de alimentos y en 100 g de ácidos grasos totales | 245 |
| Apéndice 6 | Cálculo de la composición de los platos preparados a partir de recetas                 | 247 |
| Apéndice 7 | Bibliografía esencial sobre bases de datos de composición de alimentos                 | 249 |
|            | Bibliografía   | 253 |
|            | Índice temático  | 305 |

## Prólogo a la primera edición

Hace aproximadamente dos décadas, en Europa comenzó a reconocerse la posibilidad de obtener beneficios reales de la coordinación de las distintas maneras de elaborar las tablas de composición de alimentos en los diversos países del continente. La evolución posterior de las bases de datos nutricionales informatizadas ha puesto de manifiesto aún en mayor medida las ventajas potenciales del trabajo en colaboración. Dicha cooperación podría permitir mejorar la calidad y la compatibilidad de las diversas bases de datos de nutrientes europeas y los valores que contienen. Esta constatación fue uno de los factores que indujeron a la puesta en marcha en los años ochenta de la EUROFOODS, el Centro regional para Europa de la Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (INFOODS). Fue entonces cuando dio inicio la colaboración entre quienes en Europa estaban interesados en los datos de composición de alimentos. Esta iniciativa recibió un nuevo impulso con el establecimiento del Proyecto de acción concertada EUROFOODS-Enfant, en el marco del Programa específico de investigación y desarrollo tecnológicos en el ámbito de la ciencia y la tecnología de la alimentación (FLAIR) de la Comisión de las Comunidades Europeas.

Muy pronto se reconoció que para la consecución de los objetivos de la acción concertada podrían aplicarse en particular las directrices para la obtención, gestión y utilización de datos de composición de alimentos que se habían elaborado con el patrocinio de la INFOODS, un proyecto de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU). La redacción de las directrices ha estado a cargo de dos reconocidos expertos. Muchas personas asociadas con el proyecto EUROFOODS-Enfant del FLAIR han contribuido con críticas constructivas y asesoramiento a las aportaciones anteriores de los asociados con la INFOODS. Así pues, las directrices están respaldadas por un consenso de la comunidad que tiene a su cargo la elaboración y utilización de las tablas de composición de alimentos y las bases de datos de nutrientes.

Estoy seguro de que esta obra será para quienes se ocupan de la obtención y utilización de datos sobre la composición nutricional un faro en un mar con escasa visibilidad y numerosos peligros y naufragios. Proporcionará una luz de un valor incalculable no sólo en Europa, sino también en otros continentes a lo largo y ancho de los océanos.

*Clive E. West*

Director de proyecto

Proyecto EUROFOODS-Enfant del FLAIR

*Wageningen, febrero de 1992*

## Prefacio a la segunda edición

La primera edición de este libro se utilizó proficuamente en la capacitación de los analistas y compiladores que se ocupan de composición de alimentos en todo el mundo durante el primer curso de capacitación sobre composición de alimentos celebrado en Wageningen (Países Bajos) en octubre de 1992. Posteriormente se impartieron otros cinco cursos más en Wageningen y otros en las regiones en desarrollo, a saber, se celebró un curso en Chile para los países de la Red latinoamericana de composición de alimentos (LATINFOODS), uno en Jamaica para los países del Centro regional de datos de la INFOODS para los países de la Comunidad del Caribe (CARICOMFOODS), uno en Tailandia para el Centro regional de datos de la INFOODS para los países de la Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEANFOODS) y de la Asociación del Asia Meridional para la Cooperación Regional (SAARCFOODS) y tres en Sudáfrica para el Centro subregional de datos del AFROFOODS para los países del África oriental, central y austral (ECAFOODS).

La utilización del libro en los cursos de capacitación de la Universidad de las Naciones Unidas/INFOODS puso de manifiesto la necesidad de introducir cambios para actualizar el texto y las figuras, en particular para lograr una mayor facilidad de uso en ámbito internacional. A medida que pasaba el tiempo, la enorme proliferación de métodos de análisis hizo cada vez más patente que el libro estaba quedando anticuado con rapidez. Además, con el establecimiento de programas sobre la composición de alimentos en todo el mundo aumentó el acervo de experiencia disponible. Sin embargo, la revisión no era viable como proyecto comercial. Si bien el libro se utilizó en la enseñanza de algunos cursos de tercer ciclo, en su mayor parte en países industrializados, el costo prohibitivo de la primera edición hizo que adquirieran la obra sobre todo bibliotecas, y no particulares o programas locales sobre la composición de alimentos. Cuando se agotó la primera edición, los autores originales recuperaron los derechos de autor.

En 2001, la Dra. Barbara Burlingame, Directora de la INFOODS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]), propuso un sistema de recuperación que los autores acogieron positivamente. La propuesta consistía en que los autores revisaran y actualizaran la primera edición teniendo en cuenta las observaciones de los participantes en los cursos durante el decenio anterior, e incorporasen los métodos mejorados de análisis sin excluir los métodos más antiguos, que todavía se utilizaban satisfactoriamente en aquellas partes del mundo que tenían un acceso limitado a instrumentos complejos y costosos. Asimismo se propuso que la FAO distribuyera la edición impresa del libro a un precio asequible, supervisara su traducción a los principales idiomas de la Organización y además incorporase



el libro a la página web de la FAO para que se pudiera tener acceso a él desde cualquier parte del mundo. Los autores aceptaron de buen grado esta propuesta, ya que en la concepción original de la obra figuraba el que estuviera ampliamente disponible a un precio que la pusiera al alcance de los estudiantes y trabajadores, en particular de los de los países en desarrollo.

La segunda edición se preparó fundamentalmente por medio de comunicaciones electrónicas, intercaladas con reuniones personales ocasionales para establecer las funciones que habían de desempeñar los autores y la FAO y determinar el material nuevo o revisado que había de incluirse. A fin de preparar el primer proyecto amplio de la edición revisada, que contaba con determinadas secciones redactadas por Heather Greenfield y con aportaciones de los miembros de la lista de distribución de la INFOODS, David Southgate utilizó una base de datos bibliográficos muy amplia, compilada por Heather Greenfield para el período comprendido entre 1990 y el momento presente, así como su experiencia sin parangón en la compilación de las tablas del Reino Unido y en los debates con los participantes en los cursos celebrados en los Países Bajos y en otras partes del mundo.

En una reunión de los autores con Barbara Burlingame, celebrada en Norwich (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte), fue posible realizar un examen detenido del texto, en especial para incorporar los elementos solicitados por la FAO. Los proyectos de los capítulos se sometieron al examen de expertos y se preparó la versión final para su publicación mediante un proceso prolongado de verificación y revisión cuidadosa llevada a cabo por Heather Greenfield, Barbara Burlingame y Ruth Charrondiere (FAO), que trabajaron en colaboración mediante correspondencia por correo electrónico y, siempre que fue posible, consultando todas las fuentes originales de información. Barbara Burlingame supervisó la preparación del texto definitivo para su publicación en diversas formas de presentación en la FAO.

Es indudable que, como en la primera edición, el texto refleja las perspectivas y los prejuicios personales de los autores. Creemos que no hay ningún método *a priori* que permita obtener datos sobre la composición de alimentos sin efectuar ningún análisis. En esta obra se reconoce que las instalaciones de análisis y los recursos son limitados prácticamente en todos los países mientras que hay, al mismo tiempo, un volumen elevado de datos de composición en la bibliografía, en fuentes tanto publicadas como inéditas y en otras bases de datos, que es imprescindible utilizar de manera apropiada. Por consiguiente, en el libro se presta especial atención a la evaluación del material publicado, con objeto de garantizar que tenga la calidad apropiada para su utilización junto con los valores analizados directamente. Confiamos en que esta obra, utilizada en combinación con otros textos de la INFOODS, resulte decisiva para mejorar la calidad de los datos de composición de alimentos en todo el mundo.

## Prefacio a la primera edición

En 1972 se reunió en Zurich (Suiza) un grupo de trabajo del Grupo de Nutricionistas Europeos para examinar los principios que deberían utilizarse en la preparación de las tablas nacionales de composición de alimentos. Posteriormente se publicó un pequeño libro basado en un documento de trabajo redactado para esta conferencia, en el que se describían las directrices para la elaboración de dichas tablas (Southgate, 1974).

Durante esos debates se puso de manifiesto que en el futuro se necesitarían más tablas que proporcionaran cobertura internacional (por ejemplo, para toda Europa). Desde entonces, los adelantos generalizados en las técnicas informáticas han hecho técnicamente viable la creación de dichas bases de datos; sin embargo, su elaboración se ve dificultada por la variabilidad de la calidad analítica, las incompatibilidades e incluso la procedencia desconocida de los datos de composición existentes. Además, sigue habiendo grandes zonas del mundo en las que la información sobre la composición de los alimentos es escasa.

En 1983 se celebró en Bellagio (Italia) una conferencia patrocinada por la Universidad de las Naciones Unidas cuyo objetivo era determinar las tareas que habían de llevarse a cabo para poder disponer de datos de composición de alimentos con validez internacional, coherentes y utilizables. Durante los debates se propuso la creación de una Red internacional de sistemas de datos de alimentos (INFOODS) (Rand y Young, 1983).

Una de las primeras tareas de la INFOODS consistió en revisar y ampliar las directrices anteriores de Southgate (1974), que abordaban las cuestiones relativas al problema central de la calidad y compatibilidad de los datos. En consecuencia, uno de nosotros (H. Greenfield) trabajó durante cuatro meses como becaria de la INFOODS con el autor de las directrices originales (D. Southgate) en el Instituto de Investigación sobre los Alimentos en Norwich (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte). Este trabajo inicial, que se prosiguió y completó por correspondencia, permitió disponer de información acerca de la obtención y utilización de datos de composición de alimentos en el Reino Unido y los Estados Unidos y sobre la experiencia de Australia en la obtención de datos. En enero de 1985, un grupo de trabajo examinó en Washington DC (Estados Unidos) una versión que se había completado en parte. Posteriormente, varias autoridades internacionales examinaron de nuevo una versión revisada basada en este examen; sus observaciones se utilizaron en la versión preparada en 1986.

Después del examen por varios expertos en informática y de recibir aportaciones importantes de los participantes en el Proyecto de acción concertada n.º 12 EUROFOODS-Enfant del FLAIR, se preparó la versión revisada final por correspondencia y en reuniones entre los

autores, mientras que uno de nosotros (H. Greenfield) trabajó como científico visitante en el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) en Lyon (Francia), en conexión con el Programa sobre nutrición y cáncer.

En la preparación de un documento de esta índole surgen inevitablemente sentimientos y prejuicios personales; la responsabilidad es exclusivamente de los autores, quienes ruegan a los lectores que recuerden que estos aspectos idiosincrásicos aparecieron durante el prolongado examen de los datos sobre la composición nutricional, su preparación y su utilización.

## Agradecimientos

### Para la primera edición

Agradecemos a la INFOODS (Presidente, Dr. V.R. Young) el impulso inicial que dio al proyecto y el apoyo financiero que permitió su puesta en marcha. También agradecemos al Prof. R.F. Curtis, del Instituto de Investigación sobre los Alimentos del Consejo de Investigación sobre la Agricultura y la Alimentación, Norwich (Reino Unido), el apoyo administrativo durante la primera fase del proyecto. Además, damos las gracias a las numerosas personas que contribuyeron con ideas, aportaciones técnicas o información al proyecto inicial. Entre ellas cabe mencionar las siguientes: los miembros del comité de examen de la INFOODS, N-G. Asp, R. Bressani, M. Deutsch, H. Herstel, J.C. Klensin, J. Pennington, W.M. Rand, R. Sawyer, W. Wolf y V.R. Young. En el Reino Unido: A. Broadhurst, D.H. Buss, J.R. Cooke, K.C. Day, R.M. Faulks, A.A. Paul, L. Stockley, G. Mason y E.M. Widdowson. En los Estados Unidos: G. Beecher, F. Hepburn, J. Holden, B. Perloff y K.K. Stewart. En Italia: F. Fidanza, J. Perissé y W. Polacchi. En los Países Bajos: R. Breedveld, A.E. Cramwinckel, M.B. Katan, M. van Stigt Thans y C.E. West. En Indonesia: D. Karyadi. En Tailandia: A. Valyasevi y K. Tontisirin. En la India: K. Pant, K. Doesthale y B.S. Narasinga Rao. En Australia: K. Cashel, R. English, G. Hutchison, A.R. Johnson, J.H. Makinson, A.S. Truswell, R.B.H. Wills y M. Wootton. En Suecia: Å. Bruce y L. Bergström.

Estamos particularmente agradecidos al Dr. C.E. West y al Proyecto de acción concertada n.º 12 EUROFOODS-Enfant del FLAIR por hacer posible la terminación y publicación de este libro y al Dr. L. Tomatis (Director) y el Dr. E. Riboli (Jefe del Programa sobre nutrición y cáncer), del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), por su apoyo administrativo en la ultimación del libro para su publicación. Damos las gracias a los participantes en el Proyecto de acción concertada EUROFOODS-Enfant del FLAIR por el examen del proyecto final: A. Amorin Cruz (Portugal), W. Becker (Suecia), H.K. Hendrickx (Bélgica), P. Hollman (Países Bajos), M.T. Fernández Muñoz (España), I. Martins (Portugal), D.L. Massart (Bélgica), M.L. Ovaskainen (Finlandia), A.H. Rimstad (Noruega), I. Torelm (Suecia) y C.E. West (Países Bajos). Estamos muy agradecidos por sus observaciones, de un valor incalculable en la preparación de la versión final. Damos las gracias asimismo a W. Horwitz por las observaciones sobre el Capítulo 5. También reconocemos el asesoramiento de J. Cheney, B. Hémon y M. Friesen (CIIC).

**Para la segunda edición**

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento a B. Burlingame, Directora de la INFOODS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]/Universidad de las Naciones Unidas) por poner en marcha la segunda edición y dotarla de recursos con el patrocinio de la FAO. Reconocemos también la labor de B. Burlingame y R. Charrondiere (FAO) en la revisión y actualización del manuscrito.

Para esta edición, los autores y editores agradecen su labor de examen a las siguientes personas: W. Schüep (Suiza), H. Schonfeldt y L. Smit (Sudáfrica), S. Gilani (Canadá), P.J.M. Hulshof (Países Bajos), A. Sinclair y H. Booth (Australia) y P. Finglas (Reino Unido), y dan las gracias a los miembros de la lista de distribución de «Composición de los alimentos» de la INFOODS por sus respuestas a las encuestas. Deseamos expresar también nuestro agradecimiento a G. di Felice (FAO) y S. Debreczeni (Universidad de Nueva Gales del Sur), por la asistencia de secretaría, a F. García Álvarez por la traducción de la obra al español y a M. Lozano Zahonero por la edición del texto traducido.

## Siglas y acrónimos

**AA.** Aminoácidos

**AFROFOODS.** Centro regional de datos de la INFOODS para África

**AGT.** Ácidos grasos totales

**AOAC International.** Asociación de Comunidades Analíticas (antes AOAC)

**AOAC.** Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (ahora AOAC International)

**AOCS.** Sociedad Americana de Químicos del Aceite (*American Oil Chemists' Society*)

**ASEAN.** Asociación de Naciones del Asia Sudoriental

**ASEANFOODS.** Centro regional de datos de la INFOODS para los países de la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental

**BCR.** Oficina Comunitaria de Referencia (*Bureau Communautaire de Référence*)

**BHT.** Butilhidroxitolueno

**BIPM.** Oficina Internacional de Pesas y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*)

**CAPFOODS.** Centro subregional de datos de LATINFOODS para los países de Centroamérica y Panamá

**CARICOM.** Comunidad del Caribe

**CARICOMFOODS.** Centro regional de datos de la INFOODS para los países de la Comunidad del Caribe

**CCII.** Clasificación del consumo individual por finalidades

**CEECFOODS.** Centro subregional de datos del EUROFOODS para Europa Central y Oriental

**CIIC .** Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer

**CIN.** Conferencia Internacional sobre Nutrición

**CV.** Coeficiente de variación

**DE.** Desviación estándar

**DER.** Desviación estándar relativa

**EAA.** Espectrometría de absorción atómica

**ECAFOODS.** Centro subregional de datos del AFROFOODS para los países del África oriental, central y austral

**Eclair.** Programa agroindustrial plurianual de investigación y desarrollo tecnológicos basados en la biotecnología (*European collaborative linkage of agriculture and industry through research*)

**ELN.** Extracto libre de petróleo

EM. Espectrometría de masas  
EUROFOODS. Centro regional de datos de la INFOODS para Europa  
FAD. Flavina adenina dinucleótido  
FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
FDA. Organismo de Productos Alimenticios y Farmacéuticos (*Food and Drug Administration*)  
FLAIR. Programa específico de investigación y desarrollo tecnológicos en el ámbito de la ciencia y la tecnología de la alimentación  
FMN. Flavina mononucleótido  
GLC. Cromatografía gas-líquido  
GSC. Cromatografía gas-sólido  
HBA. Hoja de balance de alimentos  
HPLC. Cromatografía de líquidos de alto rendimiento  
ICP. Plasma acoplado por inducción  
ICUMSA. Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar  
IDECG. Grupo Consultivo Internacional sobre Energía Alimentaria  
IEC. Cromatografía de intercambio iónico  
IFDC. Conferencia Internacional de Datos sobre Alimentos  
ILSI. Instituto Internacional de las Ciencias de la Vida  
INCAP. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá  
INFOODS. Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos  
IPE. Intercambio internacional de análisis de plantas  
IRMM. Instituto de Materiales de Referencia y Mediciones  
ISO. Organización Internacional de Normalización  
IUNS. Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición  
LATINFOODS. Red Latinoamericana de Composición de Alimentos [Centro regional de datos de la INFOODS para América Latina]  
MR. Material de referencia  
MRC. Material de referencia certificado  
MRN. Material de referencia normalizado  
NAMAS. Acreditación Nacional de Medición y Muestreo  
NDL. Laboratorio de Datos sobre Nutrientes del USDA  
NIR. Reflectancia en el infrarrojo cercano  
NIST. Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (Estados Unidos)  
NLEA. Ley de Etiquetado y Educación Nutricional (Estados Unidos)  
NNP. Nitrógeno no proteico  
OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos  
OCEANIAFOODS. Centro regional de datos de la INFOODS para los países de Oceanía  
OMC. Organización Mundial del Comercio  
OMS. Organización Mundial de la Salud  
PNA. Polisacáridos no amiláceos

PNC. Polisacáridos no celulósicos

RMN. Resonancia magnética nuclear

SAARC. Asociación del Asia Meridional para la Cooperación Regional

SAARCFOODS. Centro regional de datos de la INFOODS para los países de la  
Asociación del Asia Meridional para la Cooperación Regional

SI. Sistema internacional de unidades

SLAN. Sociedad Latinoamericana de Nutrición

SOAFOODS. Centro subregional de la AFROFOODS

TLC. Cromatografía en capa fina

UIQPA. Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

UNU. Universidad de las Naciones Unidas

USDA. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos



## Introducción

*El conocimiento de la composición química de los alimentos es el primer elemento esencial en el tratamiento alimentario de las enfermedades o en cualquier estudio cuantitativo de la nutrición humana.*

*(McCance y Widdowson, 1940)*

**E**sta afirmación es tan verdadera ahora como en 1940, cuando apareció como primera frase de la introducción del libro que se ha convertido ahora en la Base de datos nutricionales del Reino Unido (Food Standards Agency, 2002a).

Tradicionalmente la fuente de información sobre la composición de los alimentos ha consistido en tablas impresas de composición de alimentos, que ahora se están sustituyendo por bases de datos informatizadas a partir de las cuales suelen obtenerse las versiones impresas. La información se utiliza ampliamente en los sectores de la salud, la agricultura y el comercio.

Los datos se utilizan en estudios de investigación sobre los efectos de la alimentación en la salud, la reproducción, el crecimiento y el desarrollo. También se usan para preparar regímenes de alimentación con una composición específica de nutrientes en la práctica clínica, en la formulación de los tipos de raciones y en la preparación de los suministros de alimentos de urgencia. Los datos sobre la composición se utilizan a nivel nacional e internacional en la evaluación del valor nutricional de los productos alimenticios consumidos por las personas y las poblaciones.

El reconocimiento de la intervención de la alimentación en la aparición de numerosas enfermedades (McGovern, 1977) ha dado lugar a un aumento del número y el alcance de los estudios sobre la relación entre la alimentación y la salud y enfermedad, los cuales han prestado particular atención sobre todo a los datos relativos a los nutrientes. Willett (1998) puso de relieve esta cuestión y la necesidad de un examen periódico de las bases de datos: «La alimentación de la población humana es extraordinariamente compleja [...] El máximo discernimiento sobre la relación entre alimentación y enfermedad se obtiene normalmente examinando la alimentación tanto desde el punto de vista de los elementos constitutivos como de los productos alimenticios. Para los cálculos de la ingesta de nutrientes y otros elementos constitutivos se requiere una base de datos de composición de alimentos que sea completa y esté actualizada».

Las pruebas obtenidas en estos estudios epidemiológicos han hecho que se extienda la formulación de orientaciones nacionales e internacionales sobre la elección de una alimentación sana. Los datos relativos a la composición constituyen la base para la preparación de programas de educación sobre la elección de dicha alimentación sana. Como parte de estas orientaciones para los consumidores, muchos gobiernos han establecido el etiquetado nutricional de los alimentos. Algunos países obligan a los productores de alimentos a suministrar sus propios datos analíticos sobre la composición de sus productos.

Sin embargo, en la mayoría de las normas se permite, cuando se considera oportuno, el uso de datos de composición procedentes de una compilación fidedigna como, por ejemplo, una base de datos de composición de alimentos nacional, en sustitución del análisis directo. De esta manera se ha asignado una función casi normativa a las bases de datos de composición de alimentos, con lo que se hace aún más patente la necesidad de mantener la calidad de los datos tanto por lo que se refiere a la representatividad de las muestras como a la calidad de los datos analíticos.

El establecimiento de la composición de los alimentos tiene con frecuencia ventajas para el comercio de productos alimenticios, debido a que los países importadores con reglamentación sobre el etiquetado nutricional prefieren (y pueden exigir) que los alimentos importados se ajusten a las normas previstas para los de producción propia.

Las bases de datos informatizadas presentan ventajas sustanciales sobre las tablas de composición de alimentos impresas: pueden contener un volumen mayor de información y resulta mucho más fácil la utilización de los datos en los cálculos. La información también puede reformularse de diversas maneras con relativa facilidad para adaptarla a las necesidades de distintos usuarios.

Estas ventajas del cálculo efectuado a partir de bases de datos informatizadas son especialmente importantes para los epidemiólogos nutricionales, que a menudo tienen que trabajar con un número muy elevado de elementos y una gran cantidad y variedad de registros sobre el consumo de alimentos.

La utilidad de los estudios epidemiológicos puede aumentar enormemente cuando se realizan a escala internacional. Para ello es preciso contar, en primer lugar, con registros compatibles del consumo de alimentos y, en segundo lugar, con bases de datos nacionales que sean compatibles. La compatibilidad en este contexto implica la «posibilidad de su utilización conjunta».

La consecución de un sistema de bases de datos de composición de alimentos que sean compatibles a escala mundial ocupa un lugar central en el programa de la Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (INFOODS). La INFOODS se creó en 1984 de conformidad con las recomendaciones de un grupo internacional y funciona bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) (Scrimshaw, 1994). Tiene como objetivo estimular y coordinar los esfuerzos para mejorar la calidad y la disponibilidad de datos de análisis de los alimentos en todo el mundo y garantizar que todos puedan obtener en todas partes datos de composición de alimentos adecuados y fidedignos. La INFOODS ha establecido

un marco para la elaboración de normas y directrices en orden a la recolección, compilación y notificación de datos sobre los componentes de los alimentos.

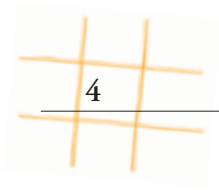
La presente obra representa la prosecución de la labor de la INFOODS y se basa en obras anteriores (Klensin *et al.*, 1989; Rand *et al.*, 1991; Klensin, 1992; Greenfield y Southgate, 1992). Los principios y directrices que figuran en ella pretenden ayudar a los particulares y las organizaciones interesados en la creación de bases de datos de composición de alimentos. El objetivo primordial es mostrar cómo obtener información que se ajuste a los requisitos de un sistema de bases de datos compatible con los ya establecidos o con los que se están estableciendo en todo el mundo.

La obra se centra en aquellos aspectos del acopio de información que son fundamentales para determinar la calidad de los datos y que, en consecuencia, deben estar estrechamente controlados.

Es importante reconocer que el término «directrices» no se utiliza en sentido preceptivo, sino en el sentido de los «principios» para la preparación de bases de datos. Estos principios se basan en la experiencia adquirida en la elaboración de dichas bases durante muchos años y en distintos países y se derivan de ella. Las directrices no estipulan protocolos detallados de muestreo o análisis, sino que proporcionan ejemplos de los sistemas que se han utilizado con éxito. En muchos países, los protocolos que han de seguirse están incorporados a un marco jurídico que, naturalmente, es de obligado cumplimiento. Sin embargo, al examinar y establecer las opciones disponibles, las directrices pueden indicar qué aspectos de los programas establecidos podrían someterse a revisión.

Las ciencias nutricionales y analíticas están en constante evolución y esa evolución puede abrir el camino a sistemas mejores que los establecidos en estas directrices. Es de esperar que los presentes principios sirvan de marco para la elaboración de programas de datos de composición de alimentos en el futuro.

La estructura de la obra sigue las etapas de un programa de trabajo ideal para la preparación de una base de datos de composición de alimentos. En el Capítulo 1 se describen las diversas aplicaciones de una base de datos de composición de alimentos a las que han de ajustarse los compiladores, es decir, quienes tienen la responsabilidad ejecutiva de la recopilación y evaluación de los datos que van a utilizarse en la base de datos y de su presentación. En el Capítulo 2 se describe la formulación global de los programas para la creación o la revisión de una base de datos de composición de alimentos. Los capítulos siguientes se ocupan de la selección de los alimentos para su inclusión (Capítulo 3) y de la selección de los nutrientes (Capítulo 4). En el Capítulo 5 se examinan los principios del muestreo de alimentos, mientras que el Capítulo 6 trata de la selección de los métodos analíticos y su evaluación. En el Capítulo 7 se presenta un examen de los métodos disponibles para los nutrientes, centrandose en especial la atención en los que se ha demostrado que son compatibles internacionalmente. En el Capítulo 8 se describen los principios para la evaluación de la calidad de los datos analíticos. En el Capítulo 9 se aborda la presentación de los datos y las maneras de expresarlos, que son fundamentales para disponer de datos compatibles. En el Capítulo 10 se examina la compilación de datos para su inclusión en la base de datos informatizada. Los procesos y la



elaboración de sistemas informatizados para las bases de datos sobre composición quedan fuera del ámbito de este libro. El Capítulo 11 se ocupa de aquellas limitaciones intrínsecas de las bases de datos nutricionales que restringen sus utilización. En este mismo capítulo se proporcionan también orientaciones para la utilización apropiada de los datos sobre los alimentos. Por último, en el Capítulo 12 se examinan las necesidades futuras en la esfera de la composición de los alimentos.

## Capítulo 1

# Datos de composición de alimentos y bases de datos de composición de alimentos

Los primeros estudios sobre la composición de los alimentos se realizaron con el objetivo de identificar y determinar las características químicas de los principios de los productos alimenticios que afectan a la salud humana y se ocuparon también de los mecanismos mediante los cuales los componentes químicos ejercen su influencia. Esos estudios, que constituyeron la base de las primeras etapas de las ciencias de la nutrición (McCollum, 1957), siguen hoy en día ocupando un lugar central en la evolución de este sector de la ciencia. Los conocimientos actuales sobre la nutrición son aún incompletos y se requieren nuevos estudios, a menudo con un nivel cada vez mayor de complejidad, sobre la composición de los alimentos y sobre la función de sus componentes y sus interacciones en la salud y la enfermedad.

Somogyi (1974) reprodujo una página de la primera tabla de composición de alimentos conocida, que data de 1818. Desde entonces, los datos de composición de alimentos se han registrado habitualmente en tablas impresas para su uso tanto por especialistas como por no especialistas. Aunque seguirán elaborándose tablas impresas, los sistemas de datos informatizados las han ido sustituyendo en algunos ámbitos debido a su facilidad para almacenar grandes volúmenes de datos, acceder a ellos y elaborarlos.

Estos sistemas se utilizan cada vez más para generar tablas de composición de alimentos y archivos de datos impresos e informatizados. Las tablas informatizadas e impresas contienen por lo general un subconjunto de nutrientes y alimentos y a menudo no figura en ellas ninguna otra documentación. Un solo sistema de datos informatizados puede generar diversas tablas y archivos, cada uno con subconjuntos específicos de información numérica, descriptiva y gráfica. Como ejemplo cabe citar las distintas bases de datos de los usuarios distribuidas por Nueva Zelanda (Burlingame, 1996).

Los estudios de la relación entre la alimentación y la salud han hecho que vaya en aumento el interés por la serie de componentes biológicamente activos presentes en los alimentos que acompañan a los nutrientes y, con frecuencia, se necesitan datos de estos componentes, al igual que datos relativos a los aditivos y contaminantes. En un sistema de datos bien estructurado puede figurar información sobre componentes no nutrientes, aunque esto no debería ir en perjuicio del objetivo primordial del programa de la base de datos, que es el suministro de información sobre el contenido de nutrientes de los alimentos.

## Métodos de compilación de bases de datos de composición de alimentos

Las primeras tablas de composición de alimentos se basaban en análisis llevados a cabo en los laboratorios de investigadores como Von Voit en Alemania, Atwater en los Estados Unidos de América y Plimmer en el Reino Unido (Somogyi, 1974; Atwater y Woods, 1896; Widdowson, 1974). Más adelante, los Estados Unidos pasaron a compilar tablas a partir de datos obtenidos en varios laboratorios y examinados con detenimiento. En las tablas del Reino Unido se introdujo un elemento de este procedimiento con la incorporación a la tercera edición de McCance y Widdowson (1940) de valores de vitaminas y aminoácidos procedentes de la bibliografía. Southgate (1974) estableció una distinción entre estos dos sistemas, a los que denominó respectivamente método directo e indirecto de compilación de tablas. La INFOODS describió dichos métodos y otros procedimientos de compilación de datos de composición de alimentos (Rand *et al.*, 1991).

### Método directo

La ventaja del método directo, en el que todos los valores son el resultado de análisis llevados a cabo expresamente para la base de datos que se está compilando, es que el estrecho control de los procedimientos de muestreo, análisis y control de calidad permite obtener datos muy fidedignos. Las primeras personas encargadas de la composición de los alimentos en el Reino Unido analizaban distintos lotes del mismo alimento comprados por separado, pero sin duplicar las determinaciones, con la intención de conseguir información limitada sobre la variación de los nutrientes en cada alimento (McCance y Shipp, 1933). Sin embargo, en las versiones posteriores de las tablas del Reino Unido se combinaron los diversos lotes comprados del alimento, de manera que se redujeron los costos y aumentó el número de productos alimenticios que se podían analizar en un período determinado de tiempo (McCance, Widdowson y Shackleton, 1936). Incluso con este procedimiento, el método directo sigue siendo costoso y prolongado y ejerce presión sobre los recursos analíticos disponibles en muchas partes del mundo.

### Método indirecto

En el método indirecto se utilizan datos tomados de la bibliografía publicada o de informes de laboratorio inéditos. Por consiguiente, hay menos control sobre la calidad de los datos, que pueden ser desiguales. Hay que tener, pues, mucho cuidado a la hora de evaluarlos para su inclusión en la base de datos. En algunos casos, los valores pueden ser atribuidos, calculados (véase *infra*) o tomados prestados de otras tablas o bases de datos y puede resultar imposible remontarse a la fuente original; estos valores tienen un grado menor de confianza. El método indirecto se utiliza casi siempre cuando los recursos analíticos son limitados o el suministro de alimentos procede en gran parte de productos alimenticios importados de otros países cuyos datos sobre la composición están disponibles. Aunque el método indirecto requiere evidentemente menos recursos analíticos que el directo, el grado de minuciosidad necesario en su examen hace que con frecuencia resulte prolongado y costoso.

## Método combinado

La mayor parte de las bases de datos de composición de alimentos se elaboran en la actualidad mediante una combinación de los métodos directo e indirecto, con valores analíticos originales junto con otros tomados de la bibliografía y de otras bases de datos, así como con valores atribuidos y calculados. Este método combinado es el más rentable y resulta particularmente eficaz si se analizan directamente los productos alimenticios básicos, mientras que los datos correspondientes a los alimentos menos importantes se toman de la bibliografía, que incluirá, en caso necesario, la de otros países. Sin embargo, la reducción al mínimo del volumen de valores atribuidos y calculados hace aumentar en principio la fiabilidad y representatividad de la base de datos.

## Tipos de datos de composición de alimentos

Las bases de datos de composición de alimentos disponibles en la actualidad contienen valores de la composición con distintos grados de calidad, lo que es consecuencia de los diversos métodos de obtención. Si los datos van a utilizarse internacionalmente, su calidad debe ser constante y compatible, de manera que puedan usarse en combinación para la colaboración entre personas y países en la investigación nutricional, la educación nutricional, la reglamentación alimentaria y la producción y elaboración de alimentos. Los tipos y fuentes de datos pueden identificarse en las bases de datos de composición de alimentos mediante códigos (USDA, 2003a; Burlingame *et al.*, 1995b), como se hace en muchos países, así como mediante referencias (Wu Leung, Butrum y Cheng, 1972). Por orden general de preferencia, las fuentes de datos son las siguientes:

### Valores analíticos originales

Son valores tomados de la bibliografía publicada o de informes de laboratorio inéditos, procedan o no de análisis realizados expresamente para compilar la base de datos. Pueden incorporarse a ella sin modificar, en forma de una selección o promedio de valores analíticos o como combinaciones ponderadas para garantizar que los valores finales sean representativos. En esta categoría se incluyen los valores calculados originales (por ejemplo, los valores de las proteínas calculados multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor apropiado, o los ácidos grasos por 100 g de alimentos calculados a partir de los valores de los ácidos grasos por 100 g de ácidos grasos totales).

### Valores atribuidos

Estos datos son estimaciones derivadas de los valores analíticos obtenidos para un alimento análogo (por ejemplo, los valores de los guisantes utilizados para los frijoles verdes) o para otra forma del mismo alimento (por ejemplo, los valores para «hervido» utilizados para «cocido al vapor»). También pueden derivarse de análisis incompletos o parciales de un alimento mediante un cálculo (por ejemplo, los carbohidratos o la humedad por diferencia, el sodio derivado de

**Figura 1.1** Integración de los análisis nutricionales de los alimentos en la investigación sobre la alimentación y la nutrición





los valores del cloruro o, de manera más habitual, el cloruro calculado a partir del valor del sodio). Se pueden hacer cálculos semejantes comparando datos de distintas formas del mismo alimento (por ejemplo, «seco» frente a «fresco» o «desgrasado» frente a «fresco»).

### **Valores calculados**

Son valores derivados de recetas, calculados a partir del contenido de nutrientes de los ingredientes y corregidos en función de los factores de preparación: pérdida o ganancia de peso, que se suele denominar rendimiento, y cambios de micronutrientes, que suelen recibir el nombre de factores de retención. Dichos valores son sólo estimaciones aproximadas, debido a que las condiciones de preparación de las recetas tales como, por ejemplo, la temperatura y la duración de la cocción, varían enormemente, lo cual afecta significativamente al rendimiento y la retención. Otro método de cálculo es la determinación de los valores de los nutrientes de los alimentos cocinados basada en los de los alimentos crudos o los cocinados de manera diferente que utiliza algoritmos y factores de retención y rendimiento específicos.

### **Valores prestados**

Se trata de valores tomados de otras tablas y bases de datos, haciendo o no referencia a la fuente original. Para justificar un valor prestado es necesaria la referencia adecuada a las fuentes originales. En algunos casos, los valores prestados se deben adaptar al diferente contenido de agua y/o grasa.

### **Valores supuestos**

Son valores que se supone que alcanzan un cierto nivel o son iguales a cero, de conformidad con la reglamentación.

## Fuentes de datos de composición de alimentos

Los alimentos se someten a análisis químicos con diversos fines. Las bases de datos de composición de alimentos se basan en análisis nutricionales y toxicológicos realizados por los gobiernos, la universidad y la industria para determinar las posibles aportaciones de los productos alimenticios a la alimentación y el cumplimiento de la reglamentación relativa a la composición, la calidad, la inocuidad y el etiquetado. Los alimentos también se pueden analizar con fines de supervisión constante del suministro de productos alimenticios (por ejemplo, Bilde y Leth, 1990). Todos estos estudios sobre composición proporcionan datos que pueden examinarse para su incorporación a una base de datos de composición de alimentos.

### **Evaluación nutricional de los alimentos**

En los estudios sobre la nutrición humana, lo ideal es examinar la composición de los alimentos en un ámbito de investigación que tenga interacción con una o varias esferas más de la investigación sobre nutrición (Figura 1.1). Los datos tienen la máxima utilidad cuando

los alimentos están representados en las formas en que se suelen consumir (véase el Capítulo 5, Muestreo).

En la agricultura, a la hora de adoptar decisiones con respecto a las políticas y programas han predominado factores como la resistencia a las enfermedades y el rendimiento, más que el valor nutricional. Asimismo, en la tecnología de los alimentos la evolución de los productos se ha visto influida de manera importante por consideraciones económicas, como el atractivo para el consumidor y la rentabilidad. Sin embargo, las actitudes están cambiando y ahora la calidad nutricional es uno de los factores que se tienen en cuenta en la selección de cultivos y la obtención de alimentos elaborados.

La producción, la manipulación, la elaboración y la preparación de los alimentos inciden profundamente en su calidad nutricional. Hay abundante bibliografía sobre prácticas agrícolas (clima, geoquímica, sistemas de labranza, tratamientos después de la recolección), métodos de elaboración (congelación, enlatado, secado, extrusión) y etapas en la preparación de los alimentos (almacenamiento, corte, cocinado). Sin embargo, la mayor parte de los estudios nutricionales en estas esferas abarcan una serie limitada de nutrientes (en particular las vitaminas lábiles); es muy escasa la información que se proporciona sobre la gama más amplia de nutrientes (Henry y Chapman, 2002; Harris y Karmas, 1988; Bender, 1978; Rechigl, 1982). No obstante, los datos procedentes de estos tipos de estudios pueden ser con frecuencia útiles en las bases de datos de composición de alimentos, bien como datos en sí, bien por establecer factores de rendimiento y retención pertinentes para los cálculos (véase el Capítulo 9).

### **Reglamentación alimentaria**

Los niveles de determinados nutrientes, aditivos y contaminantes en los alimentos se vigilan por varios motivos. Por ejemplo, algunos nutrientes pueden registrar una reacción adversa en condiciones particulares de elaboración que da lugar a una calidad sensorial deficiente o afecta a la inocuidad del alimento (por ejemplo, los ácidos grasos *trans*). La reglamentación sobre el etiquetado también exige ciertos niveles prescritos de nutrientes en alimentos específicos (por ejemplo, vitaminas y minerales en los alimentos enriquecidos, niveles de grasas poliinsaturadas en la margarina). Ciertas sustancias tóxicas están limitadas a determinados niveles prescritos y son objeto de vigilancia por parte de los gobiernos, la industria y los laboratorios. El contenido de nutrientes de los alimentos manufacturados raramente se pone a disposición de los compiladores en forma electrónica y hay que prestar especial atención al compilar las bases de datos con la información proporcionada por las etiquetas de los alimentos.

### **Gestión de los datos de composición de alimentos**

Las tablas de composición de alimentos fueron, al comienzo de los estudios sobre la nutrición, el principal recurso para la obtención de datos sobre dicha composición; sin embargo, se han visto limitadas materialmente por el creciente volumen de información que contienen y por la documentación adjunta o metadatos. También resulta costosa su actualización, por lo que se pueden seguir utilizando datos antiguos durante más tiempo del que sería de desear.

**Cuadro 1.1** Etapas en la gestión de los datos de composición de alimentos

| <i>Etapas</i>                 | <i>Descripción</i>  | <i>Formato</i>   |
|-------------------------------|---|--|
| Fuente de datos               | Bibliografía técnica, pública y privada, que contenga datos analíticos, con inclusión de documentos o informes de laboratorio publicados e inéditos | El mismo utilizado por los autores originales  |
| Registro de archivo           | Los datos originales se transponen al registro de datos sin refundirlos ni modificarlos; se analiza la coherencia                                   | Un solo conjunto de datos por cada fuente original, con detalles sobre el origen y el número de muestras de alimentos, la manipulación de éstos y las muestras analíticas, la parte comestible, los desechos, los métodos analíticos y los métodos de control de calidad |
| Base de datos de referencia   | Datos de todos los registros para un alimento agrupados de manera que formen el conjunto total de datos disponibles                                 | Formato habitual   |
| Base de datos de los usuarios | Datos seleccionados o combinados para obtener valores medios de la base con estimaciones de la varianza para cada artículo alimenticio              | Formato habitual   |

El inconveniente más importante de las tablas de composición de alimentos es que los cálculos realizados utilizando los datos que contienen sólo pueden llevarse a cabo con un volumen considerable de trabajo adicional. Las bases de datos de composición informatizadas no poseen estos inconvenientes y a menudo se utilizan en lugar de las tablas impresas como fuente primordial de datos de composición de alimentos. Una base de datos de composición de alimentos exhaustiva debe ser el depósito de toda la información numérica, descriptiva y gráfica sobre las muestras de productos alimenticios.

La presente obra se ocupa de la obtención y evaluación de datos de composición de alimentos para su incorporación a una base informatizada, pero al ser los principios fundamentales prácticamente idénticos pueden también aplicarse a los datos destinados a tablas impresas de composición de alimentos,

Los datos de composición de alimentos pueden gestionarse en cuatro niveles diferentes, que proporcionan conjuntamente un mecanismo eficaz para su tratamiento. Este sistema tiene ventajas a la hora de evaluar la calidad de los datos. Dichos niveles forman una secuencia de etapas (Cuadro 1.1).

### **Nivel 1: Fuentes de datos**

Son los documentos de investigación publicados y los informes inéditos, de laboratorio y de

otro tipo, que contienen datos analíticos, así como sus referencias bibliográficas. Normalmente las fuentes de datos forman parte de la base de datos de referencia.

### **Nivel 2: Registros de archivo**

Estos registros (escritos o informatizados) contienen todos los datos en las unidades en las que se publicaron o registraron inicialmente. Se analiza solamente su coherencia, como es praxis habitual en el examen de los documentos científicos antes de su publicación. Los alimentos deben codificarse o anotarse a fin de facilitar su identificación. Deben anotarse asimismo los valores indicando la unidad, el cálculo, el sistema de muestreo, el número de muestras de alimentos analizadas, los métodos analíticos utilizados, cualquier procedimiento de garantía de calidad que se aplique y cualquier referencia bibliográfica pertinente como fuente de datos. En esta etapa es posible hacer una evaluación preliminar de la calidad de los datos (véase el Capítulo 8).

Con dichos registros no debería ser necesario tener que recurrir de nuevo a las fuentes de datos originales al hacer una consulta. Normalmente, en la preparación de la base de datos de referencia se utilizan los datos de archivo.

### **Nivel 3: Base de datos de referencia**

La base de datos de referencia es el conjunto completo de datos analizados rigurosamente en el que todos los valores se han convertido en unidades normalizadas y los nutrientes se expresan de manera uniforme, pero manteniendo por separado los datos de cada análisis. Esta base de datos debe comprender todos los alimentos y nutrientes para los cuales se dispone de información. Contiene enlaces con los procedimientos de muestreo y los métodos analíticos, el laboratorio de origen, la fecha de introducción y otra información pertinente, incluidas las referencias bibliográficas a las fuentes de datos. Los datos se expresan normalmente de acuerdo con los convenios, unidades y bases adoptados para las bases de datos de los usuarios (véase el Capítulo 9).

La base de datos de referencia suele formar parte de un sistema de gestión de bases de datos informatizado, con programas informáticos o protocolos escritos para calcular, editar, consultar, combinar, promediar y ponderar los valores para cada alimento dado. Las bases de datos de los usuarios se preparan a partir de esta base de datos y sus programas.

La base de datos estará enlazada con los registros sobre los métodos analíticos y con los de otros componentes, por ejemplo, componentes no nutrientes como los componentes con actividad biológica, los aditivos y los contaminantes. También deben estar enlazados con la base de datos de referencia los registros de características físicas como el pH, la densidad, la parte no comestible o la viscosidad, que se recogen con frecuencia en los documentos sobre tecnología de los alimentos. Se deben almacenar asimismo los factores de conversión, los cálculos y las recetas.

### **Nivel 4: Base de datos de los usuarios, tablas impresas e informatizadas**

En general, la base de datos de los usuarios es un subconjunto de la de referencia, y la forma

impresa contiene a menudo menos información que la informatizada. Si bien muchos usuarios profesionales de datos de composición de alimentos necesitan la información registrada en la base de datos de referencia, la mayoría sólo necesita una base de datos que contenga los datos de composición de alimentos evaluados y, en algunos casos, ponderados o promediados para garantizar que los valores sean representativos de los alimentos en relación con el uso previsto. Además, si se considera oportuno, los valores de los nutrientes de cada alimento (por ejemplo, los azúcares totales, la proporción de las distintas clases de ácidos grasos) pueden refundirse en lugar de mostrarlos como componentes por separado. Estas bases de datos pueden contener indicaciones sobre la calidad de los datos basadas en la evaluación de los procedimientos de muestreo y análisis.

Estas bases de datos deben incluir el mayor número posible de alimentos y nutrientes, dando preferencia a los conjuntos de datos completos. Los métodos, los procedimientos de muestreo y las fuentes bibliográficas deben codificarse por nutrientes, de manera que el usuario pueda realizar una evaluación independiente o una comparación con otras bases de datos. Naturalmente, los datos deben expresarse en unidades uniformes normalizadas (véase el Capítulo 9). La característica que define una base de datos de los usuarios es que contiene una serie de datos por cada artículo alimenticio.

### **Bases de datos y tablas de composición de alimentos simplificadas**

A partir de la base de datos principal de los usuarios pueden elaborarse bases de datos o tablas simplificadas que abarcan menos nutrientes. Es posible introducir en ellas algunas reducciones en las categorías de alimentos (por ejemplo, para los cortes de carne pueden aparecer solamente datos correspondientes a la «hecha al punto», omitiendo la «poco hecha» y la «muy hecha»). Los valores pueden aparecer como unidades por 100 g de alimento o por porción media, expresada en unidades domésticas o tamaño de las porciones. También se pueden preparar versiones modificadas de la base de datos para ayudar a los fabricantes en el etiquetado de los alimentos. A partir de la misma base de datos general pueden obtenerse diversos tipos de bases de datos o tablas impresas: desde una versión bastante amplia para los usuarios profesionales hasta otra más reducida para los consumidores o para los usuarios que se ocupan de la preparación de alimentos en gran escala.

### **Bases de datos y tablas de composición de alimentos con fines especiales**

Se pueden preparar tablas y bases de datos limitadas a determinados nutrientes para personas con necesidades o intereses especiales en relación con la alimentación (por ejemplo, para diabéticos, para personas con trastornos renales en cuya alimentación es necesario controlar las proteínas, el sodio y el potasio, para educadores sobre nutrición o para las personas que desean perder peso). Los datos pueden presentarse por 100 g de alimentos o en función del tamaño de las porciones o de medidas domésticas comunes. Dichas tablas y bases de datos pueden elaborarse indicando los alimentos con las gamas de nutrientes, por ejemplo, concentraciones alta, media y baja. También se pueden dar los datos en otras unidades útiles (por ejemplo, el sodio y el potasio en milimoles para los pacientes renales).

## Tipos de programas de bases de datos de composición de alimentos

### Nacionales

Lo ideal es que cada país tenga un programa establecido para la gestión de sus propios datos de composición de alimentos y que los considere un recurso nacional tan importante como cualquier otra colección nacional de datos.

Si bien la concentración de determinados nutrientes en algunos productos alimenticios básicos varía poco entre los países (por ejemplo, la composición de aminoácidos de las carnes magras), hay otros nutrientes, incluso en alimentos disponibles en todo el mundo, que cambian mucho debido a las diferencias de cultivares, suelos, climas y prácticas agrícolas. Las recetas de platos mixtos con el mismo nombre son diferentes de un país a otro. También se utilizan prácticas tecnológicas diferentes: la harina, por ejemplo, se produce y utiliza con distintas tasas de extracción y puede estar enriquecida en diversos grados con distintos nutrientes (Greenfield y Wills, 1979). Algunos países tienen alimentos, productos alimenticios o procedimientos de elaboración únicos (Somogyi, 1974). Por estos motivos, entre otros, es imprescindible elaborar un programa nacional de bases de datos de composición de alimentos y garantizar que dicho programa utilice datos de otros países sólo cuando sus valores se consideren aplicables a los alimentos consumidos en el propio.

Aunque se está tratando de elaborar normas alimentarias comunes (por ejemplo, el Programa Conjunto FAO/Organización Mundial de la Salud [FAO/OMS] sobre Normas Alimentarias, Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2003a, b), seguirá habiendo diferencias entre los países en la descripción de los alimentos.

### Regionales

La preparación de bases de datos de composición de alimentos regionales reviste una gran importancia. Muchos países, especialmente en el mundo en desarrollo, carecen de los recursos necesarios para un programa nacional en gran escala sobre la composición de alimentos, pero comparten unos suministros semejantes a los de los países vecinos. La cooperación entre varios departamentos gubernamentales de los Estados Unidos, el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y la FAO ha permitido preparar algunas tablas regionales iniciales de composición de alimentos para América Latina (Wu Leung y Flores, 1961), África (Wu Leung, Busson y Jarclin, 1968), el Asia oriental (Wu Leung, Butrum y Cheng, 1972) y el Cercano Oriente (FAO, 1982). Más recientemente, esta cooperación con la FAO/UNU/INFOODS ha llevado a la publicación de tablas regionales para los países insulares del Pacífico (Dignan *et al.*, 1994), América Latina (LATINFOODS, 2000) y el Asia sudoriental (Puwastien *et al.*, 2000).

Algunos países están colaborando entre sí en el análisis de la composición de alimentos, por ejemplo, los de la región de Europa septentrional y los de la región del Pacífico Sur (Becker, 2002; Comisión del Pacífico Meridional, 1982). Otros programas regionales pueden ser los

que prestan servicios a los países participantes en los estudios epidemiológicos multinacionales (Slimani *et al.*, 2000). De dichos programas internacionales o regionales pueden derivarse programas nacionales simplificados.

## Criterios para una base de datos de composición de alimentos exhaustiva

Debido al gran interés actual por la nutrición, las bases de datos de composición de alimentos deben cumplir los siguientes criterios:

### 1. Los datos deben ser representativos

Los valores deben representar la mejor estimación posible de la composición habitual de los alimentos en las formas obtenidas o consumidas con mayor frecuencia. A ser posible se debe dar alguna medida de la variabilidad en la composición del alimento.

### 2. Los datos deben tener una calidad analítica satisfactoria

Los datos ideales son los analíticos originales procedentes de fuentes examinadas a fondo y con todo rigor. Solamente deben incluirse valores de otras bases de datos y datos atribuidos o calculados cuando no se disponga de datos analíticos originales o se sepa que no poseen suficiente calidad.

Son datos analíticos de calidad elevada los obtenidos por métodos que se ha demostrado que son fidedignos y apropiados para la matriz del alimento y el nutriente en cuestión. Estos métodos deben aplicarse con eficacia y dicha eficacia deberá quedar demostrada para garantizar la calidad de los datos. También es conveniente que el analista y el laboratorio cumplan los criterios de buenas prácticas de laboratorio. Además, se requieren pruebas que pongan de manifiesto que la muestra de alimentos era representativa y que se recogió y manipuló de manera apropiada. Sin embargo, para los datos ya existentes con frecuencia no hay documentación sobre el muestreo, la fuente o el método analítico, por lo menos en formato electrónico.

Los Capítulos 5, 6, 7 y 8 contienen directrices más específicas para los procedimientos de muestreo, los métodos de análisis y la garantía de calidad de los datos; al determinar la calidad de los datos analíticos de composición de alimentos siempre han de tenerse presentes estos tres aspectos.

### 3. La cobertura de alimentos debe ser amplia

La base de datos debe incluir todos los alimentos que constituyen una parte importante del suministro de productos alimenticios, así como el mayor número posible de los que se consumen con menor frecuencia. La selección de alimentos para su inclusión en una base de datos se examina en el Capítulo 3.

### 4. La cobertura de nutrientes debe ser amplia

Se deben incluir los valores correspondientes a todos los nutrientes y otros componentes que se sabe o se cree que son importantes para la salud humana. A la hora de decidir los nutrientes que deben incluirse, desempeñarán una función destacada las prioridades nacio-

nales en materia de salud. Los criterios para la selección de los nutrientes que han de quedar comprendidos se examinan en el Capítulo 4.

**5. Las descripciones de los alimentos deben ser claras**

Para poder identificar los alimentos con facilidad, hay que denominarlos y describirlos sin ambigüedades. (La nomenclatura de los alimentos se examina en McCann *et al.* [1988]; Truswell *et al.* [1991]; Møller e Ireland [2000a,b]; y Unwin y Møller [2003]).

**6. Los datos deben expresarse de manera coherente y no ambigua**

Los datos no deben expresarse con ambigüedad y debe mantenerse la coherencia en el uso de las unidades, los factores utilizados en el cálculo y los procedimientos aplicados al redondeo de los valores.

**7. Debe citarse el origen de los datos al dar el valor de los nutrientes**

Debe facilitarse información sobre las fuentes de datos, señalando si son analíticos, calculados o atribuidos. Cuando proceda, se informará sobre los procedimientos de cualquier cálculo y atribución, así como sobre los métodos de muestreo y análisis. También hay que indicar el grado de confianza o los códigos de calidad para los valores.

**8. Las tablas y las bases de datos deben ser fáciles de utilizar**

Además de tener una terminología clara y una expresión sistemática, las bases de datos y las tablas informatizadas deben ser de fácil acceso y comprensión. Los cuadros impresos han de ser fáciles de leer y tener un tamaño y un contenido manejables.

**9. El contenido de las distintas bases de datos debe ser compatible**

Las descripciones de los alimentos, las formas de expresión y las derivaciones de los valores deben ajustarse en la mayor medida posible a las normas internacionales vigentes (por ejemplo, los identificadores de la INFOODS) y a otras bases de datos de composición de alimentos exhaustivas e importantes. Un requisito científico es que las bases de datos y las tablas informatizadas se estructuren de manera que puedan utilizarse en combinación con otros sistemas del mismo tipo.

**10. En las bases de datos deben faltar pocos datos**

De todo lo expuesto se deduce que ha de procurarse que en cualquier base de datos o tabla de composición de alimentos haya el menor número posible de lagunas, ya que la falta de datos puede alterar considerablemente las estimaciones resultantes de la ingesta de nutrientes. Puede resultar preferible incluir datos atribuidos o prestados, siempre identificados claramente como tales, a no incluir datos en absoluto. Por otra parte, por motivos prácticos muchas veces se elaboran bases de datos o tablas incompletas para satisfacer necesidades inmediatas. Aunque sea útil, la información ajena a los datos sobre los nutrientes (por ejemplo, los datos relativos a sustancias tóxicas o aditivos) no es esencial en esta etapa.

## Aplicaciones de los datos de composición de alimentos

Los datos de composición de alimentos se utilizan fundamentalmente para la evaluación y la planificación de la ingesta humana de energía y nutrientes. En ambos casos, el sistema tiene



la máxima utilidad cuando se aplica a grupos y no de manera individual. La evaluación y la planificación se pueden dividir en varios apartados, que se diferencian en cuanto a los requisitos específicos de la base de datos y para cada uno de los cuales se precisa información adicional.

### **Evaluación de la ingesta de nutrientes (análisis nutricional)**

Cuando se conoce el peso de los alimentos consumidos, los datos sobre su composición permiten calcular la ingesta de cada nutriente multiplicando el peso de cada alimento por la concentración del nutriente en ese producto alimenticio y sumando los resultados, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I = \sum(W_1C_1 + W_2C_2 + W_3C_3 + \dots\dots\dots W_nC_n)$$

donde: I = ingesta del nutriente,  $W_1$  = peso consumido del alimento 1,  $C_1$  = concentración del nutriente en el alimento 1, etc.

Es necesario conocer la ingesta de nutrientes en varios niveles, como se señala a continuación.

#### **Nivel individual**

La ingesta de nutrientes de una persona se puede calcular utilizando los datos de composición de alimentos y los de la ingesta de productos alimenticios (estimados a partir de un historial dietético o de una encuesta alimentaria, o bien medidos en un estudio ponderado de la ingesta) (Cameron y van Staveren, 1988; Nelson, 2000). Esta información puede mostrar una idoneidad dietética o una no idoneidad, o desequilibrio dietético, y es importante en la determinación del asesoramiento dietético que se ha de dar o en la prescripción de una régimen dietético terapéutico. Sin embargo, el usuario debe ser consciente de que, debido a la variabilidad natural de los productos alimenticios, es posible que los datos de composición de alimentos no permitan predecir la composición de una porción aislada de cualquier producto con exactitud.

#### **Nivel colectivo**

Los alimentos que consumen las poblaciones pueden medirse utilizando diversas técnicas (Marr, 1971) y pueden convertirse, mediante los datos de composición de alimentos, en nutrientes consumidos. Los resultados proporcionan indicaciones sobre el estado nutricional del grupo (Jelliffe y Jelliffe, 1989; Gibson, 1990) y pueden utilizarse para examinar la relación de una dieta con diversos índices de salud: pautas de morbilidad y mortalidad, tasa de crecimiento, peso al nacer, medidas del estado nutricional clínico, rendimiento físico, etc. A continuación se citan algunos ejemplos de grupos que suelen estudiarse de esta manera:

- a) grupos fisiológicos, como niños durante el crecimiento, mujeres embarazadas y madres lactantes, ancianos;
- b) grupos socioeconómicos (por ejemplo, por razas, castas, ingresos u ocupaciones);
- c) grupos clínicos, como pacientes y grupos control sanos;

- d) grupos de intervención, procedentes normalmente de las categorías anteriores, que reciben un suplemento alimenticio u otros programas;
- e) cohortes en estudios epidemiológicos sobre dieta y salud (Riboli y Kaaks, 1997).

Los datos extraídos de los estudios de los grupos no sólo se utilizan para la identificación de problemas nutricionales y la planificación de intervenciones sobre la nutrición con el fin de contrarrestarlos, sino que también pueden usarse en las investigaciones que tratan de determinar la ingesta de nutrientes deseable para una buena salud. Los resultados de tales estudios pueden revertir en la política alimentaria y nutricional en forma de programas de alimentación complementaria para niños, cupones de alimentos para los grupos de bajos ingresos, asesoramiento dietético para mujeres embarazadas, regímenes dietéticos preventivos para reducir la tasa de cardiopatías, etc.

### **Niveles nacional e internacional**

Las estadísticas nacionales de la producción agrícola, ajustadas para las exportaciones, las importaciones, la utilización no alimentaria y las pérdidas brutas, se multiplican por los datos de composición de nutrientes y se dividen por la población total para obtener estimaciones de la disponibilidad bruta de nutrientes por habitante. Estos datos permiten evaluar la idoneidad general o la insuficiencia del suministro nacional de alimentos e indican el déficit o el exceso. Mediante sistemas de vigilancia de la alimentación (por ejemplo, Bilde y Leth, 1990) se puede hacer un seguimiento del consumo de sustancias deseables y no deseables durante un período de varios años.

Los datos de los distintos países pueden agruparse para obtener una tabla multinacional o mundial de la disponibilidad de alimentos y nutrientes; dichos datos se utilizan en la formulación de políticas en materia de alimentación y nutrición, en el establecimiento de objetivos para la producción agrícola, en la formulación de directrices para el consumo y en políticas específicas, como el enriquecimiento de los alimentos o la utilización de alimentos complementarios (Buss, 1981).

En el plano internacional, esta información tiene repercusiones en el comercio y en la formulación de políticas de asistencia. En la investigación, la comparación de la ingesta de nutrientes de distintos países, junto con otros datos epidemiológicos, permite aclarar ulteriormente la función de los componentes de la alimentación en la salud y la enfermedad. En la actualidad, las variaciones a largo plazo del suministro de alimentos sólo pueden vigilarse de manera adecuada mediante el uso de tablas y bases de datos de composición de alimentos actualizadas. Por ejemplo, el contenido de grasa y de hierro de la carne se ha visto alterado en los países occidentales por los cambios en los métodos de explotación zootécnica y de despiece. Los cortes actuales se pueden comparar con los de hace diez años tomando como referencia las tablas de composición de alimentos del pasado (Vanderveen y Pennington, 1983).

### **Niveles subnacional y comunitario**

Para obtener estimaciones de la distribución de los nutrientes dentro de un país pueden efec-

tuarse cálculos análogos. Estos resultados pueden poner de manifiesto problemas nutricionales reales o potenciales. Dichos estudios tienen a menudo una importancia decisiva para los países en desarrollo con regiones geográficas muy diversas. Mediante encuestas periódicas, como parte de un sistema completo de vigilancia nutricional, se pueden supervisar los cambios nutricionales y la eficacia de las políticas en materia de alimentación y nutrición.

## Planificación, asesoramiento o prescripciones en relación con la ingesta de alimentos y nutrientes (síntesis nutricional)

Ya se han estimado las necesidades fisiológicas o las ingestas recomendadas de la mayor parte de los nutrientes (por ejemplo, FAO/OMS/UNU, 1985) y corresponde al nutricionista convertir estas necesidades o recomendaciones en una ingesta deseable de alimentos con diversos niveles de costos. También se puede llevar a cabo esta tarea en varios niveles, como se indica a continuación.

### Prescripción de regímenes dietéticos terapéuticos

Un régimen dietético terapéutico debe ser equilibrado y adecuado desde el punto de vista nutricional y controlar al mismo tiempo la ingesta de uno o varios nutrientes específicos. Por consiguiente, la prescripción de regímenes terapéuticos requiere capacitación profesional y un conocimiento detallado de la composición de los alimentos. En el Cuadro 1.2 se enumeran los tipos de trastornos que requieren regímenes dietéticos terapéuticos, junto con los componentes de la alimentación que hay que controlar. Por desgracia, la mayor parte de las tablas y bases de datos de composición de alimentos disponibles no contienen información relativa a todos los componentes enumerados en el Cuadro 1.2 y puede ser necesario consultar fuentes primarias de datos para obtener la información necesaria.

### **Planificación de regímenes dietéticos institucionales**

Los datos de composición de alimentos se utilizan para convertir las ingestas recomendadas de nutrientes en alimentos y menús con un costo limitado. Hay grandes sectores de la población (por ejemplo, centros militares, cafeterías de lugares de trabajo, hospitales, prisiones, escuelas, centros de atención diurna y hoteles) en los que se sirven comidas de esta manera.

### **Política nacional en materia de alimentación y nutrición**

En las políticas nacionales en materia de alimentación y nutrición se definen con frecuencia objetivos para la ingesta de determinados nutrientes. Estos objetivos se deben convertir en metas para la producción de alimentos del sector agropecuario o en metas de consumo de alimentos para el mercado o el sector de la salud pública (por ejemplo, mediante un aumento de las subvenciones o la promoción de ciertos alimentos).

**Cuadro 1.2** Ejemplos de condiciones clínicas que requieren información sobre la composición de los alimentos para la planificación de regímenes dietéticos terapéuticos

| <i>Condición clínica</i>                              | <i>Información sobre la composición que se precisa</i>                           |
|---|--|
| <b>Necesidad de control dietético general</b>         |  |
| Diabetes mellitus                                     | Valor energético, carbohidratos, grasas, proteínas y fibra dietética disponibles |
| Obesidad  | Valor energético, grasas   |
| Hipertensión  | Valor energético, sodio, potasio, proteínas                                      |
| Enfermedades renales                                  | Proteínas, sodio, potasio  |
| <b>Estados carenciales</b>                            |  |
| Anemia  | Hierro, folato, vitamina B <sub>12</sub>   |
| Avitaminosis  | Contenido de vitaminas específicas   |
| <b>Trastornos metabólicos</b>                         |  |
| Hemocromatosis  | Hierro   |
| Hiperlipidemias                                       | Grasas, ácidos grasos, colesterol  |
| Errores congénitos del metabolismo de los aminoácidos | Aminoácidos  |
| Gota, xantínuria                                      | Purinas  |
| Enfermedades de la vesícula biliar                    | Grasas, calcio, colesterol, fibra dietética                                      |
| Enfermedad de Wilson                                  | Cobre  |
| <b>Intolerancias</b>                                  |  |
| Disacáridos, monosacáridos                            | Azúcares individuales, en particular sacarosa, lactosa, fructosa, galactosa      |
| Gluten (y otras proteínas específicas)                | Gluten, proteínas específicas  |
| Jaqueca   | Monoaminas   |
| <b>Alergias</b>                                       | Proteínas específicas  |
| <i>Nota:</i> Esta lista no pretende ser exhaustiva.   |  |

### Reglamentación nutricional del suministro de alimentos

Los responsables de la reglamentación alimentaria utilizan datos nutricionales sobre los alimentos primarios o los productos alimenticios «tradicionales» como punto de referencia para los niveles deseables de nutrientes en los alimentos elaborados o recién introducidos. Por ejemplo, los consumidores deben poder contar con un producto lácteo tradicional que contenga ciertos niveles de calcio y riboflavina; las nuevas técnicas de elaboración no deben alterar significativamente la calidad nutricional esencial del producto que ya está bien reconocido. Asimismo, un sucedáneo manufacturado o fabricado debe proporcionar el mismo valor nutricional que el alimento que pretende sustituir (Vanderveen y Pennington, 1983).

Una base de datos de composición de alimentos puede permitir también una verificación preliminar de la información o las afirmaciones contenidas en la etiqueta. Por ejemplo, se puede hacer publicidad de un alimento como rico en el nutriente X, y la información sobre la composición de los ingredientes enumerados indicará si ese producto alimenticio puede tener un contenido alto del nutriente X sin enriquecimiento (para lo cual pueden existir normas especiales). Además, los datos sobre «nuevos» cultivares que se están evaluando para su introducción comercial generalizada se pueden comparar con los de los cultivares tradicionales.

Algunos países permiten que se calculen los datos nutricionales utilizados en el etiquetado de ciertos alimentos compuestos a partir de los datos de nutrientes para los ingredientes tomados de las tablas y las bases de datos de composición de alimentos. En tales casos, hay que asegurarse de que los valores de los nutrientes así tomados sean comparables con los indicados en la reglamentación alimentaria relativa al etiquetado de los alimentos.

### **Planificación de programas de intervención nutricional**

En las intervenciones nutricionales, como los programas de ayuda alimentaria, los planes de suplementación y los programas de prevención de las enfermedades, es necesario utilizar datos de composición de alimentos a fin de convertir las necesidades de nutrientes específicos en necesidades de alimentos. Hay que señalar que tales programas pueden requerir confirmación mediante un análisis directo, en particular en el ámbito de la investigación.

### Limitaciones de las bases de datos de composición de alimentos

Los numerosos usuarios de las tablas o bases de datos de composición de alimentos a menudo no comprenden suficientemente sus limitaciones. Por tratarse de materiales biológicos, los alimentos muestran variaciones en su composición; por consiguiente, una base de datos no puede predecir con exactitud la composición de ninguna muestra aislada concreta de un producto alimenticio. Así pues, aunque se pueden utilizar dichas tablas y bases de datos para formular una dieta, una comida o un suplemento, las concentraciones de nutrientes son básicamente estimaciones. Para los estudios metabólicos se suele necesitar un análisis directo, a fin de conseguir la exactitud necesaria en la ingesta medida de los nutrientes objeto de estudio.

Además, las bases de datos y las tablas de composición de alimentos tienen una utilidad limitada con fines tanto de reglamentación como científicos. No permiten predecir con exactitud las concentraciones de nutrientes en ningún alimento; esto es especialmente aplicable a los nutrientes lábiles (por ejemplo, la vitamina C y los folatos) o los componentes añadidos o eliminados durante la preparación de los alimentos (grasas, humedad). Por otra parte, la composición de un alimento determinado puede cambiar con el tiempo (por ejemplo, puede variar la formulación de un fabricante), invalidando el uso de los valores de la base de datos. La exactitud de las predicciones también se ve limitada por la manera de mantener los datos en la base (por ejemplo, como promedios).

Las bases de datos de composición de alimentos con frecuencia no pueden utilizarse como fuente bibliográfica con fines de comparación con los valores obtenidos para los alimentos en otros lugares. Para comparar los valores de un país con los obtenidos en otros ha de hacerse referencia a la bibliografía original. Las bases de datos de composición de alimentos pueden utilizarse con un grado de confianza mayor cuando se sabe que los valores están basados en resultados analíticos originales. Cualquier atribución, cálculo, ponderación o promedio debe estar claramente documentado y, lo que es más importante, los artículos alimenticios deben estar debidamente descritos para poder establecer comparaciones.

A pesar de los importantes esfuerzos realizados durante las dos últimas décadas sobre la armonización de las descripciones de los alimentos, la terminología de los nutrientes, los métodos analíticos y los métodos de cálculo y compilación, los valores de las tablas y bases de datos de composición de alimentos existentes no parecen ser fácilmente comparables entre los distintos países. Además, los usuarios pueden no ser siempre conscientes de la diferencia de los valores de los nutrientes entre los alimentos crudos y cocinados y pueden utilizar erróneamente los primeros en lugar de los correspondientes a los segundos. Así ocurre muchas veces en países que utilizan tablas de composición de alimentos que contienen sobre todo alimentos crudos.

Por último, hay que señalar que, a pesar de que su consumo ha ido en aumento, los alimentos manufacturados y suplementos minerales y vitamínicos, que representan hasta un 60 por ciento de la ingesta total de productos alimenticios, raramente se enumeran en los cuadros y bases de datos de composición de alimentos (Charrondiere *et al.*, 2002). En consecuencia, cabe suponer que las estimaciones de la ingesta de nutrientes son cada vez menos representativas de la ingesta real.

## Usuarios

Hay muchas categorías distintas de usuarios de las tablas y bases de datos de composición de alimentos: economistas, planificadores agrícolas, nutricionistas, dietistas, directores de servicios de alimentación, bromatólogos, agrónomos, fabricantes, tecnólogos de los alimentos, economistas domésticos, personal docente, epidemiólogos, médicos, dentistas, científicos especializados en salud pública, consumidores no especializados y periodistas. Es necesario tener acceso a distintos tipos de tablas y bases de datos informatizadas para satisfacer estas diversas necesidades. Hoy en día esto puede conseguirse gracias a las computadoras.

## Capítulo 2

# Puesta en marcha y organización de un programa de composición de alimentos

**D**urante el último decenio, debido a un cada vez mayor número de motivos, diversos organismos, programas, proyectos y personas han llevado a cabo un número creciente de actividades relativas a la composición de alimentos. Muchos organismos nacionales, regionales e internacionales reconocen la importancia de los datos de composición de alimentos, así como la necesidad de intercambiar información que no sea ambigua y que resulte útil para todos los que la necesitan (Rand y Young, 1983; Rand *et al.*, 1987; West, 1985; Lupien, 1994).

La creación de una base de datos de composición de alimentos exige un enfoque integrado con respecto a la generación, adquisición, tratamiento, difusión y utilización de dichos datos.

### Nivel internacional

La Universidad de las Naciones Unidas (UNU) estableció en 1983 la Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (INFOODS), con un marco orgánico y una estructura de gestión internacional que incluía una secretaría de ámbito mundial y centros regionales de datos. Su mandato consiste en mejorar los datos de composición de nutrientes de los alimentos de todos los lugares del mundo, con miras a garantizar en ámbito internacional la obtención e interpretación apropiada de datos adecuados y fidedignos (INFOODS, 2003). A mediados de los años noventa, la FAO se unió a la UNU en las actividades de la INFOODS. Las principales actividades de ésta a nivel internacional comprenden la elaboración de normas técnicas sobre la composición de alimentos, la asistencia a los centros regionales de datos y a los distintos países en la realización de sus actividades relacionadas con la composición de alimentos, y la publicación del *Journal of Food Composition and Analysis* [Revista de composición y análisis de alimentos] (Elsevier, 2003).

La mayoría de los países del mundo participan en foros internacionales y son signatarios de acuerdos internacionales que guardan una relación directa e indirecta con la composición de los alimentos. Son ejemplos de tales acuerdos la Declaración Mundial y el Plan de Acción para la Nutrición aprobados en la Conferencia Internacional sobre Nutrición (FAO/OMS,

1992), la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y el Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (FAO, 1996), así como el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias y el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio (OMC, 1998a,b).

## Nivel regional

En la actualidad hay 17 centros regionales de datos en funcionamiento (véase el Apéndice 1). Se han preparado tablas de composición de alimentos regionales, tanto impresas como en formato electrónico (Dignan *et al.*, 1994; de Pablo, 1999; Puwastien *et al.*, 2000) y muchas regiones llevan a cabo actividades periódicas de coordinación sobre la composición de alimentos y han establecido grupos de trabajo técnico en los que intervienen los distintos países de la región.

## Nivel nacional

La mayoría de los países realizan ahora actividades relacionadas con la obtención de datos de composición de alimentos. Los programas nacionales al respecto suelen ser el resultado de la combinación y coordinación, dentro de un marco administrativo definido, de actividades de generación, compilación, difusión y utilización de datos de composición de alimentos. Muchos países han establecido un comité directivo para facilitar dicho marco. Un comité directivo o consultivo ha de estar compuesto a ser posible por personas que se ocupen directamente de tareas relacionadas con la composición de los alimentos, es decir, por usuarios, generadores, compiladores y difusores de datos. La intervención de los usuarios de los datos –agrónomos, analistas, profesionales de la salud, dietistas, nutricionistas, personal de la industria alimentaria y grupos de consumidores– es fundamental para constituir un comité directivo eficaz.

A menudo la responsabilidad global de la gestión del programa nacional sobre composición de alimentos recae sobre una sola organización, pero es raro que una organización única lleve a cabo por sí sola todas las actividades. Con independencia de sus afiliaciones, los generadores de datos que están en laboratorios deben mantener una estrecha interacción con los compiladores de datos, y éstos a su vez con los usuarios. Por consiguiente, los compiladores de datos desempeñan la función central y suelen actuar también como difusores (es decir, publican los datos en formato electrónico y/o en forma de tablas impresas). En la mayoría de los países también existen otros organismos cuyas actividades están relacionadas de manera directa o indirecta con los datos de composición de alimentos que trabajan de común acuerdo con el programa nacional. Los programas nacionales sobre composición de alimentos actúan asimismo conjuntamente con sus centros regionales de datos y con las actividades internacionales en curso.

El marco orgánico del programa nacional dependerá de las políticas y procedimientos que ya se siguen en el país o región donde se establece. Es más, la política nacional en materia de alimentación y nutrición de un país puede ser ya favorable al establecimiento o la actualización



de una base de datos de composición de alimentos (por ejemplo, Langsford, 1979); en general, cualquier nuevo programa debe tratar de incorporarse al marco de la política nacional existente.

Muchos países contarán ya con experiencia en la obtención de datos de composición de alimentos y su utilización en tablas. En la elaboración de un programa de bases de datos se ha de procurar aprovechar esta experiencia. En la nueva base de datos se pueden usar los datos existentes sobre alimentos con una composición relativamente estable ya conocida, siempre que dichos datos se evalúen y cumplan los criterios para su inclusión.

## Puesta en marcha del programa

La decisión de comenzar a preparar o revisar una base de datos de composición de alimentos puede ser del gobierno o, dentro de un instituto o departamento de investigación, de grupos profesionales de usuarios (por ejemplo, dietistas, epidemiólogos) o, en ocasiones, de un investigador individual.

La promoción del establecimiento de un nuevo programa de bases de datos o de su revitalización puede tener lugar en la práctica mediante:

- a) un documento elaborado cuidadosamente, presentado a un departamento o un comité del gobierno por sociedades profesionales o científicas o, a título individual, por científicos prestigiosos;
- b) artículos publicados en revistas científicas o médicas del país;
- c) una conferencia o una sesión de una conferencia, que culmine en resoluciones oficiales dirigidas a un comité, departamento u otra autoridad gubernamental;
- d) la elaboración por usuarios o analistas de una serie no oficial de tablas de composición de alimentos o una base de datos informatizada;
- e) el establecimiento de un comité, oficial u oficioso, que cuente con representantes de todas las partes interesadas a fin de poner en marcha un programa.

En cualquier documento que se presente deben ponerse de relieve los beneficios potenciales de dicho programa, especialmente en relación con la salud y el bienestar de la comunidad, la estima nacional y los beneficios económicos derivados de la reducción de los costos sanitarios y las ventajas para la industria alimentaria, la agricultura y el comercio. Hay que subrayar la disponibilidad y la utilidad de cualquier dato y recurso existente. Además, se requerirá una estimación de los costos en la que se tengan en cuenta los correspondientes a la administración, los análisis, y la gestión y difusión de los datos.

## Objetivos de un programa de bases de datos de composición de alimentos

Cualquier grupo o persona con responsabilidades en relación con un programa de bases de datos debe tratar de alcanzar los siguientes objetivos:

- a) crear un sistema que satisfaga las múltiples necesidades de los usuarios de los distintos sectores;
- b) trabajar de la manera más rentable posible en un plazo específico;
- c) mantener consultas plenas y regulares con todas las partes interesadas a fin de garantizar la aceptabilidad del producto final;
- d) ocuparse de la revisión o actualización constante del sistema de datos, así como de la revisión periódica de toda base de datos o tabla basada en él, de conformidad con un calendario específico;
- e) dar amplia publicidad al programa para asegurarse de que la base de datos y sus productos y actualizaciones se difundan ampliamente y se adopte su uso;
- f) permitir el acceso ininterrumpido de todos los usuarios a la base de datos y los productos conexos.

## Definición de las necesidades de los usuarios

La definición de una base de datos de composición de alimentos debe corresponder a los usuarios a los que está destinada. Puesto que dicha base de datos es esencialmente un instrumento para el trabajo nutricional en el sentido más amplio, debe estar organizada de manera que estén claramente definidas todas sus aplicaciones inmediatas y propuestas y en su elaboración deben desempeñar una función importante los potenciales usuarios.

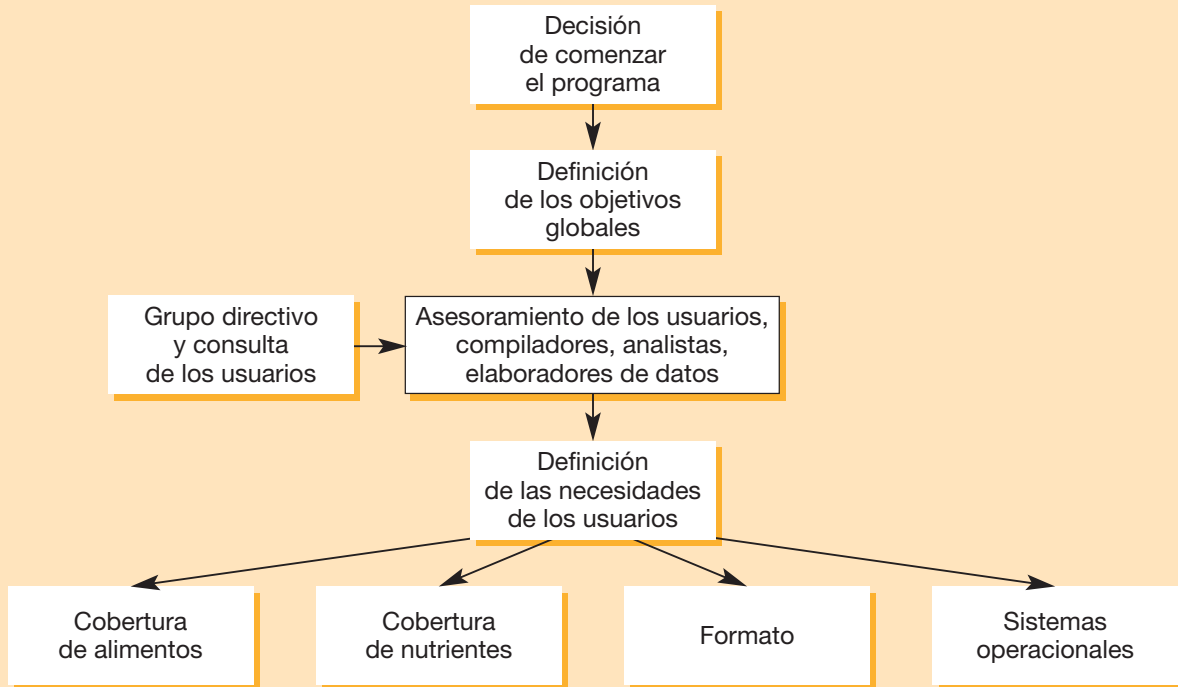
Hay tres aspectos que revisten una importancia fundamental:

- a) la selección de los alimentos que se han de incluir (Capítulo 3);
- b) la selección de los nutrientes cuyos valores se precisan (Capítulo 4);
- c) las formas de expresión que han de utilizarse (Capítulo 9).

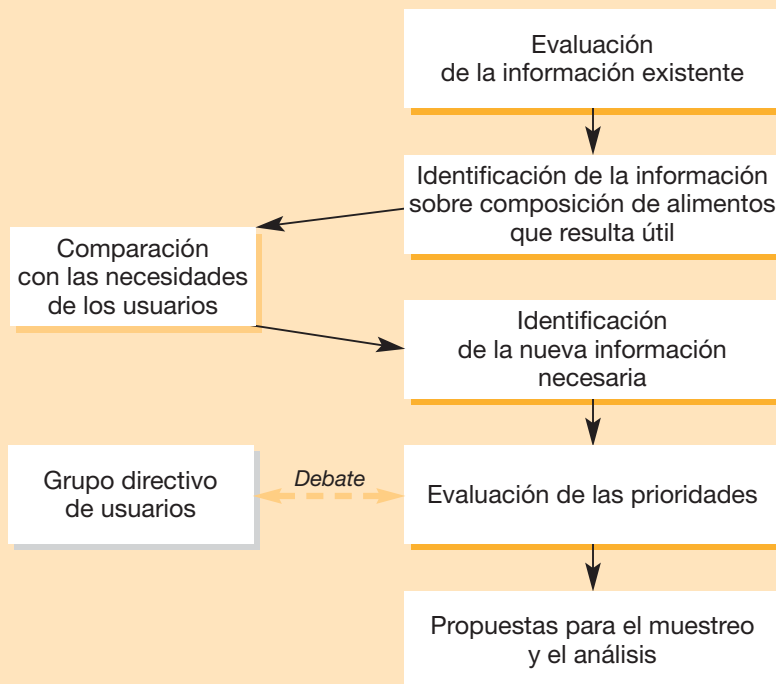
Cuando un comité gubernamental decidió revisar la base de datos presentada en *The composition of foods* [«La composición de los alimentos»] (Paul y Southgate, 1978), se estableció un grupo directivo para definir las necesidades de los usuarios. El grupo estaba formado por usuarios (departamentos del gobierno, dietistas y nutricionistas investigadores) y por compiladores, así como por la persona encargada de la labor analítica y las que tenían a su cargo la preparación de la base de datos informatizada. El grupo directivo consultó a los principales usuarios de las tablas existentes (dietistas, investigadores, industria alimentaria) mediante un cuestionario (Paul y Southgate, 1970) y en conversaciones personales; además, por medio de anuncios en la prensa científica y alimentaria invitó a que se hicieran observaciones. Los compiladores reunieron esta información y la utilizaron para planificar la revisión.

También se utilizó un cuestionario dirigido a los usuarios en las primeras etapas del Programa sobre composición de alimentos para las Islas del Pacífico (Bailey, 1991). Otros métodos para la obtención de sugerencias de los usuarios son celebrar una reunión pública (Greenfield y Wills, 1981) o una conferencia nacional (Food and Nutrition Research Institute/National Research Council of the Philippines, 1985) o solicitar comunicaciones de sociedades científicas (Bernstein y Woodhill, 1981).

**Figura 2.1** Puesta en marcha del programa de bases de datos: definición de las necesidades de los usuarios



**Figura 2.2** Establecimiento de prioridades para el muestreo y el análisis



### Recuadro 2.1 Principales elementos del presupuesto de un programa de bases de datos de composición de alimentos

- Reuniones (de compiladores, analistas, comités)
- Compiladores (sueldos, personal de apoyo, otros gastos generales)
- Compra y transporte de las muestras de alimentos
- Programa de análisis (sueldos, equipo, material fungible)
- Consultores expertos
- Comunicaciones de los usuarios (incluida la asistencia a reuniones de los comités)
- Costos de gestión y tratamiento de los datos (incluidos contratistas externos)
- Costos de publicación (impresión, computadora y formatos de presentación en línea)
- Publicidad, difusión, comercialización

Con objeto de garantizar que la base de datos sea pertinente y, al mismo tiempo, práctica, las aportaciones al programa por parte de los usuarios han de ser constantes. Por consiguiente, puede ser conveniente que las asociaciones profesionales de usuarios (o un consorcio de ellas) formen un comité que siga suministrando información y vigilando el programa. Como foro que puede contribuir a este fin, puede organizarse una reunión o un taller sobre el tema en una conferencia nacional o regional anual sobre nutrición (por ejemplo, la conferencia de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición) o pueden celebrarse conferencias sobre la composición de alimentos como las que tienen lugar anualmente en los Estados Unidos (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2003b).

Esta estrategia global para la elaboración de un programa de bases de datos y la definición de las necesidades de los usuarios se ilustra en la Figura 2.1.

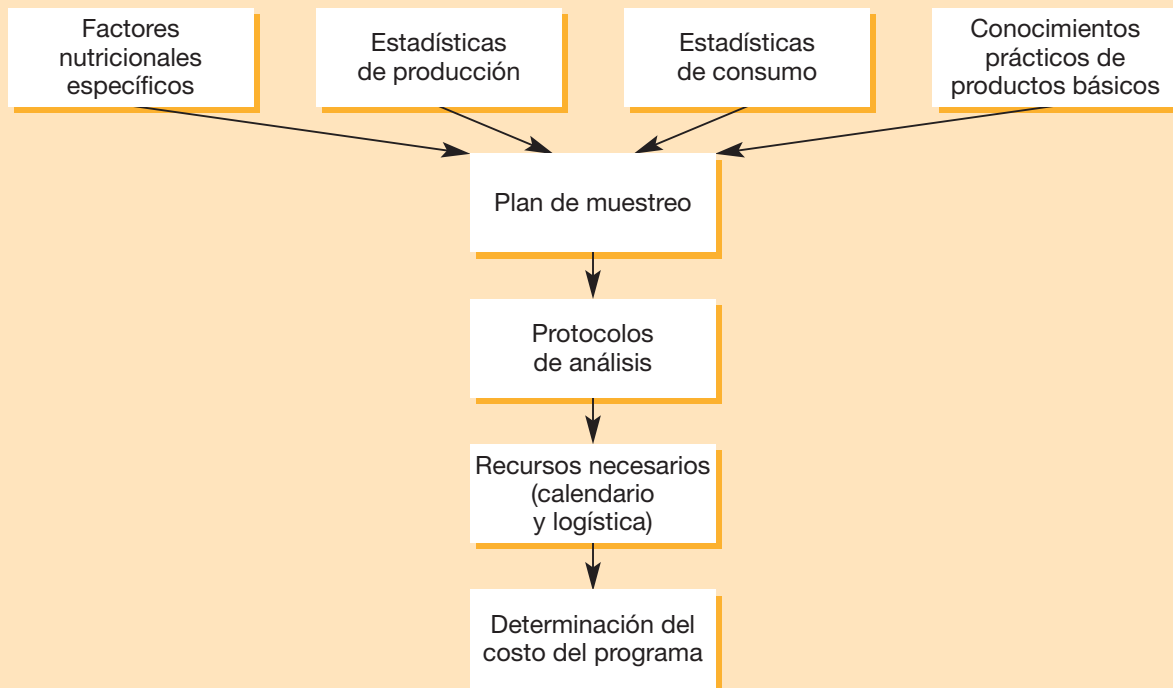
## Etapas del programa

En la Figura 2.2 se señalan las etapas de un programa ideal de bases de datos de composición de alimentos. Hay que obtener financiación y establecer los procedimientos para la comunicación entre todas las partes pertinentes. En teoría todos los programas de bases de datos de alimentos y las instalaciones existentes en el país deben estar coordinados, porque gran parte de la labor analítica puede realizarse en cooperación entre el gobierno, los institutos de investigación o los laboratorios de la industria que se ocupan de investigación sobre los alimentos o de sectores conexos. La facilitación de esta colaboración debe tener una alta prioridad desde el principio.

Es evidente que se debe disponer de un presupuesto; en el Recuadro 2.1 se enumeran las diversas partidas que son necesarias.

### Examen, recopilación y compilación de la información existente

Normalmente existe ya información sobre la composición de los alimentos disponibles localmente, incluso en los países que carecen de tablas nacionales oficiales de composición de alimentos. Por consiguiente, la primera etapa consistirá en evaluar esta información, tanto la

**Figura 2.3** Elaboración de programas de muestreo y análisis

publicada como la inédita, para determinar su idoneidad como fuente de datos (véanse en el Capítulo 10 los principios que sirven de guía para esta evaluación). El examen de las necesidades de los usuarios pone de manifiesto la nueva información que se precisa y se preparan así propuestas de nuevos programas de muestreo y análisis. En la mayoría de los países es necesario definir las prioridades en esta etapa; para ello, serán necesarias nuevas aportaciones de los usuarios del sistema de datos.

### Programas de muestreo y análisis

El muestreo y el análisis deben ir unidos no sólo debido a que los recursos necesarios para ambas actividades han de estimarse conjuntamente, sino también a fin de garantizar la calidad de los datos (Capítulos 5, 6, 7 y 8).

En la elaboración del plan y los protocolos de muestreo (Capítulo 5), es imprescindible una serie considerable de aportaciones y se requiere una consulta amplia de los compiladores. Si, como ocurre en muchos países, se asigna una parte del programa a un contratista, el compilador debe asegurarse de que éste sea consciente de las necesidades de los usuarios y de las normas de calidad que se han establecido para los datos que se incorporan al sistema.

Es altamente recomendable que los programas de muestreo y análisis se centren en alimentos o grupos de alimentos específicos. Esta focalización en alimentos específicos es también útil a la hora de definir la experiencia necesaria de los grupos invitados a las licitaciones de los contratos. Esta etapa se muestra de manera esquemática en la Figura 2.3. Del

calendario propuesto para el trabajo dependerán las necesidades de recursos, y hay que examinar cuidadosamente los factores logísticos. Una vez evaluados estos factores, se podrán estimar los costos de las diferentes secciones del programa y presentar un presupuesto para su aprobación.

Los analistas deben preparar un plan cuidadoso para asegurar el mantenimiento del equilibrio entre los costos de personal, del espacio de laboratorio, del equipo, de funcionamiento, etc. Los analistas que preparen presupuestos o presenten propuestas de contratos deben indicar con claridad los fondos necesarios para satisfacer cualquier necesidad específica de sus laboratorios, ya que es poco probable que haya ningún laboratorio que esté ya totalmente equipado para realizar el trabajo. Los aspectos presupuestarios varían de un país a otro. Cuando la mano de obra sea costosa, lo más conveniente puede ser la inversión en equipo automatizado. Si la mano de obra es barata, se puede emplear a más personal. Si el mantenimiento de los instrumentos y la obtención de piezas resultan difíciles, pueden ser más apropiados los métodos químicos por vía húmeda.

Además de los análisis químicos, otras tareas consisten en la recogida regional de alimentos, la determinación y preparación de las porciones comestibles de los productos alimenticios, la estimación de los tamaños de las porciones y el examen de los métodos de cocción (véase el Capítulo 3). En caso necesario grupos con instalaciones técnicas apropiadas pueden realizar este trabajo de manera independiente del programa de análisis.

### **Supervisión del programa de análisis**

En principio, el concepto de calidad de los datos se basa en procedimientos analíticos (Capítulos 7 y 8); el grupo directivo de usuarios habrá de asegurarse de que en los análisis se tengan en cuenta las necesidades detalladas de los usuarios. No obstante, es útil examinar periódicamente los programas de análisis para fortalecer su objetivo global, que es la creación de una base de datos de composición de alimentos destinadas a muchas categorías diversas de usuarios.

A su vez, los analistas deben mantener informado al grupo directivo de usuarios tanto sobre las limitaciones como sobre las mejoras de la metodología analítica, con el fin de garantizar que el grupo trabaje con previsiones realistas.

Hay que adoptar mecanismos para la presentación de informes periódicos de los laboratorios de análisis. Deben especificarse cuidadosamente los requisitos de los informes, de manera que se proporcionen todos los datos analíticos. Por ejemplo, no debe aceptarse el valor de una proteína por sí solo si el método utilizado fue la determinación del nitrógeno (N). En ese caso hay que dar el valor N y el factor utilizado o propuesto por el laboratorio junto con el valor calculado de la proteína. También han de especificarse en los informes las unidades y los criterios de redondeo. Se han de establecer políticas en relación con la publicación de los resultados de laboratorio antes de su incorporación a la base de datos de composición de alimentos. En general es conveniente la publicación independiente del trabajo, de manera que se consolide su validez científica mediante el examen pormenorizado de varios árbitros.

### **Evaluación de los informes analíticos**

Los datos proporcionados por los laboratorios de análisis se someten a una evaluación inicial

(Capítulo 9), a ser posible tras un debate entre los compiladores y los analistas, con el fin de garantizar su coherencia. También pueden examinarse en este momento las dificultades que puedan haber surgido durante la realización del trabajo. Es inevitable que haya problemas que obliguen a quienes intervienen en el muestreo o el análisis a alejarse de los protocolos oficiales. Es imprescindible que los compiladores sean plenamente conscientes de tales cambios.

## Compilación de la base de datos de referencia

Una vez recopilado un volumen suficiente de información, es conveniente que inicien su examen el grupo directivo de usuarios y los especialistas externos en el producto o alimento correspondiente. El examen de los usuarios permite disponer de una evaluación sobre si se alcanzan los objetivos definidos por ellos; además, constituye un medio de controlar los progresos del programa.

El examen externo es un examen colegiado tradicional y garantiza que los datos que se obtienen sean compatibles con los conocimientos especializados (que pueden no estar orientados hacia la nutrición) sobre los productos o los alimentos. Cuando se trate de productos de marca registrada, es conveniente presentar los datos al fabricante para que formule observaciones. En esta fase se identificará la posible falta de concordancia con los datos de control de calidad de los fabricantes y se indicará si las muestras de alimentos analizadas son representativas de la producción normal.

## Compilación de una base de datos de los usuarios

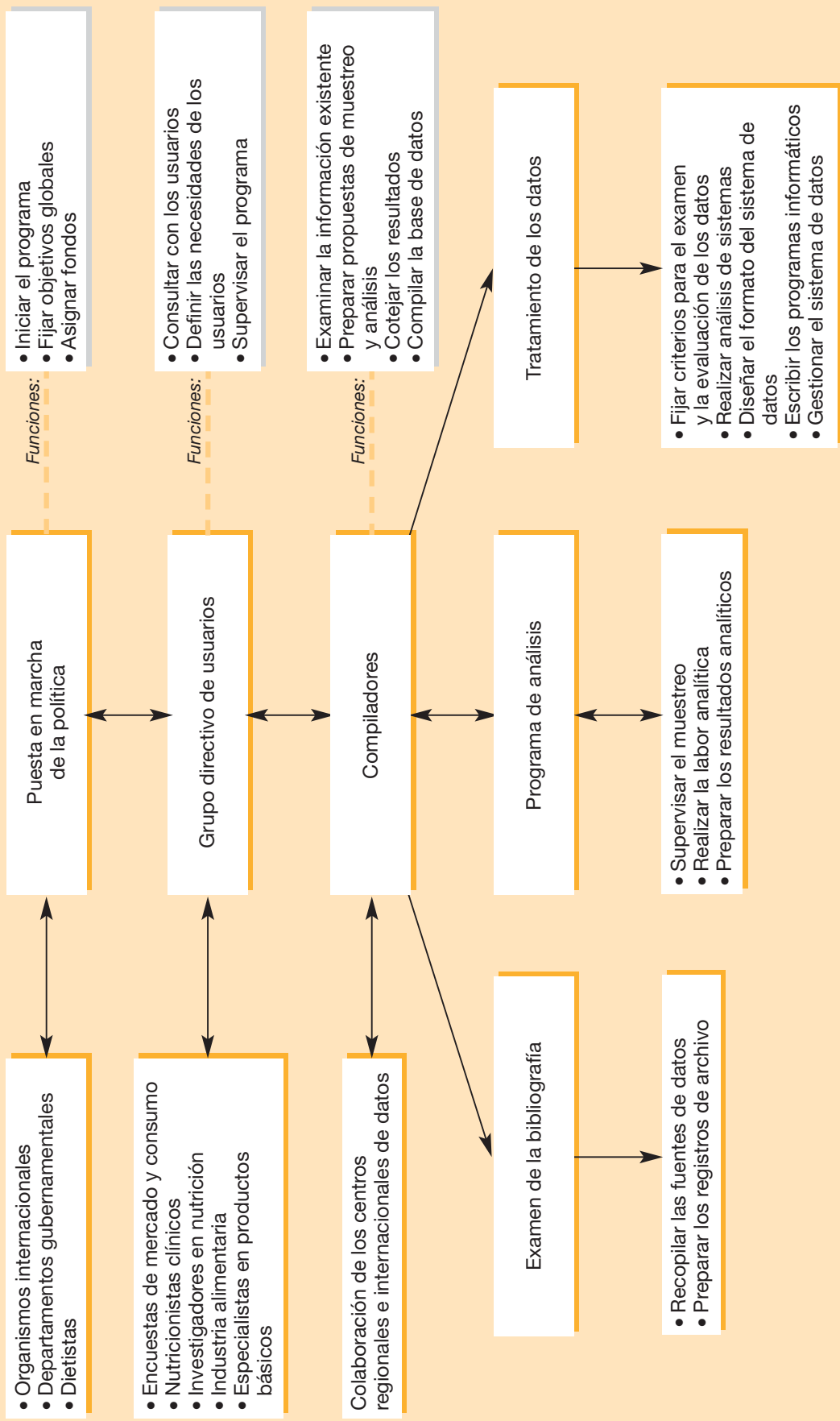
Los compiladores deben colaborar estrechamente con el grupo directivo de usuarios. Es altamente recomendable que los usuarios examinen las secciones de la base de datos a medida que se preparan. Estos exámenes les permitirán alertar a los compiladores sobre posibles problemas relativos al formato, la facilidad de uso y la idoneidad de los datos y permitirán a los compiladores alertar a los usuarios de los problemas debidos a datos inadecuados o indicar si es necesario una nueva labor de análisis. Al estar próxima la conclusión de la base de datos, conviene realizar ensayos piloto de su funcionamiento. Estos ensayos pueden organizarse por medio del grupo directivo de usuarios.

## Funcionamiento de la base de datos

### **Mantenimiento**

Al comenzar a utilizar la base de datos, es conveniente realizar una serie de estudios de funcionamiento. Aunque los estudios preparados específicamente para realizar pruebas con la base de datos son útiles (véase el Capítulo 10), las pruebas reales son las del uso normal, y se han

Figura 2.4 Panorama esquemático de la organización de un programa de bases de datos





de adoptar disposiciones para recoger y compilar información sobre las dificultades y discrepancias que encuentren los usuarios. Debe haber un registro central de los errores, de manera que la base de datos pueda corregirse. Es especialmente importante que el mantenimiento se considere como una actividad constante.

### **Actualización**

Conviene también establecer un grupo permanente de usuarios que estén familiarizados con los criterios originales del programa y que estudien periódicamente la posibilidad de ampliar y revisar la base de datos.

Es esencial una revisión constante o periódica por varios motivos. El nivel de consumo de un alimento puede cambiar, en particular con la aparición de «nuevos» productos alimenticios (por ejemplo, los fideos instantáneos). También puede modificarse la calidad nutricional de un alimento tradicional (por ejemplo, los cambios en la zootecnia y el despiece influyen en el contenido de grasas y la calidad de los micronutrientes de las carnes). Los nuevos métodos para la preparación de alimentos precocinados pueden tener efectos muy importantes en la composición de nutrientes del producto alimenticio (por ejemplo, los aperitivos a base de papas extruidas, que pierden la vitamina C) o en sus consecuencias nutricionales para personas sensibles (por ejemplo, el giro hacia los jarabes de fructosa y los edulcorantes). Por otra parte, además de los cambios en los alimentos mismos, los adelantos en la metodología analítica pueden poner de manifiesto la necesidad de realizar un nuevo análisis de un micronutriente determinado en los alimentos. Estas tendencias exigen una vigilancia nutricional constante del suministro de alimentos (Paul, 1977) e indican que las bases de datos deben someterse a revisión de cuando en cuando o de manera continuada. La llegada de los sistemas de bases de datos informatizadas simplifica en principio su actualización constante y la preparación periódica de bases de datos o tablas derivadas.

### **Derechos de autor y otros convenios**

Dado que la legislación en materia de derechos de autor y de propiedad intelectual varía de un país a otro (Ricketson, 1995), los compiladores de bases de datos tendrán que familiarizarse con las disposiciones nacionales e internacionales y atenerse a ellas. Dichas disposiciones pueden incluir la necesidad de solicitar autorización para utilizar los datos, el formulario de reconocimiento que se requiere y el pago de un canon. Además, se deben seguir los convenios científicos habituales con respecto al reconocimiento de todas las fuentes de datos, de manera que los usuarios puedan remitirse directamente a la fuente original.

La organización encargada del programa sobre composición de alimentos, con el refrendo del comité directivo nacional, generalmente publicará los datos de composición de alimentos en diversos formatos impresos y electrónicos y puede cobrar a los usuarios el costo material de las publicaciones. La Base de datos nacional de nutrientes para referencia normalizada del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2003a) es un ejemplo de una base de datos libremente disponible de dominio público. Al mismo tiempo, han de adoptarse disposiciones para la concesión de licencias sobre los datos a los

usuarios comerciales (Greenfield, 1991b), por ejemplo, los creadores de programas informáticos para el análisis de la alimentación, que luego pueden vender a su vez su producto con los datos.

## Panorama de la estructura del programa y necesidades de organización

En el panorama esquemático del programa que aparece en la Figura 2.4 se indican los elementos organizativos de un programa de bases de datos de composición de alimentos, así como algunas de las responsabilidades de cada componente. El programa completo exige el establecimiento de comunicación con el nivel más alto y, naturalmente, una interacción constante a medida que se formulan las propuestas, se establezcan las prioridades, se organice y lleve a cabo el trabajo y se examine el producto final. Los compiladores son los miembros ejecutivos del programa y han de garantizar que se alcancen los objetivos definidos por el grupo directivo de usuarios y se mantenga la calidad.

En la práctica, los compiladores pueden ser varios, cada uno de ellos a cargo de un solo sector (por ejemplo, el examen de la bibliografía, la supervisión de los programas de análisis o los datos sobre determinados nutrientes, productos o alimentos). Si los recursos permiten dividir el trabajo de esta manera, de modo que puedan así adquirirse conocimientos especializados, es imprescindible contar con una buena dirección, para que el compilador de nivel superior realice una supervisión clara del conjunto del trabajo

La interacción constante con el centro regional de datos correspondiente suele ser de utilidad para garantizar el mantenimiento de las normas y la compatibilidad de los datos.

## Capítulo 3

### Selección de alimentos

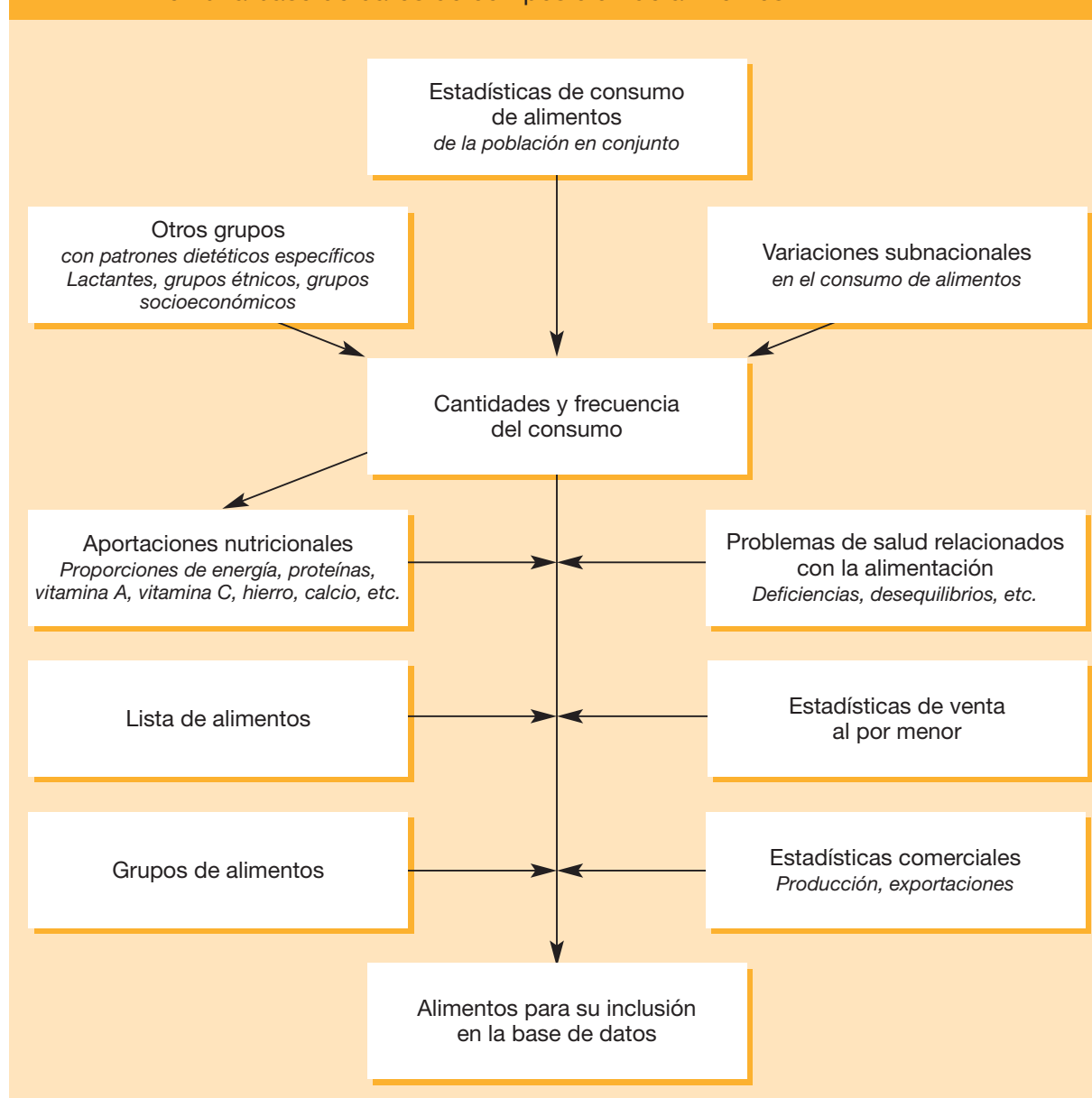
La mayoría de los usuarios de bases de datos de composición de alimentos desearían que éstas fueran exhaustivas. El programa sobre composición de alimentos tiene por objeto garantizar que en las bases de datos figure una serie de productos alimenticios que incluya de la manera más completa posible los alimentos que consume la población para la cual se prepara esa base de datos. Sin embargo, el ideal de una auténtica «base de datos exhaustiva» es, en realidad, un objetivo imposible, debido sobre todo al elevadísimo número de productos alimenticios que entran en la alimentación humana, en particular si se tienen en cuenta todas las variaciones posibles en la gama de platos mixtos cocinados. La continua aparición de nuevos productos en la industria alimentaria y de nuevas variedades de plantas y técnicas de explotación animal en la industria agropecuaria hace que los analistas y compiladores traten de alcanzar un objetivo que está en evolución permanente. El volumen del trabajo analítico necesario para lograr una cobertura exhaustiva y las repercusiones en los recursos derivadas de esta labor la hacen impracticable. Por consiguiente, quienes intervienen en el programa sobre composición de alimentos –por medio de un comité directivo nacional u otros medios consultivos– tienen que elaborar una estrategia a fin de establecer prioridades para seleccionar los productos alimenticios que se van a incluir.

El sistema que se describe a continuación es adecuado para la preparación de una base de datos de nueva planta. Sin embargo, en la práctica esto es muy raro, porque la mayoría de los países o regiones tienen ya alguna información disponible en forma de tablas de composición de alimentos o de una base de datos informatizada. No obstante, la estrategia propuesta es igualmente válida para la revisión o ampliación de la información existente.

#### Establecimiento de prioridades

Al establecer prioridades hay que examinar una serie de fuentes de información diferentes, que se resumen en la Figura 3.1 de la página 36.

**Figura 3.1** Etapas de la selección de productos alimenticios para su inclusión en una base de datos de composición de alimentos



### Estadísticas del consumo de alimentos

Lo ideal es realizar en primer lugar una estadística del consumo de alimentos. Los alimentos que se consumen de manera más habitual, tanto por su frecuencia como por las cantidades consumidas, proporcionan una lista de «alimentos básicos». Para identificar estos alimentos hay que ir más allá de las estadísticas de la población total y tener presentes los hábitos de consumo de subgrupos específicos, en particular los lactantes y las personas con necesidades dietéticas específicas. Dentro de la población, también hay que tener en consideración a los grupos étnicos con patrones dietéticos específicos, así como a diferentes grupos socioeconómicos y regionales. Los datos relativos a los productos básicos están disponibles en las bases de datos sobre estadísticas de la FAO (FAO, 2003) y con frecuencia hay datos de

encuestas por hogares o personales en los ministerios de estadística, de salud o de agricultura de los distintos países.

### **Aportación de nutrientes**

Las estadísticas de consumo de alimentos deben utilizarse para estimar la aportación de nutrientes de los distintos tipos de productos alimenticios (Chug-Ahuja *et al.*, 1993; Schubert, Holden y Wolf, 1987).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha elaborado un procedimiento utilizando los datos sobre el consumo de alimentos y los valores nutricionales para preparar la lista de *Alimentos fundamentales* (Haytowitz *et al.*, 1996). Se han definido como fundamentales los alimentos que aportan hasta el 80 por ciento de cada nutriente. Cuando se acumula la aportación total de los nutrientes procedentes de los alimentos fundamentales, debe representar alrededor del 90 por ciento del contenido de nutrientes de la dieta para los que se examinan. En este método se utilizan los perfiles de nutrientes que existen y datos representativos a escala nacional obtenidos de las encuestas sobre el consumo de alimentos. Se recogen y preparan más muestras de los alimentos que proporcionan cantidades importantes de nutrientes con repercusiones en la dieta desde el punto de vista de la salud pública, aunque no se analizan en cada una de ellas todos los nutrientes ya presentes en la base de datos (Haytowitz *et al.*, 2000). Este sistema de los alimentos fundamentales constituye el núcleo central de los contratos actuales para los análisis de nutrientes patrocinados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Haytowitz *et al.*, 2002) y otros muchos países lo están adoptando (Galeazzi *et al.*, 2002).

### **Nutrientes importantes para la salud pública en el país**

La contribución a la ingesta de energía debe ser el primer aspecto que se someta a examen; ésta determina los alimentos que pueden considerarse como de primera necesidad en la dieta. Otros nutrientes han de examinarse en una secuencia relacionada con su importancia para la salud pública. En algunos países se examinarán a continuación las proteínas; en otros países la atención se concentrará en los nutrientes que no están distribuidos de manera uniforme en los alimentos, por ejemplo, la vitamina A (retinol), la vitamina C, el hierro y el calcio. Cuando la deficiencia de yodo represente una cuestión de salud pública, habrá que incluir las fuentes de yodo. Las deficiencias de vitamina A indicarían la necesidad de examinar los alimentos ricos en carotenoides provitamínicos, además de las fuentes de retinol. El número de alimentos adicionales se reducirá progresivamente utilizando este tipo de sistema secuencial para los alimentos fundamentales.

### **Factores comerciales y económicos**

Al preparar la lista de alimentos hay que tener en cuenta la importancia de las necesidades comerciales. En los países exportadores de productos alimenticios, tal vez haya que incluir en la lista los más importantes para la economía exportadora, en particular los alimentos elaborados, dado que muchos países importadores exigen su etiquetado nutricional.

**Cuadro 3.1** Ejemplos de grupos importantes de alimentos utilizados en las bases de datos y las tablas de composición de alimentos

| <i>Tablas de composición de alimentos de la FAO para el Cercano Oriente<sup>1</sup></i> | <i>Tablas de composición de alimentos de las Islas del Pacífico<sup>2</sup></i> | <i>Tablas de composición de alimentos del Reino Unido<sup>3</sup></i> |
|---|---|---|
| Cereales y productos derivados  | Cereales y productos derivados  | Cereales y productos derivados  |
| Raíces y tubérculos amiláceos   | Hortalizas amiláceas  | (incluido en las hortalizas)  |
| Legumbres secas y productos derivados   | Legumbres   | (incluido en las hortalizas)  |
| Nueces y semillas   | Nueces y semillas   | Nueces  |
| Hortalizas  | Otras hortalizas<br>Hortalizas verdes   | Hortalizas  |
| Frutas  | Frutas  | Frutas  |
| Azúcares, jarabes y productos de confitería   | Confitería  | Azúcares, conservas y aperitivos                                      |
| Carne   | Carne   | Carne y productos cárnicos  |
| Huevos  | Huevos  | Huevos y platos con huevo   |
| Pescado y mariscos  | Pescado<br>Productos marinos  | Pescado y productos derivados   |
| Leche y productos lácteos   | Leche y productos lácteos   | Leche y productos lácteos   |
| Aceites y grasas  | Aceites y grasas  | Aceites y grasas  |
| Bebidas   | Bebidas   | Bebidas<br>Bebidas alcohólicas  |
|   | Hierbas, especias, salsas   | Hierbas y especias  |
| Varios  |   | Sopas, salsas y alimentos varios                                      |
|   | Alimentos elaborados  |   |
|   | Platos cocinados mixtos   |   |
|   | Productos de coco   |   |
|   | Alimentos procedentes de animales silvestres                                    |   |

*Fuentes:*

<sup>1</sup> FAO, 1982.

<sup>2</sup> Dignan *et al.*, 1994.

<sup>3</sup> FSA, 2002a.

### Preparación de una lista de alimentos

Las estadísticas del consumo de alimentos de muchas poblaciones pueden ser muy limitadas, por lo que al establecer prioridades tal vez se necesiten estrategias alternativas. Un sistema útil

es preparar una lista de los alimentos consumidos y hacer estimaciones subjetivas de su importancia. La lista se ha de compilar utilizando varias fuentes, por ejemplo, departamentos gubernamentales e investigadores universitarios. Cuando las pautas de consumo de alimentos dependen fundamentalmente de factores socioeconómicos, es importante que esos sectores de la comunidad participen en la preparación de la lista.

Las estadísticas de la producción de alimentos y su venta al por menor también pueden ser fuentes útiles de información en la elaboración de la lista. Las hojas de balance de alimentos y las bases de datos sobre el suministro de alimentos publicadas por la FAO, disponibles para la mayoría de los países, también proporcionan información sobre la disponibilidad interna nacional de alimentos y su contribución per cápita al suministro de energía, proteínas y grasas (FAO, 2003).

### Utilización de grupos de alimentos

Con frecuencia es práctico organizar una base de datos de composición de alimentos reuniéndolos por grupos. De esta manera, se garantiza el examen de la dieta en su conjunto y que la atención no se distorsione al destacar un grupo de alimentos a costa de la dieta considerada en conjunto.

No hay ningún método normalizado a nivel internacional para la agrupación de los alimentos. En el 16º Congreso Internacional de Nutrición, en la ponencia de la INFOODS se informó sobre la cuestión de las agrupaciones de los alimentos (Burlingame, 1998).

La mayor parte de las bases de datos de composición de alimentos tienen entre 10 y 25 grupos de productos alimenticios. Si bien parece que hay acuerdo internacional sobre el concepto de agrupación de los alimentos, se ha demostrado que su clasificación real tiene una fuerte dependencia cultural y la mayoría de las bases de datos nacionales contienen ejemplos únicos.

Las tablas de composición de alimentos de las Islas del Pacífico (Dignan *et al.*, 1994), por ejemplo, contienen productos de coco como grupo, debido a la importancia económica y cultural de este alimento y a la diversidad de sus productos. Otros países dividen los productos de coco entre varias categorías diferentes de alimentos, como grasas y aceites para el aceite de coco; nueces y semillas para la pulpa de coco; bebidas para el agua de coco. La base de datos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) tiene tres grupos que son únicos: bananos, maíz y panes de maíz (FAO/LATINFOODS, 2002). La base de datos de composición de alimentos de la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental (ASEAN) contiene insectos comestibles como grupo (Puwastien *et al.*, 2000).

Los investigadores y nutricionistas de las organizaciones internacionales con frecuencia notifican la ingesta de nutrientes de la población por grupos de alimentos en lugar de hacerlo por productos alimenticios individuales, lo que pone de manifiesto la importancia de la normalización para la comparación de los datos internacionales. En el Cuadro 3.1 figuran los grupos de alimentos utilizados en el pasado por la FAO (1982) y actualmente en las tablas de composición de alimentos del Reino Unido (Food Standards Agency, 2002) y las Islas del Pacífico (Dignan *et al.*, 1994).

## Identificación de prioridades para la revisión de una base de datos ya existente

El procedimiento que se sigue al revisar una base de datos ya existente es muy parecido al de la compilación de una nueva, aunque habrá que tener en cuenta también qué alimentos pueden requerir valores actualizados.

Deben tomarse en consideración los cambios en las pautas de consumo de alimentos y han de examinarse los valores de los productos alimenticios para los cuales hay pruebas, incluso pruebas presuntivas, de que se ha registrado un cambio en la composición desde que se preparó la última base de datos. También habrá que examinar los cambios registrados en la producción de alimentos, tanto primarios en la agricultura como secundarios en la elaboración, comercialización y almacenamiento de los productos alimenticios. Las consultas con la industria alimentaria y, a ser posible, con grupos de investigación especializados en el estudio de productos específicos proporciona a menudo información útil sobre los cambios que han tenido lugar.

## Selección de alimentos dentro de los grupos de productos alimenticios

La Figura 3.1 (pág. 36) ilustra las etapas en el establecimiento de prioridades y la selección de alimentos para su inclusión en la base de datos. Para los alimentos específicos de cada grupo, la estrategia exige el conocimiento de la comercialización y el consumo de los productos alimenticios. Esta información también será necesaria en la elaboración de los protocolos de muestreo, que se examinan en el Capítulo 5.

Se solicitará información a los departamentos de agricultura, las juntas de productos básicos, las asociaciones comerciales y los grupos de investigación que participan en el estudio de alimentos específicos. Las revistas del comercio minorista y las consultas con los fabricantes de alimentos también pueden proporcionar información sobre la proporción relativa de distintas marcas del mismo producto en el mercado. Si no es posible una revisión o actualización frecuente de la base de datos, la inclusión de nombres comerciales o marcas registradas debe limitarse a líneas estables bien establecidas. Tal vez puedan incluirse alimentos con marca registrada en tipos de composición genéricos cuando estos productos sean únicos, o bien alimentos mixtos como los quesos (por ejemplo, quesos duros, quesos azules) o las galletas (por ejemplo, dulces, saladas, rellenas).

Una vez que se tiene una idea clara de la importancia relativa de los distintos alimentos y se ha elaborado una lista provisional de los que se podrían incluir, deben examinarse los datos de composición existentes siguiendo los principios establecidos en el Capítulo 10. En este proceso se examinará la calidad de los datos y su aplicabilidad presente a los alimentos consumidos y se establecerá si hay que preparar o no protocolos de muestreo a fin de obtener los datos necesarios para su inclusión.



**Cuadro 3.2** Ejemplos de posibles grupos y subgrupos para las bases de datos y las tablas de composición de alimentos

| <b>Grupos de alimentos</b>        | <b>Posibles subgrupos</b>   | <b>Observaciones</b>   |
|-----------------------------------|---|--|
| Cereales y productos derivados    | Grano y harinas<br>Productos de los cereales (panes, pasta, tortillas, galletas dulces, galletas saladas, tortas, masa, pan crujiente)<br>Cereales para el desayuno | Incluidos los alimentos preparados con cereales  |
| Hortalizas y productos hortícolas | Raíces, tubérculos, tallos, bulbos, plátanos de cocinar<br>Hortalizas de hoja<br>Legumbres y sus semillas   | Con inclusión de proteínas vegetales estructuradas, proteínas de hoja, productos de soja, hongos, jugos de hortalizas, algas |
| Frutas y productos derivados      | Frutas frescas (bayas, cítricos, etc.)<br>Frutas elaboradas, incluidos los jugos  |  |
| Nueces y semillas                 |   | Incluidas las semillas oleaginosas   |
| Aceites y grasas                  | Aceites de semillas, aceites marinos, margarinas  | Con inclusión de ghee, mantequilla, semillas oleaginosas   |
| Pescado y productos derivados     | Pescado y sus huevas<br>Moluscos y sus huevas<br>Crustáceos y sus huevas<br>Pescado elaborado (seco, salado, ahumado, en conserva)                                  | Con inclusión de equinodermos y otros animales marinos   |
| Carne y productos cárnicos        | Subgrupos para diversas especies de carnes<br>Aves de corral y caza<br>Despojos<br>Productos cárnicos elaborados  | Con inclusión de anfibios, reptiles y marsupiales  |
| Huevos                            | Subgrupos para diversas especies  | Incluidos los platos con huevo   |
| Leche y productos lácteos         | Subgrupos por especies; cremas (natas), yogures, quesos, postres de nata de leche   | Incluidos los helados  |
| Azúcares y jarabes                | Azúcares, jarabes, pastelería, postres, compotas, jaleas, conservas   |  |
| Bebidas                           | Tés, cafés, licores de fruta, refrescos, bebidas con sabor a fruta  | Incluidas las bebidas carbónicas, pero excluidos la leche y los jugos de fruta y hortalizas                                  |

(continúa)

Cuadro 3.2 (continuación)

| <i>Grupos de alimentos</i>                     | <i>Posibles subgrupos</i>   | <i>Observaciones</i>   |
|--|---|--|
| Bebidas alcohólicas                            | Cervezas, vinos, vinos enriquecidos, bebidas espirituosas, licores                              |  |
| Varios   | Hierbas, especias, condimentos, levaduras   |  |
| <b>Subgrupos basados en los tipos de uso</b>   |   |  |
| Comida rápida                                  | Kebabs, tacos, hamburguesas, pollo frito, pizza   |  |
| Alimentos infantiles                           | Preparaciones para lactantes, alimentos preparados para lactantes                               |  |
| Alimentos para regímenes dietéticos especiales | Alimentos de contenido energético reducido, alimentos para diabéticos, alimentos bajos en sodio | Incluidos los alimentos administrados por vía parenteral y enteral, los sustitutivos terapéuticos de los alimentos |
| Alimentos manufacturados                       | Alimentos elaborados, aperitivos, mezclas empaquetadas, sopas, salsas                           |  |
| Alimentos preparados                           | Comidas para instituciones (comidas de restaurante), comidas caseras, comidas de receta         |  |
| Alimentos no cultivados                        | Plantas y animales silvestres   |  |

En este punto con frecuencia resulta de utilidad agrupar los alimentos en subgrupos, como se indica en el Cuadro 3.2. Éstos pueden organizarse en función del tipo de alimentos o de su uso. La creación de subgrupos de alimentos con características semejantes de matriz y de nutrientes proporciona a menudo una base adecuada para la preparación de métodos comunes de muestreo y análisis.

## Presentación de los alimentos en la base de datos

Los distintos niveles de uso de las bases de datos de composición de alimentos requieren el suministro de información sobre la composición de los alimentos crudos, elaborados y listos para el consumo. Cuando los recursos disponibles son limitados, hay que conceder prioridad al suministro de datos para los alimentos más importantes en su estado crudo y en las formas más comunes en que se consumen.

Cuando los alimentos se consumen habitualmente en más de una forma (por ejemplo, pelados y sin pelar; cocidos, fritos o asados), lo ideal sería dar los valores de todas estas formas,

siempre que los recursos lo permitan. Puede ser necesario adoptar un sistema pragmático para conservar los recursos preparando una forma del alimento de una manera y otro tipo de manera diferente y extrapolando luego la composición para los distintos métodos de preparación. Por ejemplo, se pueden analizar distintos cortes de panceta cruda, un corte después de freírla y otro después de asarla, extrapolando los cambios observados a todos los cortes.

La alimentación humana suele incluir una amplia gama de alimentos preparados con recetas a menudo complejas y raramente es posible analizar todos los distintos tipos de platos. En tales casos, se puede decidir calcular la composición de los platos a partir de las recetas, teniendo en cuenta los cambios de peso en el cocinado y los factores de retención de nutrientes.

En el Cuadro 3.3 se enumeran los métodos de cocción más frecuentes y los principales cambios nutricionales asociados con cada uno de ellos. El cuadro contiene la información necesaria para calcular la composición de los alimentos cocinados a partir de los alimentos crudos o sus ingredientes. En algunos casos el cálculo realmente no es adecuado y debe realizarse un análisis completo si el alimento es suficientemente importante en la alimentación.

La preparación de los alimentos puede realizarse en un laboratorio, pero, si no se pueden obtener muestras de los alimentos cocinados, es esencial que se reproduzcan de la manera más fiable posible los métodos locales de preparación (por ejemplo, Greenfield y Kosulwat, 1991). Algunos métodos tradicionales son difíciles de reproducir en un laboratorio, como el horno de tierra de las Islas del Pacífico (Kumar *et al.*, 2001), y hay que tener mucho cuidado en la obtención de valores mediante estos métodos. En tales casos para guiar el proceso es esencial el conocimiento local de los cultivos de productos alimenticios y, a ser posible, sería conveniente contar con el asesoramiento de antropólogos.

## Preparación del material comestible

En la mayor parte de las bases de datos se utilizan valores analíticos obtenidos mediante el análisis del material comestible. Por consiguiente, durante la selección de los alimentos para su inclusión en una base de datos es necesario identificar el material comestible que ha de analizarse. Esto dependerá a menudo, fundamentalmente, de las normas culturales de la población para la que se prepara la base de datos. Asimismo se debe medir y registrar en la base de datos la parte no comestible o rechazada, puesto que muchos usuarios, en particular quienes intervienen en la gestión del servicio de comidas, calcularán el contenido de nutrientes en los alimentos tal como los compran. El Cuadro 3.4 contiene ejemplos de porciones comestibles y no comestibles de algunos alimentos.

## Nomenclatura de los alimentos

Para un uso preciso de cualquier base de datos es necesario que los productos alimenticios estén correctamente identificados; así pues, los compiladores tienen que estudiar con cuidado

Cuadro 3.3 Principales métodos de cocción y estimación de los factores de cocción

| <b>Método</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Resultado previsto</b>                                 | <b>Retención prevista</b>  | <b>Mediciones experimentales</b>  |
|--|--|---|--|---|
| Cocción en agua, hervido a fuego lento en agua abundante | Cocinado por inmersión en agua hirviendo y escurrido   | Pérdida o ganancia de agua, pérdida de sustancias sólidas | Pérdida de micronutrientes hidrosolubles y termolábiles                                  | Medir el contenido de agua antes y después de la cocción  |
| Absorción de agua  | Cocinado por inmersión en agua hirviendo, que se absorbe completamente                               | Ganancia de agua  | Pérdida de micronutrientes termolábiles  | Medir el contenido de agua antes y después de la cocción  |
| Cocción al horno   | Cocinado con calor seco en horno cerrado   | Pérdida de agua   | Pérdida de micronutrientes termolábiles. Concentración de los componentes                | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción  |
| Cocción en horno de tierra                               | Alimentos enterrados en un medio sólido caliente   | Pérdida de agua   | Pérdida de micronutrientes termolábiles. Concentración de los componentes                | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción  |
| Freidura abundante                                       | Inmersión en grasa caliente  | Pérdida de agua, ganancia/pérdida de grasa                | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Medir el contenido de agua y grasa del alimento cocinado. Análisis completo. Pesar la grasa/aceite que queda tras la cocción, si es posible |
| Freidura en poca grasa                                   | Cocinado con poca grasa sobre una superficie caliente  | Pérdida de agua, ganancia/pérdida de grasa                | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Medir el contenido de agua y grasa del alimento cocinado. Análisis completo. Pesar la grasa/aceite que queda tras la cocción, si es posible |
| Cocción al vapor   | Cocinado, envuelto o sin envolver, en calor húmedo, sobre agua hirviendo o piedras calientes mojadas | Pérdida o ganancia de agua                                | Pérdida de micronutrientes termolábiles  | Medir el contenido de agua antes y después de la cocción  |
| Asado  | Cocinado mediante calor seco con la adición de grasa o sin ella o ganancia de grasa                  | Pérdida de agua, pérdida                                  | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Medir el contenido de agua y grasa de los alimentos antes y después de la cocción. Análisis completo  |

*(continúa)*

**Cuadro 3.3** (continuación)

| <b>Método</b>                         | <b>Descripción</b>  | <b>Resultado previsto</b>   | <b>Retención prevista</b>  | <b>Mediciones experimentales</b>   |
|---------------------------------------|---|---|--|--|
| Asado a la parrilla                   | Cocinado sobre una rejilla con calor directo por encima o por debajo de ella                            | Pérdida de agua y de grasa  | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Análisis completo  |
| Microondas                            | Cocinado en un horno cerrado mediante radiación electromagnética a 915 ó 245 MHz                        | Pérdida de agua   | Pérdida de micronutrientes termolábiles. Concentración de los componentes                | Medir el contenido de agua antes y después de la cocción                                     |
| Braseado                              | Cocinado en un recipiente cerrado con la adición de líquido y/o grasa; puede estar precocinado en grasa | Pérdida o ganancia de agua y grasa, pérdida de sustancias sólidas | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo                                   | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción                             |
| Estofado                              | Cocinado a fuego lento en agua en un recipiente cerrado sobre una fuente de calor durante algún tiempo  | Pérdida o ganancia de agua  | Pérdida de micronutrientes hidrosolubles y termolábiles                                  | Medir el contenido de agua antes y después de la cocción                                     |
| Asado en hoguera                      | Cocinado en una rejilla o asador sobre una hoguera  | Pérdida de agua y sustancias sólidas, en particular grasa         | Pérdida de micronutrientes termolábiles. Concentración de los componentes                | Análisis completo  |
| Cocción a la plancha o en sartén seca | Cocinado sobre una superficie de metal caliente, sin añadir grasa                                       | Pérdida de agua, grasa y sustancias sólidas                       | Pérdida de micronutrientes termolábiles. Concentración de los componentes                | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción o análisis completo         |
| Cocción en el fuego                   | Cocinado en el fuego  | Pérdida de agua y grasa, ganancia de cenizas                      | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Medir el contenido de agua, grasa y cenizas antes y después de la cocción. Análisis completo |
| Tandoori                              | Cocinado en seco en un recipiente de cerámica hermético o tapado  | Pérdida de agua; pérdida de sustancias sólidas                    | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo. Concentración de los componentes | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción                             |
| Cocción a presión                     | Cocción en un recipiente hermético; humedad con presión elevada   | Pérdida o ganancia de agua y grasa                                | Pérdida de micronutrientes termolábiles y de otro tipo                                   | Medir el contenido de agua y grasa antes y después de la cocción                             |

*Nota:* Hay que pesar todos los alimentos y/o ingredientes antes y después de la cocción.

Cuadro 3.4 Ejemplos de porciones comestibles y no comestibles de los alimentos

| <i>Alimento</i>                    | <i>Porción no comestible</i>   | <i>Porción comestible</i>   |
|------------------------------------|--|---|
| Banano                             | Piel   | Pulpa   |
| Col                                | Hojas externas amarillas o marchitas, tallos gruesos                         | Hojas y tallos restantes  |
| Hortalizas en conserva en salmuera | Salmuera   | Hortalizas escurridas   |
| Queso                              | (Corteza)  | (Corteza), parte interna  |
| Pollo                              | Huesos (piel de la espalda) algunas masas de grasa (cola), tejido conjuntivo | Carne, piel de la pechuga y los muslos, grasa subcutánea            |
| <b>Pescado</b>                     |  |   |
| fresco                             | Espinas, vísceras, (cabeza), aletas, (piel)                                  | Carne, huevas, (cabeza), (piel)                                     |
| en conserva en salmuera o aceite   | Espinas, salmuera, (aceite) (nada)   | Carne/espinas, (aceite)   |
| seco, pequeño                      | Nada   | Todo  |
| Fruta en conserva en almíbar       | Nada   | Todo (la parte sólida y el líquido se pueden analizar por separado) |
| Insectos                           | Patatas, alas, (cabeza)  | Tejidos internos, caparazón, (cabeza)                               |
| Hígado                             | Vasos sanguíneos, tejido conjuntivo  | Tejidos restantes   |
| Carne                              | Huesos, cartílago, (grasa)   | Carne, (grasa), tejido conjuntivo                                   |
| Naranja                            | Piel, albedo, médula central   | Gajos, albedo residual  |
| Granadilla                         | Piel, (semillas)   | Pulpa, (semillas)   |
| Piña                               | Piel, penacho, base, corazón   | Pulpa   |
| Papa, batata                       | (Piel)   | Pulpa, (piel)   |
| Calabaza                           | Piel, (semillas)   | Pulpa, (semillas)   |
| Caña de azúcar                     | Capas leñosas, médula  | Jugo  |

*Nota:* En las porciones no comestibles se suele incluir el material dañado. La decisión sobre si una parte es comestible o no depende de las normas culturales y las preferencias personales. Las porciones entre paréntesis se pueden descartar o no.

la manera de denominarlos en la base de datos. Varios autores han examinado la cuestión de la nomenclatura de los alimentos (Arab *et al.*, 1987; McCann *et al.*, 1988; Truswell *et al.*, 1991).

Los consumidores de distintas partes de un país con frecuencia dan a los alimentos nombres diferentes y, en ocasiones, se utilizan los mismos nombres para alimentos distintos. Por consiguiente, al comienzo del proceso de compilación de la base de datos se debe disponer de un tesoro de nombres alternativos. Los nombres de los alimentos deben ser, en la medida

**Cuadro 3.5** Facetas que pueden utilizarse en la nomenclatura de los alimentos para la identificación de los productos alimenticios

| <i>Facetas esenciales</i>   | <i>Facetas deseables</i>  |
|---|---|
|   | Grupo, subgrupo   |
| Nombre común (por ejemplo, puede ser un nombre fijo o una serie de facetas)                   | Otros nombres, nombre en el idioma o idiomas locales, nombres comerciales   |
| Nombre científico: género, especie, variedad  |   |
| Clase/tipo (por ejemplo, animal de procedencia en el caso de la carne elaborada)              |   |
| Parte (por ejemplo, semilla, tallo, hoja, pata, espalda, ala)                                 | Madurez   |
| Nombre de la porción analizada (por ejemplo, con cáscara/piel o sin ella, tejido graso/magro) | Grado   |
| Carácter de comestible y porción comestible   |   |
| Origen (país, región)   | Explotación (por ejemplo, animal alimentado con pasto, cultivo hidropónico)   |
| Técnica de elaboración  | Ingredientes añadidos   |
| Técnica de preparación  | Detalles de las técnicas  |
| Descriptor especiales (bajo en grasa, no edulcorado)  |   |
| Estado físico, configuración externa, tamaño, forma, temperatura                              | Grado de preparación (por ejemplo, congelado, descongelado, recalentado)  |
| Tipo de grasa utilizada en la receta  |   |
| Tipo de líquido utilizado en la receta  |   |
| Medio de envasado (por ejemplo, salmuera, almíbar)  | Fecha de envasado, tiempo de permanencia en el recipiente (desde la fecha de envasado hasta el análisis), vida útil, tipo de superficie en contacto con el alimento (importante para los contaminantes) |
| Nombre abreviado (número fijo de caracteres para productos como tablas concisas)              |   |

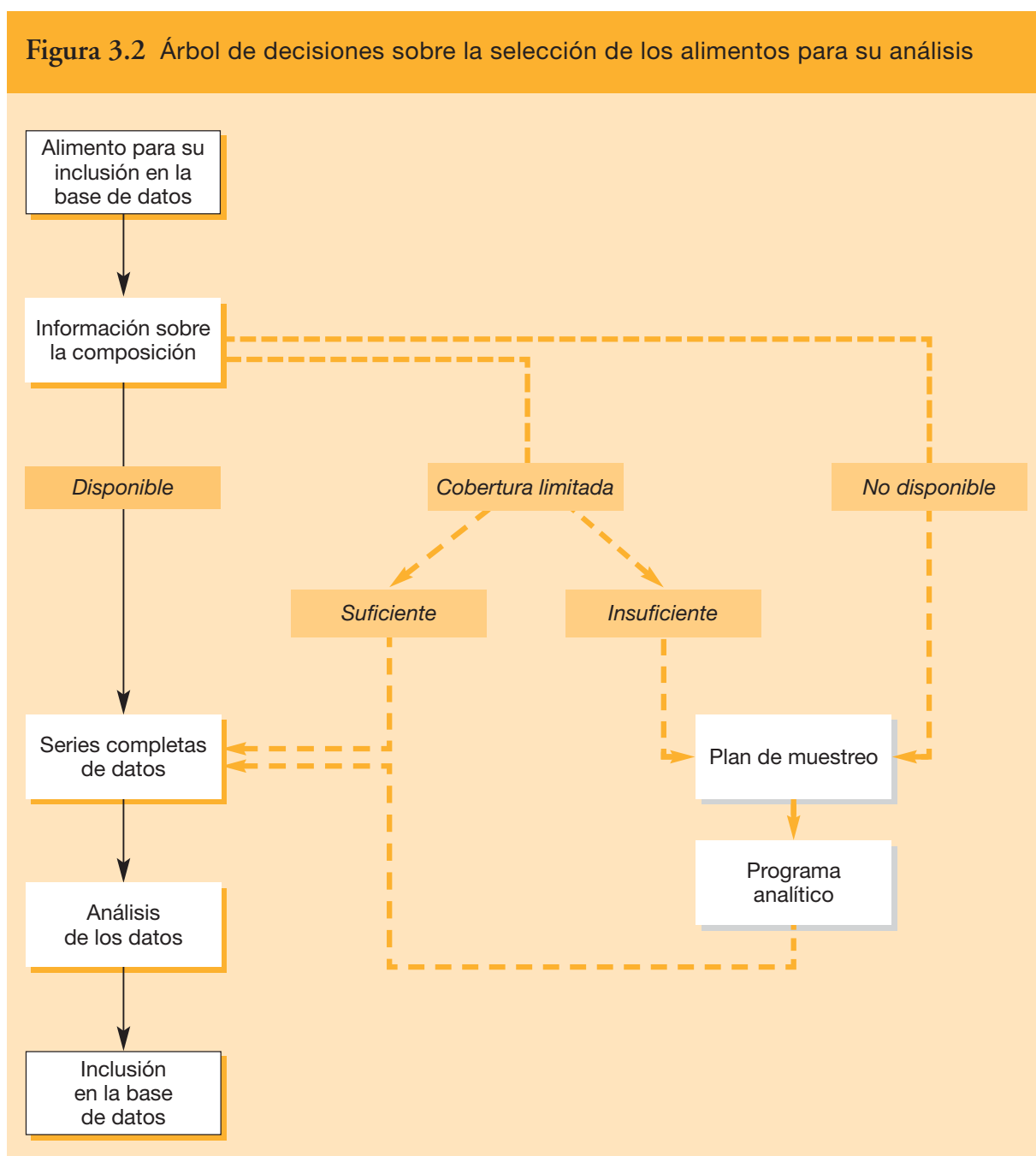
*Nota:* Esta lista no es exclusiva; deben incluirse todas las facetas que faciliten la identificación.

de lo posible, los utilizados por los usuarios previstos. Los alimentos sujetos a legislación con respecto al etiquetado y/o la composición deben denominarse de la manera aprobada jurídicamente.

### Utilización de un sistema de descriptores por facetas

El nombre de un alimento es con frecuencia insuficiente para su identificación inequívoca, en particular cuando se utiliza una base de datos nacional a nivel internacional. Por consiguiente, se necesitan descriptores de los alimentos para identificar los productos alimenticios con mayor claridad y determinar el tipo de preparación que se ha utilizado. Se recomienda

Figura 3.2 Árbol de decisiones sobre la selección de los alimentos para su análisis



el uso de una serie sistemática de facetas (es decir, propiedades o características). El sistema de descriptores por facetas permite una búsqueda más completa en bases de datos amplias, donde la misma palabra puede representar cosas muy diferentes (por ejemplo, «verde» puede indicar un tipo de pimiento o un estado de madurez) y, una vez normalizado, facilita también el intercambio de datos. Se han realizado a escala internacional diversos intentos de normalización de los sistemas de denominación y descripción de los alimentos (Truswell et al., 1991; Ireland y Møller, 2000), pero no se ha alcanzado todavía un acuerdo. En el Cuadro 3.5 figuran las facetas más habituales, aunque se puede utilizar cualquier otra que facilite la identificación. La información relativa a estas facetas se debe compilar durante la recogida de mues-



tras y su análisis; esto tiene repercusiones importantes en el sistema de registro durante el muestreo, que se examinará en el Capítulo 5.

## Repercusiones en los recursos

Las prioridades para la inclusión de los alimentos en una base de datos se han de examinar junto con las relativas a la inclusión de los nutrientes y otros componentes, ya que los requisitos combinados tendrán repercusiones en los recursos totales necesarios para el muestreo y los análisis. Si se va a incluir un gran número de nutrientes, esto podría limitar el número de alimentos que se pueden analizar utilizando los recursos disponibles, normalmente limitados, y viceversa. En la Figura 3.2 se ilustra la selección de alimentos para su análisis.

La primera etapa esencial consiste en evaluar toda información existente. Esto puede poner de manifiesto que ya se dispone de información completa aún válida para el suministro presente de alimentos. Puede indicar asimismo que cuando se importa un alimento se pueden utilizar los datos procedentes del país origen.

Sin embargo, la información puede ser limitada o considerarse insuficiente, y puede ser necesario complementarla con análisis adicionales, por ejemplo, cuando no se haya medido antes un componente o cuando el método de análisis utilizado previamente ya no se considere fidedigno. En tales casos habrá que crear protocolos de muestreo y análisis.

Cuando no se disponga de información y el alimento se considere importante, es evidente que se tendrán que idear protocolos de muestreo y análisis.

Por último, se examinarán todos los datos disponibles para garantizar que su calidad sea compatible. Esta etapa también tiene repercusiones en los recursos, puesto que será preciso contar con personal muy capacitado para realizar esta importante última fase.

## Capítulo 4

# Selección de nutrientes y otros componentes

**E**l objetivo de las bases de datos de composición de alimentos debe ser incluir todos los nutrientes u otros componentes bioactivos de los alimentos que se sabe o se considera que son importantes en la nutrición humana. Este ideal raramente puede conseguirse, especialmente cuando los recursos son escasos, por lo que las decisiones deben adoptarse siguiendo un orden de prioridades. Es deseable y practicable, por tanto, acudir a alguna medida selectiva, en particular con respecto a la labor analítica, que representa la demanda principal de recursos.

La selección de nutrientes y otros componentes de los alimentos, además de por la disponibilidad de recursos, estará regida por las siguientes consideraciones:

- a) necesidad básica de información;
- b) problemas de salud en el país en cuestión;
- c) situación de las teorías presentes en las ciencias de la nutrición y la toxicología;
- d) disponibilidad de los datos existentes;
- e) existencia de métodos analíticos adecuados;
- f) viabilidad del trabajo analítico;
- g) reglamentación nacional e internacional en materia de etiquetado nutricional.

Las etapas de este proceso se indican esquemáticamente en la Figura 4.1.

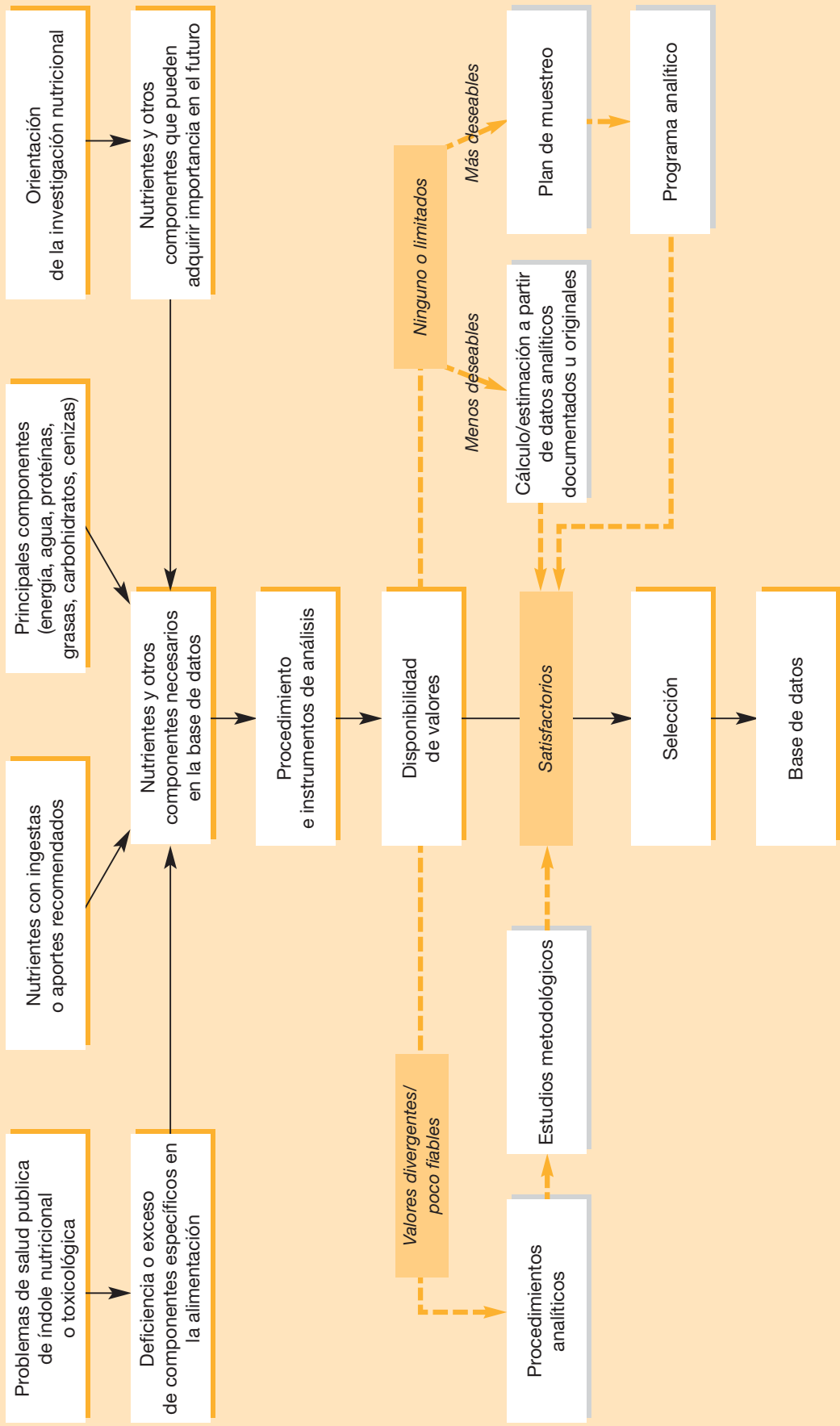
### Necesidad básica de información

En todos los países se requerirá como mínimo información sobre el agua, las proteínas, las grasas, los carbohidratos y la energía.

### Problemas de salud en el país en cuestión

En los países donde las enfermedades asociadas a carencias son un problema acuciante, se necesitará información sobre las vitaminas (por ejemplo, la vitamina A) y los minerales esenciales (por ejemplo, el hierro). Sin embargo, en los países industrializados, donde predominan los

Figura 4.1 Descripción esquemática del proceso de selección de los valores de los nutrientes



problemas relacionados con las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus, la hipertensión y el cáncer, debe concederse la máxima prioridad a los datos relativos a la energía, las grasas, los ácidos grasos, el colesterol, los distintos carbohidratos y el sodio. En todos los países con largos inviernos oscuros, o donde se impide que la luz del sol llegue a la piel por motivos culturales o de otro tipo (por ejemplo, el *pardah*, la institucionalización), se necesitarán determinados niveles de vitamina D en los alimentos. Si se realiza una evaluación epidemiológica completa de las enfermedades degenerativas y se establecen directrices de prácticas dietéticas preventivas, se requerirá esta serie de componentes en todo el mundo (Rand y Young, 1983). Si en un país se han identificado problemas toxicológicos, deben tener una prioridad elevada los datos pertinentes sobre las toxinas (por ejemplo, los bociógenos) o los contaminantes de los alimentos (por ejemplo, las micotoxinas [Van Egmond, 1984; Van Egmond y Speijers, 1999]).

## Situación de las ciencias de la nutrición y la toxicología

Los componentes de los alimentos que se incluyan deberán reflejar también la situación general de las teorías sobre nutrición y toxicología. Una base de datos exhaustiva debe abarcar todos los nutrientes para los cuales se hayan establecido ingestas recomendadas a nivel nacional y, si procede, a nivel internacional.

Además, quienes intervienen en la preparación de las bases de datos deben tratar de prever las necesidades de datos. El interés por los componentes «nuevos» o «redescubiertos» de los alimentos puede aumentar con rapidez (Southgate, 1985); así pues, los encargados de los programas de bases de datos deben estar al corriente de las novedades y los intereses de los científicos nutricionales y clínicos en ese momento. Por ejemplo, en la actualidad hay un gran interés por los valores de los índices glucémicos de los alimentos (Brand-Miller *et al.*, 1999), los cuales proporcionan una medida de la velocidad de digestión de los carbohidratos (véanse los Capítulos 6 y 7), y se han elaborado algunas tablas (Foster-Powell y Miller, 1995). Sin embargo, hay que ser prudentes a la hora de interpretar las respuestas a los cuestionarios. Por ejemplo, cuando Paul y Southgate (1970) examinaron las solicitudes de algunos usuarios de las tablas de composición de alimentos del Reino Unido, no tuvieron en cuenta el consejo de que se excluyeran los carbohidratos no disponibles nutricionalmente, porque eran conscientes del creciente interés por la fibra dietética.

Aunque estas directrices se ocupan fundamentalmente de proporcionar información nutricional, se admite cada vez más que hay una gama más amplia de componentes que desempeñan una importante función en la relación entre dieta y salud (Ames, 1983). Entre ellos figuran componentes biológicamente activos presentes en la naturaleza tales como una serie de productos fitoquímicos, en particular fitatos, oxalatos, flavonoides, glucosinolatos y fitosteroles. Algunos de estos componentes, como los bociógenos (Gaitan, 1990; Speijers y Van Egmond, 1999) alteran los valores nutricionales de los alimentos mediante su interacción en el producto alimenticio o en el intestino, o bien durante el metabolismo. También hay interés en incluir en las bases de datos información relativa a los aditivos alimentarios y los

contaminantes de los alimentos (Louekari, 1990; Burlingame, 2001). Las cantidades de aditivos en los alimentos son muy susceptibles a cambios en las marcas comerciales y con frecuencia varían con el tiempo, de manera que es particularmente importante que estos datos figuren con su fecha. La distribución de los contaminantes es con frecuencia más compleja que la distribución de los componentes presentes en la naturaleza dentro de los alimentos y puede ser difícil establecer valores representativos. Además, los procedimientos de muestreo para la detección de contaminantes muchas veces están concebidos para determinar la exposición máxima probable en una población, y esto puede ser engañoso a la hora de enumerar los valores de los contaminantes en el mismo registro que los nutrientes. Por estos motivos, en las presentes directrices sólo se hace una referencia limitada a los contaminantes, aunque se reconoce su importancia (Young, 1984).

## Disponibilidad de los datos existentes

Es muy abundante la información sobre ciertos nutrientes o componentes no nutrientes que han sido objeto de investigación o se han medido con fines normativos. Estos datos deben emplearse, siempre que cumplan los criterios de calidad del programa. Cuando los recursos son limitados e impiden la inclusión de todos los componentes en la base de datos de los usuarios, sería útil, a pesar de todo, almacenar toda la información disponible en los archivos del sistema de datos.

## Existencia de métodos analíticos adecuados

La disponibilidad de métodos analíticos fidedignos es un factor determinante esencial para la inclusión de los componentes (Stewart, 1980) (véanse los Capítulos 6 y 7). El análisis de los alimentos en busca de un nutriente particular no resultará rentable, por alta que sea su prioridad, si los métodos no se han sometido a prueba o dan resultados contradictorios. Cuando hay dudas sobre los métodos, puede ser conveniente realizar estudios metodológicos como parte del programa de la base de datos.

La aparición de un método fidedigno nuevo o mejorado para la medición de un nutriente puede crear la necesidad de analizar, o volver a analizar, los alimentos que son importantes en el suministro alimentario o que se sabe o se supone que son buenas fuentes del nutriente en cuestión.

## Viabilidad del trabajo analítico

El encargo de análisis para cada nutriente debe regirse por factores prácticos: el costo y el tiempo necesarios y la disponibilidad de equipo, personal capacitado, productos químicos,

etc. Se trata de aspectos importantes, sobre todo en algunos países en desarrollo. Deben siempre sopesarse los costos frente a las necesidades nutricionales o clínicas para determinados nutrientes. Cuando los recursos sean limitados, puede ser útil buscar la colaboración de otros laboratorios, como los de reglamentación gubernamentales o los que trabajan en la química del suelo. La opción final sería tomar prestados los valores o calcularlos.

## Reglamentación nacional e internacional en materia de etiquetado nutricional

El etiquetado nutricional se ha revelado en los últimos años uno de los sectores más importantes y exigentes en relación con la composición de alimentos. El principal órgano internacional que se ocupa de él es la Comisión del Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2003), que depende conjuntamente de la FAO y la OMS. El texto completo sobre etiquetado de alimentos, con una sección relativa al etiquetado nutricional, está disponible en formato impreso y electrónico (FAO/OMS, 2001). El cumplimiento de las normas del Codex Alimentarius es voluntario, y muchos países tienen su propia reglamentación única en materia de etiquetado nutricional (FDA, 2001; CE, 1990; FSANZ, 2001). Es conveniente que los programas sobre composición de alimentos incluyan todos los nutrientes necesarios en su reglamentación nacional relativa al etiquetado nutricional, así como los que se requieren en la reglamentación sobre etiquetado de los países de su región. Para los países exportadores de alimentos es asimismo importante que se incluyan en la base de datos de composición de alimentos los nutrientes que se exigen en la reglamentación de los principales interlocutores comerciales.

## Cobertura en las diferentes etapas de la gestión de datos

Como ya se ha señalado, en condiciones ideales un sistema de bases de datos de composición de alimentos debe incluir valores del mayor número posible de nutrientes y otros componentes, con disposiciones técnicas para añadir más información a medida que se disponga de ella. Sin embargo, debido a que un sistema de bases de datos exhaustivo es un recurso de referencia nacional, cuando se disponga de valores analíticos separados o se puedan obtener es útil enumerar por separado los valores para las distintas formas de nutrientes, sobre todo en una base de datos de referencia. Los factores utilizados para convertir las distintas formas de un nutriente en un valor único a fin de dar una indicación de su valor biológico pueden cambiar con la evolución de la ciencia de la nutrición. Si en el sistema de gestión de la base de datos sólo se registra el valor calculado (derivado), no se podrá volver a calcular la posible actividad biológica total; así pues, es conveniente que además de los valores calculados aparezcan los valores medidos. En cualquier caso, deben enumerarse todos los factores de conversión utilizados bien en campos de datos numéricos como equivalentes de los componentes, bien en las secciones de documentación de la base de datos.

Los datos de los componentes pueden expresarse de muchas formas diferentes. Por ejemplo, los aminoácidos pueden expresarse como mg por g de nitrógeno (N) (o como g por 16 g de N) y los ácidos grasos como porcentaje de los ácidos grasos totales, que es la forma de presentación preferida para la introducción de tales datos si se obtuvieron de esta manera en el laboratorio de análisis. Sin embargo, para los usuarios es con frecuencia más útil que se presenten todos los datos de un alimento determinado como g por 100 g de porción comestible (o por 100 ml para algunas bebidas, junto con los valores de la densidad). Las bases de datos de los usuarios (o, de manera más habitual, las tablas impresas) tienen una complejidad y una cobertura variables; de ahí que se deban adoptar decisiones específicas sobre cada componente para los distintos datos obtenidos. Así pues, los datos pueden presentarse como valores «totales» o «disponibles» de los nutrientes, para lo cual existen varias formas, utilizando en su cálculo factores adecuados y un algoritmo documentado.

De manera análoga, en las tablas impresas simplificadas puede ser conveniente reagrupar algunos componentes, por ejemplo, los ácidos grasos y el colesterol, en secciones separadas. Así se hará casi ciertamente cuando los costos de impresión constituyan una limitación.

En el caso de tablas con fines especiales, pueden utilizarse numerosas formas de presentación. En tablas destinadas a no especialistas se pueden agrupar los valores (por ejemplo, grasa <1 g, 1-5 g, 5-10 g, etc.) o se pueden enumerar los alimentos de acuerdo con su clasificación como fuentes de nutrientes (excelente, bueno, aceptable, deficiente) en función de la proporción del aporte diario recomendado presente en una porción media.

La cobertura de nutrientes propuesta para los distintos niveles de gestión de los datos figura en el Cuadro 4.1. En el Cuadro 4.2 se ofrecen ejemplos de formatos de presentación de los datos para su difusión. A continuación se exponen algunas observaciones sobre varios de estos componentes; se pueden encontrar más detalles en los Capítulos 6 y 7.

## **Agua**

En las tablas y documentos de composición de alimentos publicados es esencial dar los valores del contenido de agua en todos los niveles de la gestión de datos, incluida la base de datos exhaustiva de los usuarios. Las variaciones en el contenido de agua son un importante factor que determina los niveles de otros componentes y los datos sobre dicho contenido permiten comparar los valores de los nutrientes (por ejemplo, para diferentes alimentos o distintos análisis del mismo alimento) sobre la base de una humedad semejante. Esta información también es imprescindible cuando se comparan o combinan datos procedentes de fuentes diferentes. El análisis de algunos nutrientes es más fácil de realizar sobre la muestra de materia seca. Por consiguiente, los datos de laboratorio se pueden notificar por 100 g de materia seca y registrarlos de esta manera en la base de datos de referencia. Sin embargo, cada valor de la materia seca debe ponerse en relación con el contenido de agua analizado de la misma muestra, de manera que puedan volver a calcularse los valores de los nutrientes para obtener su valor correspondiente en el peso fresco. En las tablas impresas simplificadas puede no ser necesario indicar el contenido de agua, pero sólo debe omitirse cuando el espacio sea una limitación decisiva.

**Cuadro 4.1 Componentes necesarios en los distintos niveles de un sistema de bases de datos\***

| <i>Base de datos concisa de los usuarios</i>  | <i>Base de datos exhaustiva</i>  | <i>Base de datos de referencia<sup>a</sup></i>   |
|---|--|--|
| <b>Principales componentes</b>  |  |  |
| Agua  | Agua   |  |
| Proteínas   | Nitrógeno total<br>Proteínas (N total x factor, suma de aminoácidos)<br>Factor de conversión del nitrógeno<br>Aminoácidos  | Proteínas (N proteico x factor)<br>N no proteico<br>Componentes de N no proteico                               |
| Grasas totales (o grasas como equivalentes de triacilgliceroles)  | Grasas totales (o grasas como equivalentes de triacilgliceroles)<br>Factores de conversión de los ácidos grasos  | Fosfolípidos, esteroles, estanoles, otras clases de lípidos  |
| Ácidos grasos saturados totales, ácidos grasos monoinsaturados totales, ácidos grasos poliinsaturados totales | Ácidos grasos <i>trans</i> , ácidos grasos individuales, ácidos grasos saturados totales, ácidos grasos monoinsaturados totales, ácidos grasos poliinsaturados totales | Isómeros de ácidos grasos insaturados  |
| Carbohidratos disponibles y/o totales   | Carbohidratos disponibles y/o totales  |  |
| Azúcares totales  | Azúcares totales<br>Monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos individuales totales<br>Poliololes totales e individuales<br>Índice glucémico                          |  |
| Polisacáridos   | Almidones, incluido el glucógeno<br>Polisacáridos  | Almidón de digestión rápida<br>Almidón resistente  |
| Fibra dietética <sup>b</sup>  | Fibras dietéticas <sup>b</sup> y sus fracciones  | Polisacáridos no celulósicos<br>Celulosa<br>Lignina<br>Componentes monosacáridos de polisacáridos no amiláceos |
|   | Ácidos orgánicos totales   | Ácidos orgánicos individuales  |
| Alcohol   | Alcohol  |  |
| Energía metabolizable   | Energía metabolizable con factores de conversión de la energía   | Factores individuales de conversión de la energía<br>Calor de combustión determinado                           |
| Cenizas totales   | Cenizas totales  |  |

(continúa)

\* Los componentes enumerados para la base de datos exhaustiva de los usuarios también figuran en la base de datos de referencia



Cuadro 4.1 (continuación)

| <i>Base de datos concisa de los usuarios</i>                | <i>Base de datos exhaustiva</i>   | <i>Base de datos de referencia<sup>a</sup></i> |
|---|---|--|
| <b>Componentes inorgánicos</b>                              |   |  |
| Sodio   | Sodio   |  |
| Potasio   | Potasio   |  |
| Calcio  | Calcio  |  |
| Magnesio  | Magnesio  |  |
| Hierro  | Hierro, Fe hemo, Fe no hemo   |  |
| Cinc  | Cinc  |  |
|   | Fósforo   |  |
|   | Cloruro, flúor, nitrato, nitrito, sulfato   |  |
| Yodo (si representa un problema de salud pública)           | Yodo  |  |
| Selenio (si representa un problema de salud pública)        | Oligoelementos esenciales (Cr, Mn, B, Co, Se)   |  |
|   | Contaminantes inorgánicos (Pb, Cd, As, Hg, Ni, Al)  |  |
| <b>Vitaminas</b>  |   |  |
| Vitamina A (RE)<br>Retinol<br>Equivalentes de beta-caroteno | Vitamina A (RE), retinol, equivalentes de beta-caroteno, otros carotenoides provitamina A <sup>c</sup> , todos los factores de actividad  | Otros retinoides con factores de actividad     |
|   | Carotenoides individuales, incluidos los carotenoides no provitamina A  | Formas isoméricas                              |
| Vitamina D  | Colecalciferol (vitamina D <sub>3</sub> ), 25-hidroxivitamina D <sub>3</sub> , ergocalciferol (vitamina D <sub>2</sub> ), 25-hidroxivitamina D <sub>2</sub> , factores de actividad |  |
| Vitamina E  | Vitamina E (y factores de actividad), tocoferoles y tocotrienoles   |  |
| Vitamina K <sup>d</sup>                                     | Vitamina K <sup>d</sup>   |  |
| Vitamina C  | Vitamina C, vitámeros individuales (por ej., ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico)  |  |
| Tiamina   | Tiamina   |  |
| Riboflavina   | Riboflavina   |  |

(continúa)

Cuadro 4.1 (continuación)

| <i>Base de datos concisa de los usuarios</i>  | <i>Base de datos exhaustiva</i>  | <i>Base de datos de referencia<sup>a</sup></i>              |
|---|--|---|
| <b>Vitaminas</b> (continuación)   |  |   |
| Niacina total   | Niacina total, niacina preformada, niacina potencial a partir del triptófano | Valor del triptófano, factor de conversión                  |
| Folatos totales <sup>e</sup>  | Folatos totales, vitámeros individuales, factores de actividad <sup>e</sup>  |   |
| Vitamina B <sub>6</sub>   | Vitamina B <sub>6</sub> total, vitámeros individuales                        |   |
| Vitamina B <sub>12</sub>  | Vitamina B <sub>12</sub> , isómeros individuales                             |   |
|   | Ácido pantoténico  |   |
|   | Biotina  |   |
| <b>Otros componentes</b>  |  |   |
|   | Sustancias bioactivas (p. ej., flavonoides, fitoestrógenos)                  | Sustancias bioactivas (p. ej., flavonoides, fitoestrógenos) |
|   | Contaminantes orgánicos, plaguicidas y otros residuos                        | Contaminantes orgánicos, plaguicidas y otros residuos       |
|   | Aditivos   | Aditivos  |
| <i>Notas:</i>   |  |   |
| <sup>a</sup> Podría comprender los contaminantes y aditivos y todos los componentes que muestran actividad biológica, en particular los productos fitoquímicos de la alimentación. En la mayoría de los casos los conjuntos de datos abarcan un número limitado de alimentos. |  |   |
| <sup>b</sup> Estos valores se deben definir por el método analítico utilizado.  |  |   |
| <sup>c</sup> Algunos usuarios necesitan estimaciones de la actividad total de la vitamina A; dado que los cálculos de la actividad son inciertos, es mejor dar los valores medidos del retinol y el caroteno por separado.  |  |   |
| <sup>d</sup> No se dispone de valores para todas las formas de vitamina K, por el momento son adecuados los de la K <sub>1</sub> .  |  |   |
| <sup>e</sup> Estos valores se han de definir mediante la manera de calcularlos y/o el método analítico utilizado.   |  |   |

## Proteínas

Los valores para las proteínas se necesitan en todos los niveles del sistema de datos. Lo normal es que se basen en los valores del nitrógeno total, utilizando un factor de conversión del nitrógeno (FAO/OMS, 1973) y registrando todos los factores correspondientes a los alimentos en la base de datos. Los valores también pueden basarse en el nitrógeno total, menos el nitrógeno no proteico, multiplicado por un factor específico relativo a la composición de aminoácidos del alimento, o como la suma de los aminoácidos (véanse los Capítulos 6 y 7). Los nuevos datos sobre los aminoácidos, utilizados junto con la razón de residuos totales de los aminoácidos:nitrógeno de los aminoácidos, parecen indicar que se debe reducir el factor de conversión del nitrógeno. Sosulski e Imafidon (1990) proponen un factor de conversión mundial de 5,7 y Salo-Väänänen y Koivistoinen (1996) de 5,33, ambos con factores indivi-

duales para distintos alimentos y grupos de alimentos. Hasta ahora no se ha alcanzado todavía un acuerdo internacional sobre los factores de conversión.

### **Grasas totales**

Los valores de los lípidos totales varían considerablemente con el método analítico (véanse los Capítulos 6 y 7) y pueden tener una importancia nutricional limitada; no obstante, se utilizan ampliamente y deben incluirse en todos los niveles de la base de datos.

**Grasas (-acilgliceroles).** Es conveniente la inclusión de este elemento en la base de datos de referencia, en primer lugar para utilizarlo en el cálculo del valor energético de los alimentos, y también debido al interés por los triacilgliceroles de origen animal y vegetal. El uso generalizado y creciente de monoacilgliceroles y acilgliceroles en los alimentos manufacturados es un motivo más para su inclusión.

**Fosfolípidos.** Los valores de las distintas clases de estas sustancias deben incluirse en la base de datos de referencia debido a su amplio uso como agentes emulsionantes y sus propiedades fisiológicas.

**Esteroles.** Si bien el colesterol se consideraba el más importante de los esteroles desde el punto de vista nutricional, ahora se reconoce también la importancia de los otros esteroles (p. ej., el sitosterol), que deben, por tanto, incluirse en la base de datos de los usuarios.

**Ácidos grasos.** En la base de datos de referencia deben incluirse los datos de los distintos estereoisómeros de los ácidos grasos. En este nivel, la manera más adecuada para expresar los valores de los ácidos grasos es como g de ácido graso por 100 g de ácidos grasos totales. Sin embargo, en las bases de datos de los usuarios es más útil la expresión como g de ácido graso por 100 g de alimento. En las bases de datos simplificadas de los usuarios los ácidos grasos se pueden agrupar en ácidos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados totales o se puede citar la razón entre los grupos junto con el valor de las grasas totales. Otro agrupamiento de gran interés es como familias de ácidos grasos insaturados n-9, n-6 y n-3 (Gurr, Harwood y Frayn, 2002).

### **Carbohidratos**

En todo el sistema de bases de datos es conveniente utilizar los valores de los carbohidratos disponibles (glucémicos) y no disponibles (no glucémicos) obtenidos por análisis. Se ha demostrado que la práctica anterior de incluir los carbohidratos calculados «por diferencia» carece de base científica y debe eliminarse lo antes posible (FAO/OMS, 1998).

**Carbohidratos disponibles (glucémicos).** Comprenden todos los azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa y maltosa) que se sabe que tienen actividad glucogénica en las personas y los polisacáridos (almidón y almidones parcialmente hidrolizados y glucógeno) hidrolizados por las secreciones endógenas del aparato digestivo humano (Cuadro 4.3).

**Cuadro 4.2** Ejemplos de formatos de presentación de los datos para su difusión

| <b>Formato y usuarios</b>                      | <b>Alimentos</b>   | <b>Componentes</b>  | <b>Bases</b>   | <b>Datos numéricos</b>  | <b>Fuente/calidad/<br/>códigos de confianza</b> |
|--|--|---|--|---|---|
| Tablas <sup>a</sup> concisas                   | Subconjunto limitado, incluidos alimentos agrupados (p. ej., queso duro, queso blando) | Subconjunto reducido: nutrientes básicos                  | Por 100 g y hasta dos medidas más  | Media   | Deseable para los alimentos                     |
| Consumidores y profesionales                   |  |   |  |   |   |
| Tablas abreviadas                              | Subconjunto amplio, alimentos desglosados (p. ej., los distintos quesos)               | Subconjunto amplio: nutrientes, factores, no nutrientes   | Por 100 g y una o varias medidas más   | Esencial: media<br>Deseables: desviación estándar y/o error estándar, número de muestras  | Deseable para los valores                       |
| Consumidores y profesionales                   |  |   |  |   |   |
| Tablas no abreviadas                           | Todos  | Todos   | Por 100 g y una o varias medidas más, por g de N <sup>b</sup> , por 100 g de AGT <sup>c</sup>                        | Media, desviación estándar y/o error estándar, número de muestras   | Esencial para los valores                       |
| Profesionales                                  |  |   |  |   |   |
| Archivos electrónicos personalizados           | Todos o según las necesidades de los usuarios  | Subconjunto amplio, según las necesita desde los usuarios | Por 100 g y otras medidas como la selección de los usuarios, por g de N <sup>b</sup> , por g de AGT <sup>c</sup>     | Esencial: media<br>Deseables: desviación estándar y/o error estándar, número de muestras; según las necesidades de los usuarios | Deseable para los valores                       |
| Profesionales/especialistas (p. ej., clínicos) |  |   |  |   |   |
| Archivos electrónicos exhaustivos              | Todos  | Todos   | Por 100 g y otras medidas como la selección de los usuarios, por g de N <sup>b</sup> , por 100 g de AGT <sup>c</sup> | Media, desviación estándar y/o error estándar, número de muestras   | Esencial para los valores                       |
| Profesionales (p. ej., investigadores)         |  |   |  |   |   |

**Notas:**

<sup>a</sup> En todos los casos las tablas han de tener un formato visual fijo, impreso o para Internet.

<sup>b</sup> N = nitrógeno, para los aminoácidos expresados en unidades de mg/g de N.

<sup>c</sup> AGT = ácidos grasos totales, para los distintos ácidos grasos expresados en unidades de mg/g de AGT

Fuente: Sitio web de la INFOODS, adaptación de Burlingame (1996).

**Carbohidratos no disponibles (no glucémicos).** Comprenden todos los polisacáridos que no se hidrolizan por acción de las secreciones endógenas del aparato digestivo humano: componentes de la pared celular de las plantas (celulosa, polisacáridos no celulósicos, sustancias pécticas y hemicelulosas) y una serie de polisacáridos utilizados como ingredientes alimentarios o aditivos de los alimentos. Éstos son, en conjunto, los polisacáridos no amiláceos (PNA), que se utilizan con frecuencia como definición de fibra dietética. Hay otras definiciones de fibra dietética, cada una de las cuales se determina mediante una metodología diferente, que miden cantidades distintas de carbohidratos no glucémicos y otro material distinto de los carbohidratos (por ejemplo, la lignina).

**Oligosacáridos.** Está cada vez más admitida la posible importancia nutricional de este grupo, así como la consecuente necesidad de recopilar valores de estos componentes. Los oligosacáridos incluyen los trisacáridos, tetrasacáridos y pentasacáridos de la serie de la rafinosa, los derivados análogos de la maltosa y una gama de polímeros de la fructosa, incluidos los situados en el extremo más bajo de los polisacáridos. Los distintos oligosacáridos deben registrarse por separado, ya que se metabolizan de manera diferente.

**Poliol (alcoholes de azúcares).** Comprenden un grupo de alcoholes polihídricos relacionados estructuralmente con los azúcares, cuyo grupo reductor se ha convertido en un compuesto hidroxilo. En los alimentos están presentes de forma natural en cantidades muy reducidas, pero se utilizan abundantemente como aditivos alimentarios por sus propiedades humectantes o como sustitutivos de los azúcares en productos de contenido energético reducido, dulces poco cariogénicos y alimentos para diabéticos. En el marco de la reglamentación en materia de etiquetado de algunos países, los poliols se incluyen en los carbohidratos, pero en una base de datos nutricional es preferible indicarlos por separado con sus nombres vulgares específicos. En el Cuadro 4.3 figuran los poliols más importantes que se utilizan en los alimentos.

### **Ácidos orgánicos**

Son importantes en un número relativamente reducido de productos alimenticios y su inclusión en una base de datos de los usuarios debe ser selectiva. Se deben dar los valores para las frutas, sus productos derivados (incluidos los jugos), un pequeño número de hortalizas (en particular las conservadas en ácido acético) y otros productos manufacturados, como el vinagre, los aderezos de ensalada que contienen ácidos orgánicos mencionados como ingredientes importantes, los refrescos y los yogures. En estos casos, los ácidos orgánicos deben incluirse en los cálculos de la energía.

### **Alcohol**

El alcohol (etílico) puede aportar una cantidad significativa de energía; se deben determinar y utilizar sus niveles en los cálculos de la energía para las bebidas alcohólicas y para los productos de confitería y los postres que contienen alcohol.

Cuadro 4.3 Carbohidratos en los alimentos

| Grupo químico         | Clases  | Tipos presentes en los alimentos                    | Importancia relativa | Clasificación nutricional  | Identificadores de la INFOODS |              |
|-----------------------|---|---|----------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------|
| <b>Azúcares</b>       |   |   |                      |                            |                               |              |
| Azúcares libres       | Monosacáridos                                   | Monosacáridos                                       | Grande               | Glucémicos y no glucémicos | MNSAC                         |              |
|                       | Pentosas (monosacáridos)                        | Arabinosa   | Rara                 | No glucémica               | ARAS                          |              |
|                       |   | Xilosa  | Rara                 | No glucémica               | XYLS                          |              |
|                       | Hexosas (monosacáridos)                         | Glucosa   | Grande               | Glucémica                  | GLUS                          |              |
|                       |   | Fructosa  | Grande               | Glucémica                  | FRUS                          |              |
|                       |   | Galactosa   | Escasa               | Glucémica                  | GALS                          |              |
|                       | Disacáridos                                     | Disacáridos   | Disacáridos          | Grande                     | Glucémicos                    | DISAC/DISACM |
|                       |   |   | Sacarosa             | Grande                     | Glucémica                     | SUCS/SUCSM   |
|                       |   | Lactosa   | Escasa <sup>1</sup>  | Glucémica                  | LACS/LACSM                    |              |
|                       |   | Maltosa   | Escasa <sup>2</sup>  | Glucémica                  | MALS/MALSM                    |              |
| <b>Oligosacáridos</b> | Contienen entre 3 y 9 residuos de monosacáridos | Oligosacáridos totales disponibles                  | Escasa               | Glucémicos y no glucémicos | OLSAC/OLSACM                  |              |
|                       |   | Maltotriosa y superiores                            | Escasa <sup>2</sup>  | Glucémicas                 | MALTRS/ MALTRSM               |              |
|                       | Rafinosa  | Escasa <sup>3</sup>                                 | No glucémica         | RAFS/ RAFSM                |                               |              |
|                       | Verbascosa                                      | Escasa <sup>3</sup>                                 | No glucémica         | VERS/VERSM                 |                               |              |
|                       | Estaquirosa                                     | Escasa <sup>3</sup>                                 | No glucémica         | STAS/ STASM                |                               |              |
|                       | <b>Poliolios</b>                                | Poliolios (antes denominados alcoholes de azúcares) | Trihídrico           |                            | No glucémicos                 | POLYL        |
|                       |   |   | Glicérol             | Escasa                     | No glucémico                  | GLYRL        |
| Pentahídrico          |   |   | Escasa <sup>4</sup>  | No glucémico               | XYLTL                         |              |
|                       | Galactitol (dulcitol)                           | Escasa  | No glucémico         | GALTL                      |                               |              |

(continúa)

Cuadro 4.3 (continuación)

| Grupo químico                  | Clases                   | Tipos presentes en los alimentos                   | Importancia relativa           | Clasificación nutricional | Identificadores de la INFOODS |
|--------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Polioles</b> (continuación) | Hexahídrico              | Manitol  | Escasa                         | No glucémico              | MANTL                         |
|                                |                          | Sorbitol (glucitol)                                | Escasa <sup>5</sup>            | No glucémico              | SORTL                         |
|                                | Alcoholes de disacáridos | Lactitol   | Escasa <sup>6</sup>            | Débilmente glucémico      | LACTL                         |
|                                |                          | Maltitol   | Escasa <sup>6</sup>            | Débilmente glucémico      | MALTl                         |
| <b>Polisacáridos</b>           |                          |  |                                |                           |                               |
| Polisacáridos de reserva       | Almidones                | Almidones  | Grande                         | Glucémicos                | STARCH/<br>STARCHM            |
|                                |                          | Amilasa (lineal)                                   | Grande                         | Glucémica                 | AMYS/AMYSM                    |
|                                |                          | Amilopectina (ramificada)                          | Grande                         | Glucémica                 | AMYP/AMYPM                    |
|                                |                          | Almidones parcialmente hidrolizados                | Grande en alimentos elaborados | Glucémicos                | STAHY/STAHYM                  |
|                                | Glucógeno                | Escasa en carnes, etc.                             | Glucémico                      | GLYC/GLYCM                |                               |
|                                | Fructanos                | Almidón resistente                                 | Grande                         | Glucémico                 | STARES                        |
|                                |                          | Fructano   | Escasa                         | No glucémico              | FRUTN                         |
|                                |                          | Inulina y fructooligosacáridos de cadena más larga | Escasa                         | No glucémicos             | INULN                         |
|                                | Mananos                  | Manano   | Escasa                         | No glucémico              | MANN                          |
|                                |                          | Glucomanano  | Escasa                         | No glucémico              | GLUMN                         |
| Galactomanano <sup>7</sup>     |                          | Escasa   | No glucémico                   | GALMN                     |                               |

(continúa)

Cuadro 4.3 (continuación)

| Grupo químico  | Clases  | Tipos presentes en los alimentos                     | Importancia relativa  | Clasificación nutricional                               | Identificadores de la INFOODS |
|--|---|--|---|---|-------------------------------|
| Polisacáridos estructurales (componentes de la pared celular de las plantas) | Polisacáridos no celulósicos                    | Sustancias pécticas <sup>8</sup>                     | Hidrosolubles, ricas en ácido urónico                                   | No glucémicas   | PSACNCP                       |
|  |   | Hemicelulosas <sup>9</sup>                           | No hidrosolubles, sobre todo xilanos y glucanos, con poco ácido urónico | No glucémicas   | HEMCEL                        |
|  | Celulosa  | Diversos grados de polimerización                    |   | No glucémica  | CELLU                         |
| Almidones modificados <sup>10</sup>  | Ésteres, éteres y fosfatos con enlaces cruzados |  |   | Algunos pueden ser glucémicos o parcialmente glucémicos | STAMO/<br>STAMOM              |
| Gomas y mucilagos  | Gomas Mucilagos                                 | Amplia gama de sustancias hidrosolubles <sup>9</sup> |   | No glucémicos   | GUMS<br>MUCIL                 |
| Polisacáridos de algas   | Sulfatados                                      | Carragenina <sup>10</sup>                            |   | No glucémica  | CARGN                         |
|  |   | Agar <sup>10</sup>                                   |   | No glucémico  | AGAR                          |
|  | No sulfatados                                   | Alginatos <sup>10</sup>                              |   | No glucémicos   | ALGNT                         |

**Notas:**

- 1 Este azúcar se deriva de la leche y los productos lácteos y su importancia dependerá del consumo de estos productos.
- 2 Estos azúcares proceden de alimentos que contienen jarabes de glucosa y pueden ser más importantes cuando el consumo de estos alimentos es elevado.
- 3 Estos oligosacáridos están presentes en numerosas hortalizas.
- 4 Este poliol se utiliza ampliamente en la pastelería de escasa cariogenicidad y el consumo de estos productos aumentará su importancia.
- 5 Este poliol se utiliza en algunos alimentos para diabéticos.
- 6 Se utilizan ampliamente como material fibroso y son débilmente glucémicos.
- 7 Los mananos lineales con cadenas laterales únicas se utilizan ampliamente como espesantes en los alimentos elaborados.
- 8 Amplia gama de polisacáridos, galacturonanos, galacturonorramanos, arabinanos, galactoarabinanos.
- 9 Amplia gama de polisacáridos, heteroglucanos lineales y ramificados, en particular xilanos y glucanos, ampliamente utilizados como material fibroso en alimentos elaborados.
- 10 Se utilizan como ingredientes para controlar las propiedades físicas de muchos alimentos elaborados.

Fuente: Adaptado de Southgate, 1991.



## Componentes inorgánicos

**Cenizas totales.** Las fuentes de datos dan a menudo valores para las cenizas, los cuales deben incorporarse al sistema de bases de datos fundamentalmente porque pueden utilizarse en las verificaciones internas de la suma de todos los componentes proximales, el cálculo de los carbohidratos totales o disponibles por diferencia y el contenido de minerales. Dado que estos valores no tienen importancia nutricional, no es necesario que aparezcan en las tablas simplificadas.

**Componentes inorgánicos particulares.** Deben incluirse todos los elementos inorgánicos esenciales. Las técnicas instrumentales actuales proporcionan información sobre una amplia gama de oligoelementos secundarios con un costo adicional reducido y es conveniente incluir una lista exhaustiva. Las formas en las que aparecen algunos oligoelementos son importantes en relación con su biodisponibilidad, por lo que deben registrarse cuando se disponga de esta información.

## Vitaminas

Muchas vitaminas se presentan en varias formas activas denominadas vitámeros; si es técnicamente posible, los vitámeros deben analizarse por separado y mantener sus valores separados en el sistema de bases de datos y, en algunos casos, incluso en las bases de datos de los usuarios. En las tablas simplificadas normalmente será suficiente dar un valor de la actividad total de la vitamina en cuestión. Sin embargo, es imprescindible documentar los algoritmos utilizados para calcular estas estimaciones de la actividad total.

## Componentes no nutrientes

**Contaminantes.** Los contaminantes incluyen las micotoxinas, los metales pesados y los residuos de plaguicidas, herbicidas y estimulantes del crecimiento de los animales. La distribución de los contaminantes en los alimentos es tal que el concepto de valores representativos para los contaminantes es distinto del aplicable a los nutrientes. Puede ser engañoso enumerar los valores de los contaminantes en el mismo registro que los nutrientes. Es preferible incluir una lista en registros de datos auxiliares de archivo y/o de referencia.

**Sustancias bioactivas.** En los últimos años ha ido en aumento el interés por la gama de fitoquímicos dietéticos, debido en particular a su posible acción protectora contra las enfermedades cardiovasculares y determinados tipos de cáncer. Comprenden los isotiocianatos, los polifenoles, los flavonoides, las isoflavonas, los lignanos, las saponinas y el cumestrol (AICR, 1996; Pennington, 2002). En consecuencia, hay un interés paralelo por la inclusión de los fitoquímicos en las bases de datos de composición de alimentos (Ziegler, 2001). La recopilación de datos procedentes de fuentes de datos resulta de utilidad, aunque tal vez no sea posible encontrar series de datos completas.

**Antinutrientes y sustancias tóxicas.** Algunos componentes tienen efectos fisiológicos indeseables, por ejemplo, los bociógenos, las hemaglutininas, los factores antivitaminicos, los inhibidores de la tripsina, el ácido oxálico y el ácido fítico. Deben incluirse los datos de estos componentes para los alimentos pertinentes. Otras sustancias tóxicas naturales importantes son la solanina, los cianuros, los glucosinolatos, los latirógenos, la mimosina y las nitrosaminas. A ser posible se deben incorporar a la base de datos de referencia los datos de estos componentes naturales.

**Aditivos.** En el curso de los análisis de los nutrientes se miden numerosos aditivos, en su totalidad o en parte. Las sales, por ejemplo, se incluyen en los análisis de diversos cationes y aniones, los aditivos proteicos se determinan en el análisis del nitrógeno, y algunos emulsionantes y espesantes se incluyen en los análisis del nitrógeno, el almidón y los carbohidratos no disponibles. Es evidente que son preferibles los análisis específicos. Sin embargo, la necesidad de datos sobre los aditivos y otros componentes no nutrientes de los alimentos puede depender de las prioridades en relación con la inocuidad de los alimentos y no necesariamente de las prioridades nutricionales.

**Varios.** Cuando existan datos de otros componentes de interés, como la cafeína, la teofilina, la teobromina, los taninos y otros compuestos bioactivos (carnosina, carnitina, creatinina), deben incluirse en la base de datos como mínimo en el nivel de referencia.

## Capítulo 5

### Muestreo

La calidad del muestreo y de los datos analíticos es un factor determinante importante de la calidad de la base de datos. El muestreo de los alimentos para su inclusión en una base de datos de composición es uno de los aspectos de la elaboración de una base de datos que presenta un mayor grado de exigencia y dificultad y con frecuencia los compiladores tienen que recurrir a opiniones y compromisos de manera intuitiva. En este capítulo se examinan los objetivos del muestreo y se analizan los distintos aspectos que han de tenerse en cuenta a la hora de formular esas opiniones.

Cuando no se dispone de la información necesaria sobre la composición de un alimento (como ocurre a menudo en los países en desarrollo) o es insuficiente (por ejemplo, si ya no es aplicable al suministro presente de alimentos o los valores analíticos han de medirse utilizando métodos más recientes), hay que elaborar protocolos de muestreo y de análisis que, a ser posible, deberán prepararse conjuntamente, ya que de los requisitos de los analistas dependerán las cantidades de alimentos necesarias para los análisis y la manera en que se deben almacenar y, en caso necesario, conservar los alimentos.

#### Objetivos del muestreo

Los usuarios de las bases de datos de composición necesitan valores representativos de la composición de los alimentos que consume la población para la cual se prepara la base de datos.

Por consiguiente, los objetivos primordiales del muestreo consisten en recoger muestras de alimentos que sean representativas y garantizar, a continuación, que entre la recogida y el análisis no se produzcan cambios en la composición.

Todos los alimentos son materiales biológicos y muestran variaciones naturales en su composición. Un objetivo secundario puede ser documentar esta variabilidad en relación con factores como las estaciones del año, la geografía, los cultivares y la explotación. Dichas variaciones son previsibles y no deben confundirse con las asociadas con las condiciones analíticas. Los protocolos combinados, es decir, los de muestreo y análisis, deben garantizar también el mantenimiento de las propiedades representativas en las porciones que se toman para el análisis.

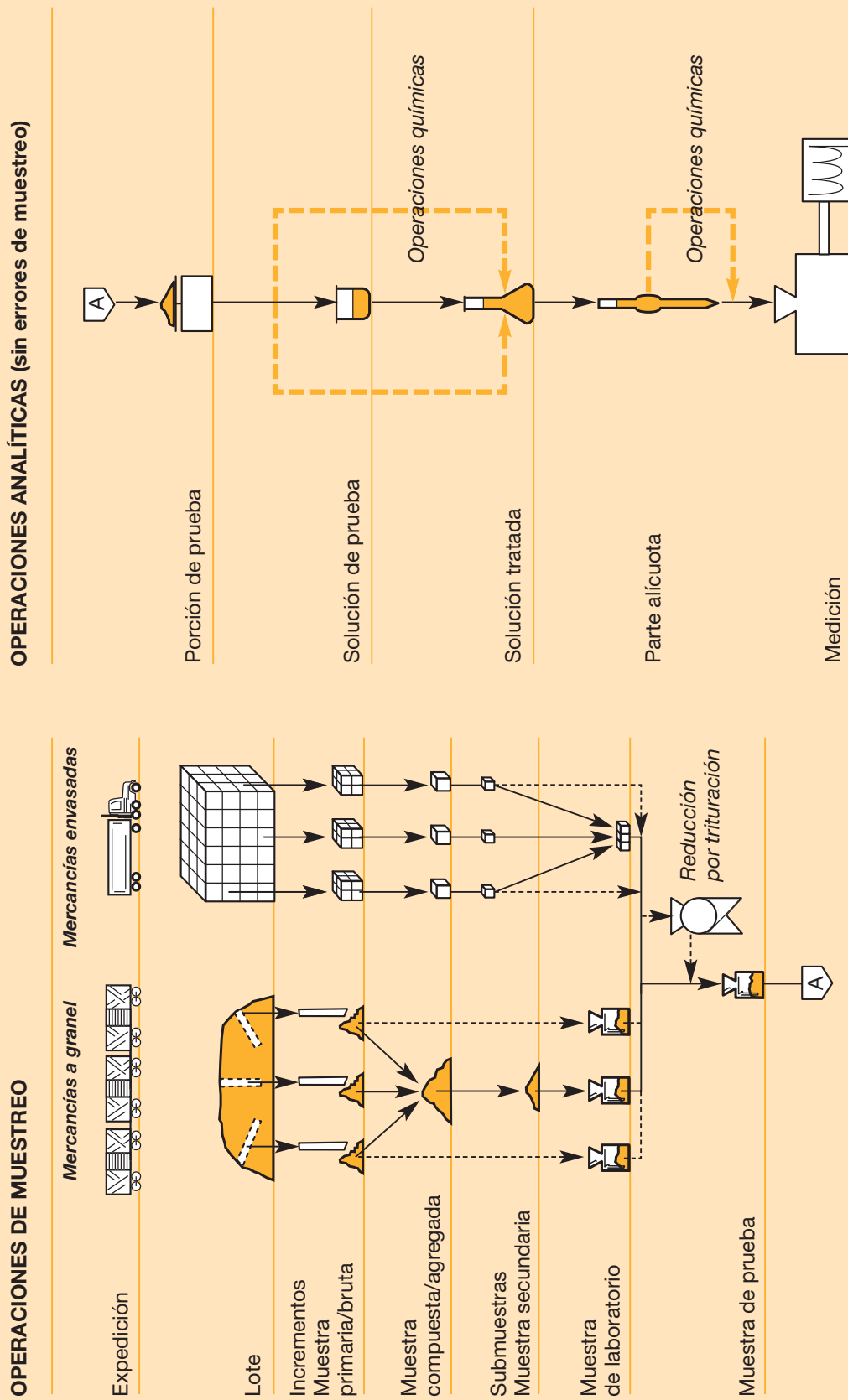
## Algunos términos básicos

En el contexto de la explicación que figura a continuación, el término *muestreo* se utiliza para describir las actividades que se llevan a cabo en la selección y recogida de porciones de un alimento definidas en función del número, el peso y las características del material objeto de análisis. Gran parte de la terminología oficial elaborada para el muestreo se preparó para su empleo en el sector comercial con fines de vigilancia y determinación de la contaminación (Horwitz, 1990). Algunos de estos términos tienen poca importancia para la labor relacionada con las bases de datos de nutrientes, por lo que no se someten a ulterior examen. En el Cuadro 5.1 figuran los pasos que intervienen en el proceso de muestreo y se dan las definiciones de los términos que se utilizarán en la presente obra. La Figura 5.1 ilustra las dife-

**Cuadro 5.1** Definición de los términos utilizados en el muestreo de los alimentos para una base de datos nutricional

| <i>Término</i>        | <i>Definición</i>  | <i>Observaciones sobre la aplicación en los estudios de composición de alimentos</i>  |
|-----------------------|--|---|
| Muestra               | Porción seleccionada de una cantidad mayor de material   | Término general para una unidad obtenida de la cantidad total (el conjunto) de un alimento  |
| Protocolo de muestreo | Procedimiento previamente establecido para la selección, extracción, conservación y preparación de la muestra  | A veces se denomina «plan de muestreo»  |
| Característica        | Propiedad o componente que se ha de medir u observar   | Descripción del alimento, de los nutrientes y otros análisis  |
| Homogeneidad          | Medida en que se distribuye de manera uniforme una propiedad o componente  | Los alimentos suelen ser heterogéneos o hay que suponer que lo son  |
| Error de muestreo     | Parte del error total asociada con el uso de sólo una fracción del conjunto total del alimento y su extrapolación a todo el conjunto. Se debe a la heterogeneidad del conjunto         | Debido al carácter heterogéneo de los productos alimenticios, para estimar la composición del conjunto de un alimento siempre se deben tomar muestras replicadas            |
| Lote                  | Cantidad de alimento que se sabe o se supone que se produce en condiciones uniformes   | Al tomar muestras de alimentos siempre debe anotarse el número de lote  |
| Unidad                | Cada porción de alimento separada e identificable que resulta adecuada para su extracción del conjunto como muestra y que se puede describir, analizar o combinar de manera individual | Estas unidades son la base de la mayor parte del trabajo de análisis de los alimentos (p. ej., una manzana, un racimo de bananos, una lata de frijoles, un plato preparado) |

**Figura 5.1** Relaciones entre las operaciones que intervienen en el muestreo y el análisis  
*De la A de la parte inferior de las operaciones de muestreo se pasa a la A de la parte superior de las operaciones analíticas*



*Fuente:* Recomendaciones de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (UIQPA), tomadas de Horwitz, 1990.

rentes etapas del muestreo y el análisis, indicando dónde pueden producirse errores de muestreo distintos de los analíticos.

Debido a la variabilidad y heterogeneidad de los alimentos, todo muestreo está sujeto a un cierto grado de error cuando los resultados se extrapolan a la composición del conjunto completo de un alimento. El muestreo sólo puede proporcionar datos que definan la probabilidad de que los valores serán aplicables a cualquier unidad aislada del alimento.

## Criterios para el muestreo

La selección de una muestra representativa y los protocolos combinados para el muestreo y el análisis deben basarse en un conocimiento claro de la naturaleza de los alimentos y del conjunto del alimento objeto de estudio, es decir, de todas sus unidades individuales. Una base de datos se utiliza durante un período considerable de tiempo y los valores obtenidos de los protocolos combinados se usarán como si fueran representativos, tanto en el espacio como en el tiempo, durante la vida útil de la base de datos y, a menudo, durante mucho más tiempo. Por consiguiente, la formulación de los protocolos representa una tarea enorme, en la que puede ser necesario aceptar compromisos. Es esencial que tales compromisos se basen en el conocimiento del alimento en cuestión.

## Fuentes de alimentos

Las principales fuentes de muestras de alimentos se resumen en el Cuadro 5.2. Estos grupos corresponden a los diferentes niveles de uso de las bases de datos.

### **Productos a granel**

Los datos de composición obtenidos de los análisis de productos a granel tienen aplicaciones muy diversas. Se utilizan de manera habitual en el comercio o para la vigilancia de la contaminación con productos agroquímicos o el uso indebido de estimulantes del crecimiento en las importaciones. Estos datos proporcionan también la base para calcular los valores de los nutrientes en las estadísticas de consumo de alimentos y a veces en las recetas familiares e industriales. Para numerosos productos se han definido procedimientos de muestreo normalizados de obligado cumplimiento: Organización Internacional de Normalización (ISO, 2003), los métodos oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC International, 2002, 2003), el Codex Alimentarius (FAO, 1994; FAO/OMS, 2003). Hay que velar por que las muestras sean verdaderamente representativas del producto a granel. Puede ser necesario tomar varias muestras de sacos, cajas, paquetes o animales en canal y en varios puntos de un silo o recipiente. Es preferible el muestreo aleatorio en lugar de la recogida de unidades fácilmente accesibles. Por ejemplo, los recolectores deben tomar muestras de diversas cajas o paquetes identificados al azar. Este sistema de muestreo presenta problemas logísticos;

**Cuadro 5.2** Principales fuentes de muestras de alimentos para el análisis con destino a una base de datos de composición de alimentos

| <i>Tipo de fuente</i>                       | <i>Ejemplos</i>   | <i>Nivel de utilización de los datos de composición</i>  |
|---|---|--|
| Productos a granel                          | Carne en canal, expediciones a granel de cereales, frutas, hortalizas, vino, grasas comestibles                       | Se utilizan sobre todo para evaluar el valor nutricional de los suministros de alimentos y para las estadísticas de su consumo. También es útil para la evaluación de la ingesta |
| Productos y alimentos al por mayor          | Carne en canal, cortes de primera calidad, envases de alimentos a granel, con frecuencia para uso institucional       |  |
| Alimentos al por menor                      | Alimentos vendidos al consumidor, por ejemplo, cortes de carne, hortalizas, frutas, vino, alimentos elaborados        | Se utilizan sobre todo para evaluar la alimentación familiar e individual y la ingesta de nutrientes. También son útiles para las estadísticas del suministro de alimentos       |
| Alimentos de campo, de huertos o silvestres | Alimentos cultivados o recogidos, animales de caza  |  |
| Alimentos consumidos                        | Alimentos de consumo, por ejemplo, platos cocinados (uno o varios ingredientes), alimentos de venta en la vía pública | Se utilizan para evaluar la ingesta individual de alimentos y nutrientes   |

la mejor manera de evitarlos es tomar las muestras durante la carga o descarga de una expedición. Para el muestreo de alimentos de partículas finas (por ejemplo, azúcar, cereales), fluidos (por ejemplo, leche) o sólidos (por ejemplo, queso) se requieren sondas o caladores especiales (Horwitz *et al.*, 1978).

Los análisis de los nutrientes en este nivel se limitan con frecuencia a los componentes principales, pero en general se realiza el análisis de muchas muestras (a veces cientos), de manera que se obtienen valores de calidad muy elevada.

### **Alimentos al por mayor**

El muestreo de alimentos al por mayor generalmente sigue los principales criterios utilizados con los productos a granel. Es esencial que el muestreo sea aleatorio.

### **Alimentos al por menor**

Son la mayoría de los productos alimenticios incluidos en las bases de datos de composición de alimentos en los países industrializados. Para los productos primarios, como carnes, frutas u hortalizas, el problema principal del protocolo de muestreo es garantizar que quede representada la gama completa de puntos de venta. La muestra primaria debe ser proporcional al volumen de alimentos que pasa a través de los distintos puntos. En la formulación de los protocolos de muestreo también hay que tener en cuenta la posibilidad de variación regional.

En los países no industrializados, donde los sistemas de distribución de los alimentos pueden estar menos adelantados, las consideraciones regionales tienen mayor importancia y las variaciones de la composición de un mercado rural a otro pueden ser sustanciales. La estratificación regional (véase *infra*) del muestreo puede considerarse un criterio más útil en vista de la variación regional de la composición de los productos. En muchos casos puede no ser aceptable la presentación de datos representativos de un alimento en su conjunto muy diverso.

Los alimentos patentados constituyen una gama importante de productos alimenticios en muchos países y su composición debe incluirse en la base de datos. Cuando la preparación de la base de datos está a cargo de personal del gobierno, hay a menudo cierta resistencia a incluir nombres comerciales. En la práctica, para la identificación de muchos alimentos patentados es esencial el nombre comercial. En algunos países, los productos de marca de un alimento son muy numerosos y, si se quiere abarcarlos todos, el volumen de trabajo analítico aumenta. Los datos de composición suministrados por el fabricante pueden ser aceptables siempre que cumplan los criterios establecidos para la calidad analítica y que los fabricantes puedan garantizar a los compiladores que las muestras analizadas eran representativas de los productos vendidos al por menor. Este sistema puede crear problemas, ya que muchos alimentos patentados vuelven a formularse a intervalos frecuentes y los valores de las bases de datos quedan muy pronto anticuados. Numerosos compiladores prefieren restringir este tipo de entradas en las bases de datos a los alimentos que son estables y están bien establecidos. En algunos casos se considera adecuado agrupar las diferentes marcas conforme a su participación en el mercado.

Al recoger las muestras hay que tener cuidado para garantizar que toda la gama de puntos de venta al por menor quede debidamente representada. Cuando existen estadísticas de venta al por menor, pueden ser útiles. En muchos casos los productos patentados se producen con un control de calidad tan estricto que resulta satisfactorio un muestreo limitado.

### **Productos del campo o de huertos**

En los países industrializados se ignoran a menudo estas fuentes de alimentos, pero en muchos otros países los alimentos producidos por las familias constituyen un componente importante de la alimentación, por lo que los compiladores de bases de datos deben tenerlos en cuenta. Estos alimentos suelen ser mucho más variables: la composición de los de origen vegetal depende fundamentalmente del suelo y del tratamiento con fertilizantes. Por consiguiente, en la formulación de los protocolos de muestreo hay que tener en cuenta estos factores. La mayor parte de los productos del campo o de huertos se consumen estacionalmente frescos y luego se conservan siguiendo métodos tradicionales que pueden presentar diferencias sustanciales con respecto a la práctica comercial.

### **Alimentos no cultivados y silvestres**

Muchas comunidades, en particular las que tienen un estilo de vida de «cazador-recolector» o seminómada, consumen cantidades sustanciales de alimentos silvestres vegetales y animales. Estos alimentos representan una proporción importante del consumo diario y su inclusión



en una base de datos puede ser muy útil para quienes estudian la nutrición de dichos grupos. La recogida de muestras de estos alimentos puede plantear problemas particulares. Pueden ser difíciles de identificar debidamente y también tienden a ser variables en su composición y madurez (Brand Miller, James y Maggiore, 1993). Con frecuencia es prácticamente imposible un muestreo aleatorio y la única opción es realizar un muestreo de conveniencia cuando surge la oportunidad. Este criterio es aceptable siempre que se documente en la base de datos. La documentación alertará a los usuarios de las limitaciones de los datos y reducirá al mínimo la posibilidad de que se utilicen de manera inadecuada.

### **Alimentos consumidos**

En muchos estudios sobre la ingestión dietética, en particular las investigaciones epidemiológicas, se requiere la medición del consumo de alimentos y nutrientes a nivel individual, es decir, los alimentos consumidos directamente. Estos productos alimenticios «listos para el consumo», como suelen denominarse, comprenden alimentos cocinados de todo tipo, con inclusión de platos mixtos complejos. Estos últimos se preparan muchas veces utilizando una gran variedad de recetas y métodos de cocción, lo que plantea dificultades a la hora de seleccionar muestras representativas. Para preparar las muestras que se han de analizar, se recurre a menudo a la simulación de los procedimientos de cocción en el laboratorio o en cocinas especializadas. Este sistema en general es satisfactorio, aunque en las condiciones domésticas que se simulan no siempre se preparan los alimentos de manera controlada y las decisiones sobre cuándo ha terminado la cocción dependen de las preferencias y la opinión individuales. No obstante, la preparación de muestras en el laboratorio permite una documentación detallada de todas las condiciones pertinentes (temperatura de cocción, duración, temperatura interna en el punto final, etc.). Con la recogida de platos cocinados de una serie de hogares seleccionados al azar se obtendría una mayor representatividad, por lo que a veces se prefiere este sistema (Greenfield, 1990b), que, sin embargo, también tiene sus problemas logísticos.

Es más fácil obtener muestras de alimentos preparados para colectividades, por ejemplo, hospitales, comedores industriales y públicos y centros educativos. También es más fácil recoger las muestras de establecimientos de comidas rápidas y de alimentos para llevar. Las dificultades del muestreo, las enormes posibilidades de variación de los alimentos cocinados y las dificultades financieras han hecho que, con frecuencia, los compiladores utilicen cálculos a partir de las recetas para estimar la composición de los platos cocinados.

### **Principales fuentes de variabilidad en la composición de nutrientes**

Los alimentos tienen una composición inherentemente variable, factor que debe tenerse en cuenta en los criterios para el muestreo y en la formulación de los protocolos de muestreo y análisis.

### **Muestras geográficas**

En cada país puede haber una amplia diversidad de condiciones de suelo y clima, lo que da como resultado una variación importante en la composición de los alimentos. Las diferencias en la comercialización y la preparación de los alimentos entre las distintas zonas de un país –o entre los diversos países en el caso de una base de datos multinacional– también pueden dar lugar a variaciones considerables. Por estos motivos, en la base de datos pueden presentarse datos con especificidad geográfica como complemento de los promedios nacionales y/o regionales. En otros países, las variaciones pueden ser de una magnitud análoga debido a otras causas, en cuyo caso la muestra nacional podría ponderarse de acuerdo con el porcentaje de población que vive en las regiones o el consumo total de alimentos.

### **Muestras estacionales**

En los protocolos combinados es necesario ajustar las variaciones estacionales de la composición de nutrientes. Los alimentos de origen vegetal están especialmente expuestos a variaciones, en particular por lo que respecta a su contenido de agua, carbohidratos y vitaminas. El pescado también muestra variaciones estacionales, en particular en su contenido de grasa, y la leche y los productos lácteos presentan variaciones en su contenido de vitaminas debido fundamentalmente a diferencias estacionales en los hábitos de alimentación. Hay que organizar la recogida de muestras, en cuanto a calendario y frecuencia, de manera que queden reflejadas estas variaciones. En algunos casos es necesario que en la base de datos figuren por separado los datos de carácter estacional. Las mediciones analíticas de las muestras estacionales pueden limitarse a menudo a los nutrientes que muestran variaciones.

### **Estado fisiológico y madurez**

El estado de madurez de las plantas y los alimentos de origen animal determina variaciones en la composición, por ejemplo, en las concentraciones de azúcares, ácidos orgánicos y vitaminas en muchas plantas y de grasas y algunos minerales en los alimentos de origen animal. Algunas de estas variaciones son consecuencia de los efectos estacionales.

El almacenamiento de los alimentos de origen vegetal también suele afectar a su contenido de agua y vitaminas y a los niveles de algunos nutrientes orgánicos, debido al metabolismo residual de la planta durante el almacenamiento.

### **Cultivares y razas**

Pueden ser una fuente importante de variación para algunos nutrientes que hay que tener en cuenta en los protocolos combinados. Es conveniente documentar en la base de datos esta variación de los cultivares o las razas. Algunos centros de investigación realizan muestreos específicos con el objetivo de detectarla. La importancia de las diferencias atribuibles a los cultivares o las razas sólo puede verificarse mediante el control de otros factores que pueden influir en la variación y mediante el muestreo y el análisis individuales, no mixtos, de un número elevado de muestras.

**Cuadro 5.3** Principales métodos de muestreo utilizados en los estudios sobre la composición de nutrientes

| <b>Método</b>            | <b>Definición y características</b>  | <b>Notas sobre la aplicación</b>  |
|--------------------------|--|---|
| Muestreo aleatorio       | Las muestras se toman de manera que se garantice que cualquier unidad tenga las mismas posibilidades de quedar incluida  | En teoría es el ideal, pero resulta rara vez practicable cuando se toman muestras de alimentos para bases de datos nutricionales  |
| Muestreo estratificado   | Se toman unidades de muestreo de estratos definidos (subpartes) del conjunto de alimentos. Dentro de cada estrato, las muestras se toman al azar               | Con frecuencia es el mejor método para la labor de preparación de una base de datos. Los estratos pueden ser regionales, estacionales, de puntos de venta al por menor, etc., definidos por el conocimiento del alimento que se estudia |
| Muestreo selectivo       | Se toman muestras con arreglo a un plan de muestreo que excluye el material con ciertas características o selecciona sólo el de características bien definidas | Se usa casi siempre en el análisis de los contaminantes. Se puede utilizar con cautela en la elaboración de una base de datos   |
| Muestreo de conveniencia | Se toman muestras en función de la accesibilidad, la utilidad, el costo u otra razón no relacionada directamente con los parámetros del muestreo               | Raramente adecuado para la elaboración de una base de datos, si bien puede ser la única manera de tomar muestras de alimentos silvestres o no cultivados o platos mixtos caseros  |

## Métodos de muestreo

Los principales métodos de muestreo utilizados para las bases de datos de composición de nutrientes se resumen en el Cuadro 5.3.

### Muestreo aleatorio

Se toman muestras aleatorias de manera que se garantice que todos los elementos del conjunto del alimento objeto de muestreo tengan la misma oportunidad de ser recogidos e incorporados a la muestra que se va a analizar. Esto es difícil de conseguir en la práctica, porque no es fácil, por ejemplo, visualizar todo el conjunto de coles de un país, y mucho menos garantizar que cada una de ellas tenga la misma oportunidad de ser seleccionada. Es más normal establecer una estratificación (véase *infra*) del conjunto del alimento.

### Muestreo estratificado

En este método, el conjunto del alimento se clasifica en estratos, teniendo en cuenta las causas más importantes de variación.

La estratificación por zonas geográficas puede ser útil incluso si no se conocen variaciones regionales importantes (Smits *et al.*, 1998). Otros ejemplos útiles son la estratificación de acuerdo con la distribución de la población consumidora, entre fuentes rurales y urbanas, o por tipos de puntos de venta al por menor (Torelm, 1997). El muestreo de alimentos de marca puede estratificarse con arreglo a la instalación de fabricación. Cuando no se prevea que las distintas marcas del mismo alimento puedan presentar variaciones significativas, la muestra podrá ponderarse de acuerdo con la participación en el mercado.

Si no se dispone de esta información, habrá que realizar una extrapolación a partir de alimentos similares o una evaluación intuitiva.

### Muestreo selectivo

El muestreo selectivo se utiliza en gran medida en estudios experimentales de explotación vegetal y animal y en la economía doméstica. Los datos que se obtienen son una guía valiosa para la formulación de protocolos de muestreo, pero, dado que no suelen ser representativos de los alimentos disponibles, se requiere una documentación cuidadosa cuando se incluyen en la base de datos.

Sin embargo, los datos pueden ser útiles cuando es evidente que los métodos de explotación y el almacenamiento de los alimentos son comparables con los aplicados a su producción en el presente.

Este método se utiliza con frecuencia de manera acertada en el análisis de la contaminación, donde el objetivo puede ser la identificación de la exposición máxima a los contaminantes. La distribución de los contaminantes en los alimentos está a menudo muy sesgada. Por consiguiente, el muestreo aleatorio incluirá a menudo muestras en las que la concentración del contaminante está por debajo del nivel de detección. Ésta es la principal razón para mantener separada en la base de datos la información sobre los niveles de contaminantes de la de los datos representativos sobre los nutrientes.

Las muestras de alimentos que se preparan en el laboratorio pueden considerarse selectivas. La preparación en el laboratorio puede ser la única manera posible de conseguir información sobre la composición de ciertos alimentos, de manera que los datos así obtenidos pueden ser de utilidad en las bases de datos. Sin embargo, en general es preferible obtener muestras de cocineros que trabajan en el ámbito familiar o industrial, puesto que pueden considerarse más representativas de los alimentos normalmente disponibles para el consumo.

### Muestreo de conveniencia

La recogida de muestras de puntos suficientemente accesibles es una práctica muy común, y posiblemente engañosa, en los estudios sobre composición. Este método puede ser aceptable como práctica preliminar para obtener estimaciones de la variación de la composición, pero en general los datos generados utilizando este método deben considerarse como de baja calidad.

El muestreo de conveniencia puede ser la única opción en el caso de alimentos silvestres o no cultivados; los valores se pueden utilizar en una base de datos siempre que las fuentes de las muestras estén plenamente documentadas.

### Límites de todos los métodos de muestreo

En todos los métodos, los datos obtenidos sólo pueden ser una estimación de la composición de los alimentos y están sujetos a limitaciones impuestas por la variación en dicha composición.

### Formulación de protocolos combinados de muestreo y análisis

El objetivo es preparar protocolos bien documentados en los que puedan basarse quienes se ocupan de la recogida y la manipulación de las muestras, desde su recolección en el campo hasta el laboratorio. Este proceso sirve para garantizar que los datos generados alcancen los objetivos de los compiladores y satisfagan las necesidades de los usuarios de las bases de datos.

### Responsabilidad de la preparación de los protocolos combinados

En algunos países, los compiladores de las bases de datos controlan el muestreo y la labor analítica y son responsables, en colaboración con los analistas, de la preparación por escrito de los protocolos combinados. Sin embargo, en la mayor parte de los países el muestreo y la labor analítica se realizan mediante contrato; en este caso, la aportación de los compiladores puede limitarse a la formulación de las líneas generales del trabajo que se necesita. En estas especificaciones iniciales deben establecerse los principios relativos a los requisitos de la base de datos con respecto a la representatividad y a las normas de calidad de los datos analíticos que deben cumplir los informes de los contratistas.

Los contratistas, en consulta con los compiladores, preparan a continuación protocolos combinados detallados. El muestreo se puede contratar a grupos de muestreo locales (por ejemplo, cuando la base de datos incluya un país o región grande); también en este caso es esencial que los subcontratistas estén plenamente al corriente de los objetivos del muestreo.

Cuando se subcontrata la labor analítica, ya sea de todos o bien de determinados nutrientes, los subcontratistas deben conocer los métodos analíticos preferidos y disponer de planes apropiados de garantía de calidad de los datos. Si los subcontratistas desean utilizar otros métodos con los que están más familiarizados o en los que tienen más experiencia, deben proporcionar pruebas de su compatibilidad con los métodos preferidos.

Es de una importancia capital que las unidades y los formatos de presentación de los resultados estén previamente establecidos y figuren por escrito en los contratos. Por ejemplo, hay laboratorios que pueden utilizar ppm (partes por millón, mg/kg) o ppmm (partes por mil millones, µg/kg) para expresar los resultados de los análisis de los oligoelementos metálicos, mientras que otros pueden usar UI (unidades internacionales) para algunas vitaminas. Los ácidos grasos deben notificarse siempre como unidades de masa (mg/100 g) y de manera adicional como porcentaje de los ácidos grasos totales. También hay que establecer previamente si los resultados deben notificarse sobre peso seco o húmedo. En ambos casos se debe informar de los valores del contenido de agua.

### Elección del método de muestreo

En general, el método preferido es algún tipo de muestreo estratificado. Aun cuando no haya pruebas de diferencias regionales en la composición, en el muestreo se incluirá una estratificación basada en la recogida de muestras del conjunto del alimento consumido en un ámbito regional. Por razones prácticas puede ser necesario restringir el alcance del muestreo; en la mayoría de las compilaciones el muestreo más amplio se concentra en los principales «alimentos básicos» o «alimentos fundamentales» y en los alimentos que constituyen una fuente importante de nutrientes específicos (Chug-Ahuja *et al.*, 1993; Schubert, *et al.*, 1987; Haytowitz, Pehrsson y Holden, 2002; Pennington y Hernández, 2002; Perry *et al.*, 2000), por ejemplo, los que son motivo de preocupación para la salud pública. En los protocolos se suelen destacar menos los alimentos que son componentes relativamente menos importantes de la alimentación. Es evidente que puede ser más sencillo obtener muestras de muchos alimentos patentados o de marca, producidos en un pequeño número de fábricas, que, por ejemplo, de los productos cárnicos, los cuales con frecuencia son «alimentos básicos» y pueden mostrar una gran variabilidad, por lo que son necesarios protocolos mucho más detallados y amplios. Las hortalizas y las frutas, que muestran variaciones estacionales en la composición, tendrán que tener una estratificación estacional. Cada grupo de alimentos debe examinarse por separado. Debido a la logística de la labor analítica, con frecuencia es conveniente el muestreo de los alimentos por grupos, ya que la manipulación de las muestras y los métodos reales utilizados son comunes en todo el grupo.

Durante la descripción del proceso de muestreo se recorren varias etapas, en cada una de las cuales se utiliza el término «muestra». En el Cuadro 5.4 se resumen las etapas y algunas definiciones propuestas que pueden utilizarse para aclarar de qué tipo de muestra se trata en cada uno de los diferentes puntos del muestreo y el análisis.

### Tamaño y número de las muestras

**Tamaño.** La cantidad total del alimento que se necesita para los distintos análisis sirve de base para decidir el tamaño de cada una de las muestras. En la práctica, debido a que los alimentos son heterogéneos, la extracción de pequeñas porciones en la etapa de muestreo primario puede dar lugar a error. Para muchos alimentos, las partes individuales que se han de recoger son fácilmente identificables; en otros casos es necesario definir las. En la práctica, el tamaño de 100-500 g representa una orientación práctica para el de una muestra primaria, dando preferencia al extremo superior de esta gama. Algunos productos alimenticios, por ejemplo, ciertos cortes de carne, son mucho más grandes y no pueden reducirse fácilmente a una unidad más pequeña que siga siendo representativa; a efectos de la muestra primaria, éstos se deben utilizar en su totalidad.

**Número.** A fin de calcular el número de muestras necesario, hay que obtener en primer lugar información sobre la variabilidad de la composición del alimento (Proctor y Muellenet, 1998). También se supone que la concentración del nutriente está distribuida de manera uniforme

**Cuadro 5.4** Resumen de las etapas del muestreo y la preparación de las muestras en los estudios sobre composición de alimentos

| <i>Términos</i>        | <i>Descripción</i>   | <i>Principal aplicación en los estudios sobre composición de alimentos</i>  |
|------------------------|--|---|
| Muestra primaria       | Recogida de una o varias unidades tomadas inicialmente del conjunto total del alimento                     | Punto de partida habitual en los estudios sobre composición. Lo ideal es recoger varias réplicas que se tratan por separado. Las muestras primarias se mezclan con frecuencia para formar una muestra compuesta   |
| Muestra reducida       | Parte representativa de la muestra primaria obtenida mediante un proceso de división o reducción           | Se utiliza con frecuencia para reducir la muestra primaria a un peso más manejable  |
| Muestra compuesta      | Mezcla formada por la combinación de muestras primarias  | Se utiliza con frecuencia en los estudios sobre composición de alimentos. Las muestras compuestas pueden ser del mismo alimento o una combinación de diferentes marcas o cultivares   |
| Muestra de laboratorio | Muestra enviada a un laboratorio o recibida por él   | La muestra primaria (o una muestra reducida) con frecuencia requiere una manipulación ulterior en el laboratorio (p.ej., descongelación, cocinado, separación del material no comestible). Puede ser necesaria una reducción o mezcla ulterior de la porción comestible |
| Muestra analítica      | Porción preparada a partir de la muestra de laboratorio, de la que se toman las porciones para el análisis | Suele ser la forma en la que se preparan las muestras de alimentos para el análisis   |
| Porción analítica      | Cantidad de alimento del peso adecuado para cada medición analítica  | El mínimo aceptable es el análisis de porciones analíticas duplicadas; son preferibles varias repeticiones  |

en el alimento, hipótesis razonable para muchos nutrientes, pero con frecuencia no aplicable a los oligoelementos.

En la práctica, la información necesaria es a menudo incompleta y se ha de proceder de manera intuitiva. Además, muchos nutrientes, en particular las vitaminas, muestran mayor variabilidad que las proteínas, por ejemplo, por lo que el número de muestras que se necesitan oficialmente tiene que ser mayor.

En el Apéndice 2 se presenta un ejemplo de la manera de realizar los cálculos.

En la mayoría de los planes de muestreo se adopta como norma un mínimo de 10 unidades y en los Estados Unidos se requiere que los datos para el etiquetado nutricional se basen en 12 unidades. Sin embargo, en términos estrictos, el número depende de la variabilidad de los nutrientes que van a medirse, por lo que para ciertos nutrientes se necesitarán números diferentes de muestras del alimento.

**Cuadro 5.5a** Propuesta de registro de la muestra de alimento para los estudios sobre composición de alimentos: identificación

|   |  |
|---|--|
| <b>Nombre común del alimento</b>            |  |
| <b>Número de código de la muestra</b>       |  |
| <b>Fecha de recepción en el laboratorio</b> |  |
| <b>Identificación del alimento</b>          | <b>Ejemplos de registro</b>  |
| Nombres alternativos                        | Otros nombres comunes (en el idioma del país de origen) y equivalente en inglés cuando sea posible |
| Nombre científico                           | Género, especie, variedad  |
| Alimento vegetal                            | Planta completa o parte de una planta (raíz, tallo, hojas, flores, frutos, semillas)               |
| Alimento animal                             | Animal completo o una parte (pata, cabeza, órgano interno)   |
| Estado de madurez                           | Inmaduro, maduro, etc.   |
| Calidad                                     | Cuando proceda   |
| Otros detalles                              | Cualquier detalle que el recolector considere que puede ser de interés                             |

## Preparación de los protocolos

Los protocolos son documentos escritos que describen el proceso de muestreo, es decir, la identidad del alimento, el tamaño y el peso de las unidades que se han de recoger, la estratificación que se ha de utilizar y la distribución de los lugares de muestreo. En los Cuadros 5.5a-5.5d figura la información necesaria para la preparación del protocolo de muestreo, comenzando con la descripción de la muestra primaria del alimento (Greenfield, 1989; McCann *et al.*, 1988).

En el Cuadro 5.5a se aborda la identificación del alimento. En el Cuadro 5.5b se muestra el registro de la recogida, en el Cuadro 5.5c se proporciona una descripción detallada del alimento recogido y en el Cuadro 5.5d se examina la manipulación en el laboratorio.

El volumen de información que se recomienda en esta documentación puede parecer excesivo, pero la experiencia enseña que la información de las distintas etapas es decisiva al evaluar la calidad del muestreo y los análisis posteriores. Además, si no se registran los detalles en el momento oportuno no se pueden recuperar de manera retrospectiva.

### Identificación

En el Cuadro 5.5a se indica la información que se necesita. La primera sección constituye una etiqueta que se debe adjuntar de manera segura y permanente a la muestra. El labora-



**Cuadro 5.5b** Propuesta de registro de la muestra de alimento para los estudios sobre composición de alimentos: registro de la recogida

| <b>Nombre común del alimento</b>            |  |
|---|--|
| <b>Número de código de la muestra</b>       |  |
| <b>Fecha de recepción en el laboratorio</b> |  |
| <i>Detalles de la recogida</i>              | <i>Ejemplos de registro</i>  |
| Fecha y hora de la recogida                 |  |
| Nombre del recolector                       |  |
| Lugar de origen                             | Si se conoce (aldea, distrito, provincia, referencia cartográfica)   |
| Punto de muestreo                           | Tipo (campo, huerto, borde de una carretera, mercado agrícola, tienda, almacén, supermercado, bar con comida para llevar, restaurante, hogar, alta mar, litoral) |
| Direcciones de los puntos de muestreo       |  |
| Condiciones de cultivo                      | Si se conocen (altitud, precipitaciones, tratamiento con fertilizantes, riego, régimen dietético)  |
| Estación                                    | Período del año, estación seca o lluviosa  |
| Precio de compra                            | Si procede   |
| Registro gráfico                            | Registro visual con escala; puede ser suficiente un dibujo lineal  |
| Condiciones de transporte                   | Detalles, incluidas la modalidad y las condiciones del transporte y el almacenamiento  |
| Otros detalles                              | Cualquier detalle que el recolector considere de interés   |

torio puede añadir posteriormente un número de adquisición. La mayor parte de la información necesaria resulta evidente.

### Registro de la recogida

En el Cuadro 5.5b figura la información que se ha de registrar durante la recogida de la muestra. Los elementos registrados corresponden al plan de muestreo establecido en los protocolos combinados. En él se indican la estratificación establecida y el método para lograr una distribución aleatoria dentro de los estratos. El uso de tablas de números aleatorios es un sistema útil. En el protocolo debe especificarse también el procedimiento que se ha de seguir si la parte definida como muestra no está disponible para su recogida. Puede consistir en la propuesta de una parte sustitutiva o la necesidad de elegir un punto de muestreo alternativo.

La mayoría de los elementos son evidentes. Puede ser útil un registro del precio de compra con fines de auditoría y para estudios del presupuesto familiar. Se recomienda, si está

**Cuadro 5.5c** Propuesta de registro de la muestra de alimento para los estudios sobre composición de alimentos: descripción de las muestras recogidas

| <b>Nombre común del alimento</b>                 |   |
|--|---|
| <b>Número de código de la muestra</b>            |   |
| <b>Fecha de recepción en el laboratorio</b>      |   |
| <i>Descripción</i>                               | <i>Ejemplos de registro</i>   |
| Tipo de alimento                                 | Grupo de alimentos<br>(legumbres, jugos de fruta, productos lácteos, etc.)  |
| Uso local del alimento                           | En fiestas, hambrunas, etc.   |
| <b>Dimensiones físicas</b>                       |   |
| Estado físico                                    | Forma, estado (p. ej., líquido, sólido, completo, dividido, tamaño de las partículas)   |
| Método de elaboración y conservación             | En conserva, ahumado, secado al sol, etc.   |
| Método de preparación para el consumo            | Método de cocción   |
| Grado de preparación                             | Crudo, sin cocinar, parcialmente cocinado, totalmente cocinado, descongelado, recalentado   |
| Medio de envasado                                | Salmuera, aceite, almíbar, agua   |
| Recipiente o envoltorio                          | Lata, vidrio, papel, papel de aluminio, hojas de plantas  |
| Superficie de contacto                           | Vidrio, tipo de plástico, papel de aluminio   |
| Etiqueta o lista de ingredientes                 | Conservar la etiqueta, estimación por la inspección   |
| Número de lote                                   | Para los alimentos de marca   |
| <b>Para los alimento de marca o preenvasados</b> |   |
| <b>Peso del alimento recogido</b>                |   |
| <b>Número de unidades</b>                        |   |
| <b>Peso de cada unidad</b>                       |   |
| <b>Peso de la medida o porción normal</b>        |   |
| Otros detalles                                   | Cualquier detalle que el registrador considere de interés (p. ej., que las muestras frescas, una vez recogidas, se hayan precintado al vacío) |

disponible, un registro fotográfico, con una escala de medición y un patrón de colores (por ejemplo, la hoja Pantone), para facilitar la identificación de la muestra (Burlingame *et al.*, 1995a). En caso contrario puede bastar un simple dibujo lineal (McCrae y Paul, 1996).

En el protocolo combinado se indica la organización del transporte de las muestras primarias desde los lugares de recogida hasta el laboratorio. Los aspectos logísticos de la manipulación de lo que puede ser un volumen elevado de alimentos requieren un examen cuidadoso; los procedimientos de almacenamiento, incluidas la elección de los recipientes y las modalidades de trans-

**Cuadro 5.5d** Propuesta de registro de la muestra de alimento para los estudios sobre composición de alimentos: registro de la manipulación en el laboratorio

| <b>Nombre común del alimento</b>                                  |   |
|---|---|
| <b>Número de código de la muestra</b>                             |   |
| <b>Fecha de recepción en el laboratorio</b>                       |   |
| <b>Etapa de la manipulación</b>                                   | <b>Ejemplos de registro</b>   |
| Peso y naturaleza del material no comestible                      | Antes de la preparación ulterior (por ej., la cabeza y las patas de las aves de corral, las hojas externas marchitas)         |
| Peso y naturaleza del material comestible                         | Antes de la preparación ulterior (por ej., lo que queda del cuerpo del ave)   |
| Método de preparación   | Preparación de una muestra cruda o método, tipo, tiempo y temperatura de cocción y temperatura final del producto alimenticio |
| Peso antes de la cocción  |   |
| Ingredientes añadidos, si los hay                                 |   |
| Peso después de la cocción  |   |
| Peso y naturaleza de la porción comestible del alimento preparado |   |
| Peso y naturaleza del material no comestible                      | Huesos, cartílagos, etc.  |
| Método de mezcla y reducción                                      | Triturado, homogeneizado en un mezclador (tipo de cuchillas)  |
| Detalles de la preparación de la muestra compuesta, si procede    | Mezcla simple de pesos iguales o pesada de las muestras primarias de los estratos designados                                  |
| Tipo de almacenamiento  | Adición de conservantes, temperatura de almacenamiento, etc.  |
| Método utilizado para tomar muestras analíticas                   |   |
| Almacenamiento de las muestras analíticas o elaboración ulterior  |   |
| Nombre y firma de la persona que cumplimenta el registro          |   |
| Fecha del registro  |   |
| Otros detalles  | Cualquier detalle que el recolector considere que pueda ser de interés  |

porte, deben especificarse en consulta con los analistas. Éstos y todos los demás aspectos de los protocolos combinados se tienen que ensayar, o por lo menos estudiar mediante una «labor teórica» con la participación de todos los interesados. Es preferible el almacenamiento seguro en recipientes inertes que puedan precintarse con un sistema térmico utilizando un equipo sencillo. En teoría, las muestras deben enfriarse con hielo triturado o con anhídrido carbónico sólido. Si

**Cuadro 5.6** Efectos del almacenamiento y la preparación de las muestras en el contenido de nutrientes y precauciones necesarias para reducirlos al mínimo

| <b>Efectos</b>  | <b>Cambios potenciales</b>                                       | <b>Nutrientes afectados</b>  | <b>Precaución</b>  |
|---|--|--|--|
| Deseccación   | Pérdida de agua  | Todos los nutrientes   | Formulación del protocolo. Mantener las muestras en recipientes herméticos o cubiertos. Pesarse el alimento al comienzo de la preparación y durante ella |
| Absorción   | Ganancia de agua   | Todos los nutrientes, en particular en los alimentos con humedad escasa e higroscópicos  | Formulación del protocolo. Mantener las muestras en recipientes herméticos   |
| Actividad microbiana  | Degradación/autólisis<br>Síntesis                                | Pérdida de carbohidratos, proteínas.<br>Aumento de la tiamina, la vitamina B <sub>6</sub> , la niacina y la vitamina B <sub>12</sub> | Almacenamiento a baja temperatura.<br>Puede ser necesaria la pasteurización o la adición de inhibidores  |
| Oxidación   | Destrucción de ácidos grasos insaturados<br>Pérdida de vitaminas | Alteraciones del perfil de las grasas<br>Pérdida de vitamina C, riboflavina y folatos  | Almacenar a -30 °C en recipientes herméticos en atmósfera de nitrógeno. Adición de antioxidantes o agentes bacteriostáticos                              |
| Ácido   | Hidrólisis   | Pérdida de sacarosa y oligosacáridos de cadena más larga   | Almacenar a baja temperatura. Neutralizar el ácido   |
| Alcalino  | Destrucción  | Pérdida de tiamina   | Evitar las condiciones alcalinas y el SO <sub>2</sub>  |
| Luz   | Fotodegradación  | Pérdida de riboflavina   | Proteger de la luz   |
| Contaminación durante el muestreo   | De los recipientes de cocinado, el suelo, el polvo, etc.         | Aumento de nutrientes inorgánicos  | Formular el protocolo para reducir al mínimo la contaminación, aclarar suavemente con agua destilada   |
| Contaminación (por cuchillas metálicas, equipo de trituración, de vidrio, etc.) | Aumento de nutrientes inorgánicos                                | Aumento de oligoelementos importantes  | Seleccionar con cuidado los aparatos.<br>Limpiar a fondo todos los utensilios antes de usarlos y conservarlos en bolsas objetos de plástico              |
| Separación  | Separación de grasas.<br>Fraccionamiento de partículas           | Cambios en la composición global, alteración del contenido de fibra  | Evitar una mezcla demasiado energética y los ciclos de descongelación/congelación  |
| Actividad enzimática y metabólica   | Cambios en los nutrientes orgánicos                              | Pérdida de azúcares, vitamina C, desconjugación de folatos   | Almacenar a baja temperatura. Proteger los folatos con ascorbato   |

no es posible, deben transportarse al laboratorio con un retraso mínimo. En algunos casos, las limitaciones de los mecanismos de muestreo y transporte pueden impedir el análisis de nutrientes que susceptibles de sufrir cambios por el metabolismo (véase el Cuadro 5.6, pág. 86).

Cuando la distancia al laboratorio es corta, puede ser adecuado el transporte por carretera o ferrocarril, pero si se trata de distancias más largas el transporte aéreo puede ser la única alternativa. Esto exigirá coordinación con las líneas aéreas para garantizar que las condiciones de almacenamiento sean compatibles con la reglamentación en materia de seguridad de dichas líneas aéreas. En otros casos se necesitará una habilidad considerable para ajustarse a las condiciones locales.

Asimismo, hay que tener en cuenta la seguridad personal de los muestreadores, puesto que con frecuencia llevan cantidades relativamente elevadas de dinero para pagar las muestras que recogen; es más, las grandes cantidades de alimentos que transportan también pueden ser un objetivo para los ladrones. El pago de las muestras puede organizarse muchas veces mediante crédito, eliminando así una de estas preocupaciones.

### **Descripción de las muestras recogidas**

La mayor parte de la información indicada en el Cuadro 5.5c puede añadirse una vez que las muestras hayan llegado al laboratorio, pero puede ser necesario incorporar durante el muestreo los detalles relativos al uso y el método de preparación locales.

Las etiquetas y las listas de ingredientes se deben conservar, porque proporcionan información fundamental que puede resultar útil para explicar las discrepancias analíticas (por ejemplo, alimentos cuando no se han añadido ingredientes suplementarios y el etiquetado es incorrecto, diferencias de formulación de alimentos de marca con los mismos nombres).

### **Registro de la manipulación en el laboratorio**

En el Cuadro 5.5d figura un registro de la preparación inicial de las muestras en el laboratorio, antes de la preparación de las muestras analíticas. El laboratorio puede desear añadir su propio número de adquisición. El mantenimiento de un registro del laboratorio constituye la primera etapa de un programa de garantía de calidad de dicho laboratorio, el cual se examinará con detalle en los Capítulos 6, 7 y 8. Por este motivo, es esencial mantener la vinculación entre el número de identificación de la muestra y cualquier número de adquisición del laboratorio.

Las muestras primarias han de desempaquetarse y compararse con la información indicada en los Cuadros 5.5a, 5.5b y 5.5c.

En el protocolo se especificará si las muestras primarias han de analizarse de manera individual o combinadas de alguna manera. El análisis individual de las muestras primarias proporciona información valiosa sobre el alcance de las variaciones en el contenido de nutrientes, permitiendo de esta manera definir los límites de confianza que pueden atribuirse a los valores medios registrados en la mayor parte de las bases de datos. Sin embargo, los análisis individuales requieren recursos sustanciales y para muchas bases de datos se recurre en su lugar al análisis de muestras compuestas. Puede tratarse de una simple combinación de pesos iguales de todas las muestras primarias o de cantidades pesadas de muestras primarias procedentes de distintos estratos o puntos de muestreo, de acuerdo con la información sobre el consumo o la producción del alimento.

Durante toda esta etapa de manipulación, cada uno de los que intervienen debe recordar siempre que los principales objetivos del proceso de muestreo son primordiales, a saber, garantizar la representatividad de la muestra y protegerla de cambios en la composición y de la contaminación. En el Cuadro 5.6 se resumen los principales efectos del almacenamiento y la preparación de las muestras, los nutrientes afectados y las precauciones que han de adoptarse.

Las muestras deben descongelarse con cuidado y hay que manipularlas con la mayor rapidez posible. También aquí debe realizarse siempre un ensayo de estos procedimientos.

Al separar el material comestible del que no lo es, hay que tener en cuenta las normas culturales de la población que consume el alimento. Es esencial una documentación completa para utilizarla más tarde en la base de datos.

Al cortar, picar o moler las muestras de alimentos, deben adoptarse medidas de protección para excluir la posibilidad de contaminación. Los procedimientos han de someterse a prueba con antelación (Wills, Balmer y Greenfield, 1980). Puede ser necesario el uso de instrumentos recubiertos de plástico o Teflon<sup>®</sup>. No deben utilizarse instrumentos metálicos cuando se trata del análisis de hierro y oligoelementos; si se utiliza acero inoxidable pueden introducirse algunos oligoelementos.

Las características físicas de la muestra son factores importantes que hay que tener en cuenta en su preparación. Lichon y James (1990) han examinado y evaluado una serie de 12 métodos de homogeneización. También hay que realizar estudios piloto para controlar la homogeneidad obtenida mediante el procedimiento elegido y asegurarse de que no se haya producido un fraccionamiento de las muestras. Habrá de examinarse cada alimento caso por caso.

### **Almacenamiento de las muestras analíticas**

Para la logística de la preparación del muestreo, normalmente es más conveniente almacenar las muestras analíticas antes del análisis. Como mínimo se deben almacenar tres muestras replicadas. El almacenamiento en estado congelado suele ser el mínimo aceptable, preferiblemente a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  o incluso  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que es la práctica más común en la actualidad. El almacenamiento a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  es aceptable para los análisis de grasas. El recipiente debe estar cerrado herméticamente con el mínimo espacio libre superior. Cuando se toman muestras del almacenamiento se debe reincorporar con cuidado a la masa el agua que haya sublimada por encima de la muestra.

Cuando sea posible la liofilización, el almacenamiento de las muestras liofilizadas en condiciones de congelación o refrigeración es satisfactorio. Las muestras secadas al aire han de almacenarse de manera que se impida la absorción de agua o la contaminación con insectos o ácaros.

### **Preparación de las porciones analíticas**

Para obtener los valores destinados a una base de datos de composición de alimentos se aplica una serie de procedimientos analíticos, que requieren varias porciones analíticas a menudo

durante un período de tiempo considerable a menos que se disponga de un elevado número de analistas. Los procedimientos para la extracción de las porciones y el tamaño de éstas dependerán normalmente de la naturaleza del método analítico que se vaya a utilizar. Es imprescindible que todas las porciones tomadas sean representativas y que los métodos utilizados se ajusten a procedimientos definidos por un programa establecido de control de calidad.

Cuanto se extraen de manera repetida porciones analíticas de las muestras analíticas almacenadas, aumenta el riesgo de contaminación o de extracción de una porción no representativa. Por consiguiente, es conveniente almacenar varias muestras analíticas idénticas y reducir al mínimo el número de personas que intervienen en la extracción de porciones de ellas.

Es imposible especificar los procedimientos de muestreo para todos los métodos y nutrientes, pero en los Apéndices 3 y 4 se indican algunos procedimientos característicos a título de ejemplo.

## Repercusiones en los recursos

Los protocolos combinados proporcionan una base detallada en orden a estimar los recursos necesarios para el muestreo y la labor analítica. Puede ser necesario revisar el protocolo, reduciendo el número de muestras o bien realizando una selección entre la gama de análisis que han de realizarse. Esto exigirá un nuevo examen de los procesos utilizados para establecer las prioridades descritas en los Capítulos 3 y 4. Puede ser necesario realizar combinaciones de análisis o extrapolaciones de las muestras pertinentes.

Numerosos compiladores adoptan la estrategia de utilizar un protocolo de muestreo simplificado para los alimentos que son componentes secundarios de la alimentación y limitar los protocolos de muestreo completos a los alimentos básicos, los que son fuentes importantes de nutrientes y los que tienen mayor importancia desde el punto de vista de la salud pública.

## Capacitación

Es esencial que todos los que intervienen en el proceso de muestreo estén familiarizados con los objetivos del trabajo y conozcan con claridad sus funciones. Esto se puede conseguir mediante la repetición de los procedimientos, aunque sólo sea como «labor teórica». Este proceso permitirá identificar los aspectos que no están claros o no son practicables y que requieren modificación.

En el Cuadro 5.7 se resumen las principales fuentes de error en el muestreo. Se pone de manifiesto la importancia central de la documentación, la capacitación del personal y la supervisión de las distintas etapas. Las etapas del muestreo constituyen la decisiva primera fase de un programa completamente organizado de garantía de calidad (véanse los Capítulos 6, 7 y 8). A menos que las muestras se recojan y manipulen de manera correcta, la labor analítica, aunque se haya realizado bien, no servirá de nada porque los valores obtenidos no se referirán

## Capítulo 6

# Elección de los métodos de análisis y su evaluación

Solamente se pueden obtener datos fidedignos sobre la composición de nutrientes de los alimentos mediante la aplicación cuidadosa de métodos de análisis exactos que sean apropiados en manos de analistas capacitados. La elección de los métodos apropiados llevada a cabo en el marco de planes de garantía de la calidad es el segundo elemento fundamental para asegurar la calidad de los valores en una base de datos de composición de alimentos.

Para muchos nutrientes se dispone de varios métodos alternativos de análisis, que con frecuencia se supone que dan resultados comparables. En realidad, los métodos varían en cuanto a su idoneidad para un análisis dado y para diferentes matrices de alimentos. Antes de examinar las ventajas relativas de algunos métodos concretos en el Capítulo 7, es necesario analizar los principios en los que se basa la selección del método. Se reconoce así que las elecciones de los analistas pueden verse limitadas por los recursos disponibles; esto hace que adquiera la máxima importancia la comprensión de los principios en los que se basa la evaluación de los métodos, en particular la necesidad de definir las limitaciones de cualquier método determinado.

La evaluación de los métodos no es competencia exclusiva de los analistas. Los asesores técnicos y científicos del programa de bases de datos deben estar totalmente al corriente de los principios en los que se basa la metodología analítica y de los diversos métodos como tales, compartiendo la responsabilidad de la elección de un método con el analista.

Los compiladores también deben procurar estar bien informados acerca de los métodos de análisis utilizados. A ellos corresponde el examen detallado de los métodos al evaluar datos independientes o análisis publicados, a fin de determinar si son idóneos para su inclusión en la base de datos y establecer la especificación de los contratos para la preparación de los protocolos de muestreo y análisis.

También es conveniente que los usuarios profesionales de una base de datos tengan algún conocimiento de los métodos de análisis utilizados y que los usuarios especializados estén al corriente de los aplicados al nutriente o los nutrientes relacionados con sus intereses especiales.

En la actualidad hay varias limitaciones metodológicas en la producción de datos para determinados nutrientes. Basándose en un examen de los métodos, Stewart preparó una tabla



Cuadro 6.1 Disponibilidad de métodos para el análisis de los nutrientes (idoneidad de los métodos)

| <b>Nutriente</b>                | <b>Buena</b>  | <b>Adecuado</b>  | <b>No adecuado para ciertos alimentos</b>    | <b>Ausente</b>              |
|---------------------------------|---|--|--|-----------------------------|
| Humedad                         | Humedad   |  |  |                             |
| Componentes nitrogenados        | Nitrógeno total, aminoácidos  |  | Proteínas, nitrógeno no proteico             |                             |
| Componentes lipídicos           | Ácidos grasos   | Colesterol, fosfolípidos, ácidos grasos <i>trans</i> , triacilgliceroles individuales  | Algunos ácidos grasos isoméricos             |                             |
| Carbohidratos y fibra dietética | Azúcares individuales, almidón, polisacáridos no amiláceos                    | Fibra dietética total, polisacáridos no amiláceos individuales, almidón resistente   |  | Lignina                     |
| Nutrientes inorgánicos          | Sodio, potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro, cobre, cinc, boro, cloruro | Selenio, manganeso, flúor  | Cromo, hierro hemo, cobalto, molibdeno       |                             |
| Vitaminas                       | Tiamina, riboflavina, niacina   | Vitamina C, retinol, carotenoides, vitamina E, vitamina D, vitamina B <sub>6</sub> , folatos totales, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, vitamina B <sub>12</sub> | Algunos isómeros de carotenoides, vitamina K | Algunos isómeros de folatos |

en la que resumía la situación en 1980 y 1981, y más tarde la ampliaron Beecher y Vanderville (1984). En la tabla, los nutrientes estaban agrupados de acuerdo con la disponibilidad de métodos válidos para medirlos. Debido al creciente interés por la composición de nutrientes en la legislación y por la utilización en la investigación epidemiológica, se ha seguido trabajando en la evaluación y el mejoramiento de los métodos. En los Estados Unidos, la AOAC International llevó a cabo un examen de los métodos para su uso en la legislación sobre nutrición (Sullivan y Carpenter, 1993), y en el Reino Unido el Organismo de Normas Alimentarias ha realizado varios exámenes importantes de los métodos utilizados con los micronutrientes (2002).

También han contribuido al perfeccionamiento de los métodos los estudios para la obtención de materiales de referencia normalizados (MRN) llevados a cabo en los Estados Unidos por el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST) y en Europa por la Oficina Comunitaria de Referencia (BCR).

Las evaluaciones originales de Stewart se han actualizado en el Cuadro 6.1, que presenta una versión revisada basada en un examen realizado para evaluar la compatibilidad de los métodos (Deharveng *et al.*, 1999). Los métodos «buenos» se han evaluado ampliamente en ensayos realizados en colaboración, los métodos «adecuados» han sido objeto de un estudio más limitado y los métodos clasificados como «no adecuados para ciertos alimentos» no se han estudiado en una gama amplia de matrices de alimentos. Es importante señalar que estas evaluaciones tienen un verdadero valor sólo cuando los análisis han estado a cargo de analistas capacitados y que en ellas no se incluye ningún aspecto de rapidez o costos.

En el cuadro no figura la amplia variedad de componentes biológicamente activos que se consideran ahora candidatos para su inclusión en las bases de datos de composición de alimentos. Las metodologías para la mayor parte de estos componentes todavía no se han estudiado ampliamente en ensayos realizados en colaboración.

## Elección de métodos para los nutrientes

El objetivo primordial de las bases de datos de composición de alimentos es proporcionar a sus usuarios información acerca de los nutrientes presentes en ellos; por consiguiente, el principal factor en la elección de los métodos es la idoneidad del análisis para facilitar la información que necesitan los usuarios. Las mediciones deben proporcionar valores que se puedan utilizar para evaluar el valor nutricional de los alimentos. Esto significa que las necesidades de los usuarios de las bases de datos pueden ser distintas de las que tienen quienes se ocupan de la reglamentación sobre la composición de los alimentos o el control de su calidad en la producción. Así pues, si bien la medición de las proteínas brutas (nitrógeno total multiplicado por un factor) es suficiente para muchos fines, los datos sobre los aminoácidos permitirían evaluar mejor el valor nutricional de un producto alimenticio. El valor de los lípidos totales puede ser suficiente en relación con el control de la calidad de los alimentos, mientras que un nutricionista necesitaría evaluaciones de los triacilgliceroles, los esteroides y los

fosfolípidos por separado y datos detallados sobre los ácidos grasos. De manera análoga, aunque los valores de los carbohidratos totales pueden bastar para el control de la calidad de los alimentos, un nutricionista necesitaría valores específicos para los distintos carbohidratos (FAO/OMS, 1998). En consecuencia, cuando se trata de obtener valores para las bases de datos de composición de alimentos a menudo se requieren métodos con una orientación más bioquímica.

En algunos países, la elección del método puede estar establecida en la legislación nacional. En otros, la reglamentación permite muchas veces utilizar métodos que den valores comparables con los obtenidos por los métodos oficiales, es decir, semejantes a ellos.

Hay otros aspectos que también influyen en la elección del método. La utilización de algunos de los métodos más avanzados puede requerir una inversión sustancial de capital para disponer de los instrumentos necesarios. También se necesita un volumen considerable de recursos en forma de personal capacitado para manejar y mantener los instrumentos. Al inclinarse por el perfeccionamiento de dichos métodos instrumentales se da preferencia a la inversión en capital más que en costos ordinarios de personal y a la reducción del costo de cada análisis, gracias a su mayor rapidez.

No es correcto dar la impresión de que no se pueden realizar análisis de nutrientes sin dichos instrumentos complejos; para muchos nutrientes se dispone de métodos manuales clásicos que dan valores igualmente válidos. Estos métodos se basan en un coeficiente alto de mano de obra más que de capital.

Es indudable que para el análisis de ciertos nutrientes, por ejemplo, los ácidos grasos, se necesitan instrumentos; cuando no se tengan, el laboratorio tendrá que tratar de establecer acuerdos de colaboración para adquirir los datos.

Los laboratorios de los países en desarrollo pueden carecer de fondos para invertir en bienes de capital (especialmente en forma de divisas) y de los recursos que exige el mantenimiento especializado y los suministros que se necesitan para los instrumentos de alta tecnología. Por otra parte, puede haber fondos internos con destino a personal técnico con la formación necesaria para aplicar métodos no instrumentales que proporcionen datos válidos. Por consiguiente, en el Capítulo 7 se examina una amplia variedad de métodos compatibles.

Los laboratorios deben concentrar su atención en la evaluación y la mejora de la calidad y de los resultados de los métodos que ya se están empleando, más que en intentar introducir una amplia variedad de métodos nuevos no ensayados o perder la confianza debido a su falta de equipo complejo. En muchos casos, la mejor manera de obtener datos de buena calidad sobre la composición es aplicar un sistema de garantía de la calidad de los datos y capacitar a personal.

Cuando se lleva cabo, la capacitación académica de los analistas de los alimentos suele orientarse a la detección muy exacta de sustancias apropiadas para la reglamentación alimentaria. Estas sustancias son a menudo contaminantes que están presentes en concentraciones bajas, y en la elección del método se suele hacer hincapié en los niveles de detección, la sensibilidad y la precisión. En el análisis de los nutrientes para una base de datos de composición de alimentos, las necesidades de exactitud y precisión pueden orientarse más hacia la ingesta

recomendada de un nutriente y la importancia relativa en la alimentación del producto alimenticio que se analiza (Stewart, 1980). Por ejemplo, los analistas pueden realizar esfuerzos considerables midiendo vitaminas en los alimentos en concentraciones que son insignificantes desde el punto de vista nutricional.

Esta diferencia en la orientación de la atención pone de manifiesto la necesidad de que todos los que intervienen en la obtención de datos estén familiarizados con los objetivos del trabajo, desde el muestreo hasta el análisis. En los protocolos de muestreo se deben especificar los niveles de exactitud previstos. También es importante mantener un diálogo periódico entre los compiladores y los equipos de muestreo y de análisis durante toda la realización del trabajo.

Aunque la idoneidad del método puede ser un factor primordial a la hora de elegirlo, también es necesario tener en cuenta sus propiedades analíticas.

## Criterios para la elección de los métodos

Es conveniente tener presentes varios puntos indicados por Egan (1974):

1. Se ha de dar preferencia a los métodos cuya fiabilidad (véase *infra*) se ha establecido mediante estudios en colaboración con la intervención de varios laboratorios.
2. Se ha de dar preferencia a los métodos recomendados o adoptados por organizaciones internacionales.
3. Se ha de dar preferencia a los métodos de análisis que sean aplicables a una amplia variedad de tipos y matrices de alimentos más que a los que sólo se pueden utilizar para alimentos específicos.

El método analítico seleccionado también tiene que tener unas características de rendimiento adecuadas. Büttner *et al.* (1975) las resumen como criterios de fiabilidad (especificidad, exactitud, precisión y sensibilidad) y criterios de factibilidad (rapidez, costos, necesidades de conocimientos técnicos, seguridad de funcionamiento y seguridad en el laboratorio).

Así pues, la «fiabilidad» representa una suma de las medidas más tradicionales de los resultados de los métodos. Muchos analistas también tendrían en cuenta otra propiedad como integrada en esta suma: la «solidez» o «consistencia». Más adelante se describe esta propiedad.

## Propiedades de los métodos

(adaptado de Horwitz *et al.* [1978], con su autorización)

### Fiabilidad

Es un término cualitativo que expresa el grado de satisfacción con los resultados de un método en relación con su aplicabilidad, especificidad, exactitud, precisión, detectabilidad y sensibilidad tal como se definen más abajo, y se trata de un concepto mixto (Egan, 1977). Representa una suma de las propiedades mensurables del rendimiento. El analito y los objetivos de

la realización de los análisis determinan la importancia relativa de las distintas propiedades. Es evidente que el análisis de un componente importante de los alimentos, como una proteína, una grasa o un carbohidrato, no exige un límite tan bajo de detección como el necesario para la medición de un contaminante carcinogénico. En cambio, no se puede esperar que la medición de un componente con una concentración baja en los alimentos (por ejemplo, la mayor parte de los oligoelementos, el selenio, el cromo o vitaminas como la vitamina D, la vitamina B<sub>12</sub> y los folatos) permita alcanzar el mismo grado de exactitud o precisión que se encuentra con los componentes principales.

Horwitz, Kamps y Boyer (1980) comprobaron, en un examen de los resultados de un número elevado de estudios en colaboración realizados bajo los auspicios de la AOAC, que había una fuerte relación empírica entre la concentración de un analito y la precisión observada que obtenían analistas con experiencia. La relación que encontraron fue la siguiente:

$$CV = 2(1 - 0.5 \log C)$$

donde CV es el coeficiente de variación y C la concentración g/g.

Muchos trabajadores utilizan esta relación al evaluar los resultados de los métodos para los nutrientes presentes en concentraciones bajas.

### Aplicabilidad

Éste también es un término cualitativo. Un método es aplicable en el ámbito en el que se va a utilizar, por ejemplo, el análisis de una matriz de un alimento específico. La aplicabilidad se refiere a la ausencia de interferencias de otros componentes en el alimento o de propiedades físicas de la matriz del alimento que harían que quedara incompleta la extracción del analito. La aplicabilidad también depende de la escala en la que se puede utilizar el método. Los métodos que son aplicables a concentraciones elevadas pueden no serlo cuando las concentraciones son bajas. Igualmente, un método puede ser aplicable a una matriz (por ejemplo, la carne), pero no ser apropiado para otra (por ejemplo, un cereal).

Todos los métodos poco conocidos o los descritos para un alimento específico se deben verificar cuidadosamente al aplicarlos a una matriz diferente de aquéllas para las que se ha utilizado anteriormente.

### Especificidad

Especificidad es la capacidad de un método para responder de manera exclusiva a la finalidad básica para la que se utiliza. Muchos métodos son «semiespecíficos», basados en la ausencia de sustancias que interfieren en el alimento que se está examinando. En ocasiones, un método con una especificidad escasa es aceptable cuando la finalidad del análisis es medir todas las sustancias análogas dentro de un grupo (por ejemplo, las grasas totales, las cenizas).

### Exactitud

La exactitud se define como la proximidad entre el valor obtenido por el método y el «valor verdadero» para la concentración del componente. Con frecuencia se expresa como

porcentaje. La inexactitud es, en consecuencia, la diferencia entre el valor medido y el «valor verdadero».

El concepto de «valor verdadero» es hipotético, naturalmente, porque no se conoce dicho valor para un nutriente en un alimento. Por lo tanto, todos los valores analíticos son estimaciones de ese valor.

Büttner *et al.* (1975) opinan que existe un valor verdadero para todos los componentes de una muestra de un alimento. Esto es fundamental para la labor de los analistas; no es cierto que el valor para una muestra analítica definida de un alimento sea el «valor verdadero» para todas las muestras de ese alimento. El error de muestreo y los errores analíticos en cualquier método específico determinan los límites de confianza para todos los valores determinados.

La exactitud de un método se suele establecer tomando como referencia cantidades normalizadas del analito, y se hace preferiblemente mediante el análisis de materiales de referencia normalizados (MRN) o materiales de referencia certificados (MRC) realizado, a menudo utilizando varios métodos compatibles, por un grupo de analistas especializados, a fin de proporcionar valores certificados junto con los límites de confianza de ese valor.

### **Precisión**

La precisión es la medida de la aproximación entre los análisis repetidos de un nutriente en una muestra de alimento. Se trata de una medición cuantitativa de la «dispersión» o la variabilidad analítica. En sentido estricto, es la imprecisión lo que se mide al realizar análisis repetidos sobre la misma muestra (que debe ser homogénea y estable). Las mediciones pueden estar a cargo de un solo analista en un único laboratorio, recibiendo la evaluación el nombre de «repetibilidad» (es decir, precisión dentro del laboratorio), o de varios analistas en laboratorios diferentes, denominándose en este caso «reproducibilidad» (es decir, precisión entre varios laboratorios). También se pueden establecer comparaciones entre distintos analistas de un solo laboratorio (denominadas «concordancia») o para un solo analista en distintas ocasiones.

En cada caso se calcula la desviación estándar (DE) de los valores analíticos (lo cual significa que tiene que haber un número suficiente de repeticiones). La DE se suele dividir por el valor medio para obtener una desviación estándar relativa (DER), o multiplicar por 100 para obtener el coeficiente de variación (CV). En la bibliografía analítica, la DER se utiliza para la reproducibilidad y la «der» para la repetibilidad.

Es importante reconocer la distinción entre exactitud (véase la definición supra) y precisión. Se puede tener una precisión muy elevada (una DER baja) y una exactitud escasa y, a la inversa, tener una exactitud alta y una precisión escasa, en la que los límites de confianza del valor obtenido serán amplios. Lo ideal es combinar una precisión elevada (DER baja) con una exactitud elevada (determinada en función de valor obtenido con un MRN).

### **Detectabilidad**

La detectabilidad se define como la concentración mínima de analito que se puede detectar. Esto raramente plantea problemas en los estudios nutricionales, ya que las concentraciones muy bajas de nutrientes, incluso de algunos oligoelementos o trazas de vitaminas, no suelen

tener importancia desde el punto de vista nutricional. En muchas tablas impresas de composición de alimentos dichas concentraciones se suelen indicar como «trazas» o «cantidades insignificantes» o con el prefijo «oligo». Sin embargo, es útil saber si un nutriente está presente o no y en qué nivel se puede registrar con confianza como cero en una base de datos. El límite de detectabilidad de un método es la concentración en la que la medición es significativamente diferente del blanco. Dado que los valores del blanco también muestran cierta variabilidad, el límite se puede definir como superior a  $+2DE$  (de las mediciones del blanco) por encima del nivel del blanco. El límite de detección está por debajo de la concentración a la que pueden obtenerse valores medidos, es decir, queda fuera de la escala utilizable del método.

### Sensibilidad

La sensibilidad es en términos analíticos la pendiente de la curva o línea de la relación respuesta-concentración (Figura 6.1). Si la pendiente es muy pronunciada, el método tiene una sensibilidad alta; en cambio, si la pendiente es suave el método tiene escasa sensibilidad. Cuando interesa una gama pequeña de concentraciones, a menudo es conveniente una sensibilidad alta; para una gama amplia de concentraciones puede ser preferible una sensibilidad escasa. En la mayor parte de los estudios sobre la composición nutricional, el análisis de los oligoelementos exige una sensibilidad alta. En la práctica esto se puede conseguir con frecuencia aumentando la potencia de la señal de respuesta mediante amplificación electrónica o por medio de la concentración química del elemento.

Para el análisis de los contaminantes se suele necesitar una sensibilidad alta. Aunque los contaminantes por lo general no están incluidos en las bases de datos de composición de alimentos, pueden adquirir mayor importancia en el futuro, especialmente los que tienen propiedades antinutricionales o toxicológicas.

### Solidez (consistencia)

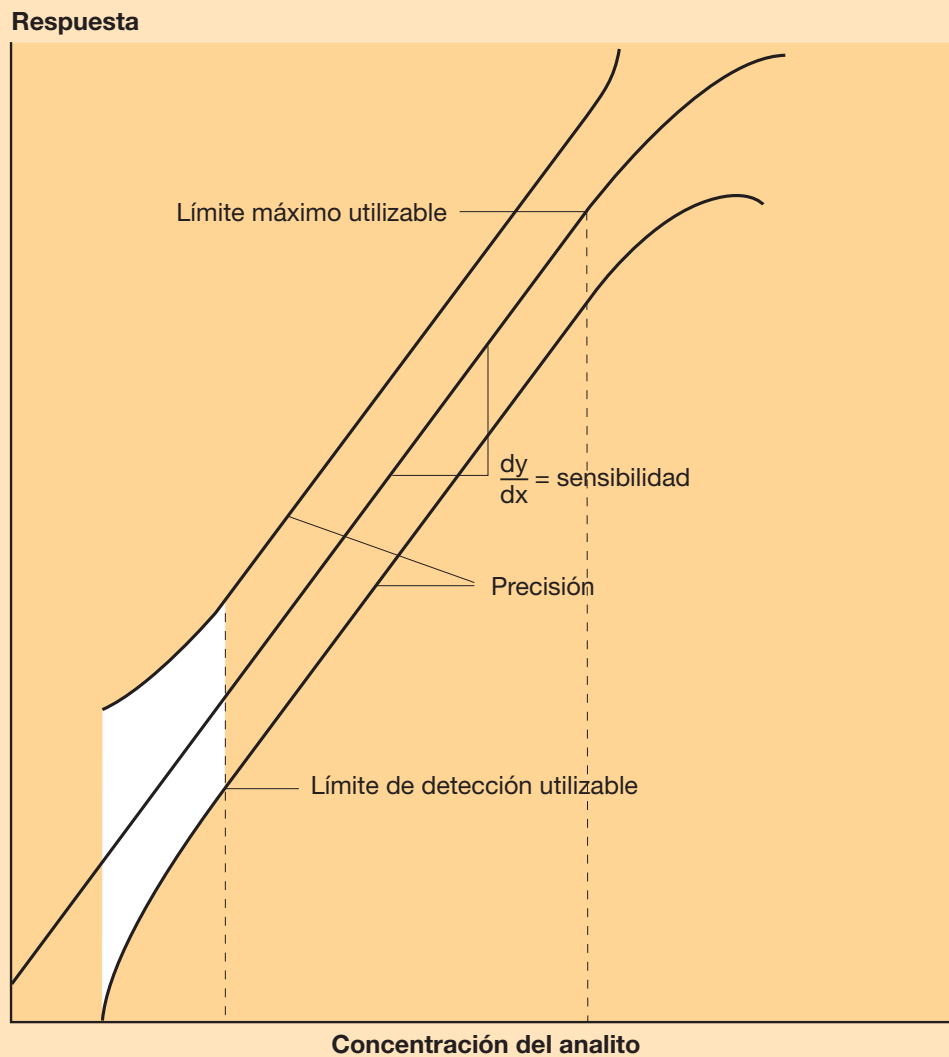
Se trata de una propiedad cualitativa y se refiere a la capacidad de un método para funcionar de manera adecuada frente a las fluctuaciones del protocolo de análisis. Dichas fluctuaciones pueden ser la cronología de las etapas, los cambios de temperatura o las concentraciones exactas de los reactivos. También comprenden variaciones en los conocimientos prácticos, la capacitación y la experiencia de los analistas que aplican el método. A ser posible, durante la elaboración inicial de un método sus autores deberían examinar y documentar su capacidad para hacer frente a estos tipos de fluctuaciones y funcionar en condiciones diversas. Hay métodos disponibles para el examen de tales variaciones (Youden y Steiner, 1975).

Los autores de métodos de análisis deben señalar las etapas en las que se requieren una atención y un control estrictos y documentarlas en la descripción publicada del método.

### Resumen de las propiedades

En la Figura 6.1 se presenta un resumen esquemático de las propiedades. En dicha figura, la respuesta (altura, superficie, peso, volumen, tiempo, densidad óptica u otro tipo de medición) se muestra como una función primariamente lineal hasta un determinado nivel que

**Figura 6.1** Respuesta como función de la concentración, ilustrando las propiedades de los métodos



*Fuente:* Modificado y reproducido, con su autorización, de Stanley L. Inhorn, ed., *Quality assurance practices for health laboratories*. Copyright 1978 de la Asociación Americana de Salud Pública.

define la escala utilizable del método. Cuando la respuesta está inducida solamente por un analito único, el método es específico; esta especificidad puede ser inherente al método o bien conseguirse mediante la separación química de las sustancias que interfieren. Por consiguiente, es una propiedad de la química del analito y de las posibles sustancias que interfieren. La sensibilidad del método se indica por la pendiente de la línea de respuesta. La curva envolvente de confianza indica la precisión del método, y la diferencia entre la línea de respuesta y la verdadera línea hipotética representa la medida de la exactitud. La curva envolvente de confianza se puede calcular en cualquier nivel, pero se suelen utilizar el 95 y el 99 por ciento.



En el primer caso cabe esperar que sólo queden fuera de la curva envolvente una de cada 20 mediciones y en el segundo sólo una de cada 100. La superficie blanca representa la región de incertidumbre en la que la desviación estándar relativa es tan grande que no se puede asignar ninguna certidumbre a un valor.

## Validación de los métodos analíticos

Incluso los métodos bien establecidos requieren una evaluación de los propios analistas, utilizando su personal, reactivos y equipo (Wills, Balmer y Greenfield, 1980). La evaluación de las propiedades del método se debe organizar en las condiciones predominantes en el laboratorio y se han de cuantificar las características de rendimiento que son pertinentes a la finalidad de los análisis.

## Examen del método en conjunto

En la primera etapa de la evaluación, los analistas se deben familiarizar con el método descrito en el protocolo oficial para el método pertinente. Se comienza con una «labor teórica» que permita garantizar la comprensión del principio del método y que los analistas tengan claras las diversas etapas. Hay que verificar la lista de los reactivos necesarios con arreglo a los procedimientos. En ocasiones se omitirá un reactivo normal de la lista debido a que los autores suponen que todos los laboratorios lo tienen a mano. Puede ser necesaria la normalización de algunos reactivos antes de poner en marcha el método. Al mismo tiempo, los analistas deben comprobar el equipo necesario y todas las especificaciones enumeradas para él.

Por último, los analistas deben recorrer cada etapa, familiarizándose plenamente con su objetivo. Al llegar a este punto se aconseja la realización de una evaluación de los aspectos críticos de cada etapa, tal como se recomienda en el sistema de «ANALOP» (Southgate, 1995); esta labor permitirá determinar la posibilidad de error o incertidumbre que podría presentarse si no se cumplen con precisión las condiciones descritas.

La cronología puede ser decisiva o no serlo. Por ejemplo, «dejar durante la noche» puede significar un período de tiempo específico, que puede ser de las 18.00 a las 09.00 horas del día siguiente (es decir, 15 horas), o simplemente que cuando se llega a este punto del método se puede dejar hasta el día siguiente, durante un período de tiempo indeterminado. La cronología puede representar un período de tiempo mínimo; «calentar durante 10 minutos en un baño de agua hirviendo», por ejemplo, puede significar «10 minutos exactamente» o bien «mientras el analista toma un café». El conocimiento de las etapas programadas que son fundamentales es especialmente importante cuando se aplica un método por primera vez y hasta que se convierte en «normal».

Asimismo, también son decisivas las concentraciones de ciertos reactivos, especialmente cuando se debe utilizar uno en exceso para que una reacción se complete del todo.

Si se utiliza la descripción publicada de un método de la misma manera que se seguiría una receta de cocina se puede llegar al borde del desastre. El analista debe comprender la lógica del método. Es conveniente aplicarlo a manera de ensayo y descartar los resultados para hacer una comprobación de las etapas, especialmente con respecto a la cronología. El personal con poca experiencia puede necesitar tiempo para ajustarse a un procedimiento cuya descripción publicada parezca indicar que hay muchas operaciones críticas (por ejemplo, como ocurre en el método de los polisacáridos no amiláceos [Englyst, Quigley y Hudson, 1994], en el que las etapas de la mezcla son decisivas). Una vez concluida esta evaluación, el analista estará en mejores condiciones para evaluar las diversas propiedades de rendimiento.

### **Aplicabilidad**

La aplicación de un método con el que no se está familiarizado a una matriz de un alimento distinta de aquella para la que se preparó o en la que se ha utilizado previamente requiere un examen cuidadoso. Es necesario decidir, a menudo de manera intuitiva, cuál será el comportamiento de la matriz en una fase de extracción y si hay alguna probabilidad de que haya presentes sustancias que interfieren. Por consiguiente, se deben tener presentes la química del analito y la gama prevista del nutriente en el «nuevo» alimento.

Sin embargo, esos aspectos no siempre se pueden deducir de manera intuitiva, por lo que se ha de probar el método en el material alimenticio. La utilización de distintas porciones analíticas aportará pruebas de la interferencia o indicará posibles problemas con la extracción o debidos a concentraciones inadecuadas de los reactivos.

La recuperación de cantidades normalizadas del analito añadido a la muestra puede permitir establecer si la extracción es completa. Las pruebas de recuperación no son totalmente adecuadas debido a que el analito añadido puede ser más fácil de extraer que el nutriente intrínseco. La recuperación escasa indica que hay problemas; una buena recuperación se puede considerar que es alentadora, pero no concluyente.

Las comparaciones con los valores notificados en la bibliografía para la matriz pueden ser útiles, al igual que los estudios en colaboración con otro laboratorio.

### **Especificidad**

La evaluación de esta propiedad exige el conocimiento de la química del analito y la matriz del alimento. Se puede necesitar un valor para un grupo de sustancias, como las grasas (solubles en disolventes de lípidos) o los azúcares totales, en cuyo caso puede ser suficiente un método semiespecífico. Sin embargo, para los valores de los triacilglicérols o los distintos azúcares por separado se requiere un método mucho más específico. Ciertos valores de las vitaminas deben incluir todas las formas activas; por ejemplo, en los valores de la vitamina A (retinol) se deben incluir otros retinoides activos. También en este caso es fundamental la especificidad.

### **Exactitud**

Ésta es una propiedad difícil de medir, porque se desconoce su valor verdadero. La primera etapa consiste en analizar cantidades normalizadas del analito puro. Los estudios de recupe-

ración del analito añadido a los alimentos son útiles, especialmente si se utiliza una serie de cantidades diferentes y luego se establece una comparación de la sensibilidad del método para el analito puro y el añadido. Como se ha indicado más arriba, los estudios de recuperación no proporcionan una prueba inequívoca de la exactitud de un método, debido a que se parte de la hipótesis de que el nutriente añadido se puede extraer con la misma eficacia que el nutriente intrínseco (Wolf, 1982).

## Análisis de muestras auténticas

El análisis de muestras auténticas ya analizadas por otro laboratorio constituye una guía útil para los analistas que utilizan un método por primera vez. Este procedimiento es lo que podría considerarse como un tipo sencillo de estudio en colaboración.

## Análisis de materiales de referencia normalizados

Los materiales de referencia normalizados (MRN) son materiales únicos con una serie de matrices alimentarias (limitadas en la actualidad, pero en aumento) producidos por una organización nacional o regional como el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST, 2003a) en los Estados Unidos o la Oficina Comunitaria de Referencia (BCR) para la Unión Europea (BCR, 1990; Wagstaffe, 1985, 1990). Las muestras se homogeneizan con sumo cuidado y se comprueba rigurosamente su homogeneidad y estabilidad en distintas condiciones de almacenamiento durante diferentes períodos de tiempo (Wolf, 1993). Luego se analizan utilizando métodos analíticos bien definidos. Siempre que es posible se utilizan varios métodos compatibles distintos basados en principios diferentes. A continuación se certifican los valores obtenidos, con límites de confianza definidos para ellos. La gama de nutrientes para los que se dispone de MRN y MRC es limitada (pero está aumentando). La cobertura es buena para muchos componentes, incluidos algunos oligoelementos, algunas grasas, los ácidos grasos, el nitrógeno total y el colesterol.

La obtención de MRN (o MRC) es costosa, por lo que resulta demasiado cara su utilización habitual (por ejemplo, con cada lote de análisis, que sería lo ideal). Por consiguiente, cada laboratorio (o grupo de laboratorios locales) debería estudiar la posibilidad de preparar materiales de referencia propios mediante sistemas análogos a los empleados para producir MRN (Southgate, 1995).

El material homogeneizado se almacena en un número elevado de recipientes individuales y se utiliza normalmente en la aplicación del método, en ocasiones junto con el MRN. El registro de los valores obtenidos a lo largo del tiempo en un gráfico de control facilitará la identificación de cualquier tendencia hacia valores altos o bajos. El gráfico de control normalmente tiene una línea central que indica los límites de control para una medida estadística (por ejemplo, la DE) en una serie de análisis (American Society for Quality Control, 1973).

Los resultados del laboratorio se representan en el eje vertical en función del tiempo (días, horas, etc.), que figura en el eje horizontal. La escala horizontal debe contener como mínimo tres meses de datos y el gráfico se ha de examinar periódicamente para ver si hay desviaciones por encima o por debajo de la línea central o alguna prueba de falta de aleatoriedad (Mandel y Nanni, 1978; Taylor, 1987). En teoría, los valores deben estar distribuidos aleatoriamente alrededor de la línea central. Cuando se encuentran de manera predominante por encima (o por debajo) de la línea, constituyen un posible indicador de un sesgo sistemático del método, que se debe investigar.

Los materiales preferibles para utilizarlos como referencia interna son los polvos no desagregables, como la leche desnatada en polvo, la gelatina, las harinas, las mezclas en polvo para administración parenteral de alimentos (Ekstrom *et al.*, 1984), y las matrices alimentarias habituales en el suministro local de productos alimenticios, por ejemplo, la harina de soja y la harina de pescado para la ASEANFOODS (Puwastien, 2000). En Torelm *et al.* (1990) se describe la producción de un material de referencia fresco a base de carne en conserva.

Una alternativa consiste en realizar de manera habitual análisis con muestras estándar utilizando un gráfico de control para advertir al personal del laboratorio de los problemas que requieren medidas correctoras.

## Precisión

La descripción original publicada de un método suele dar algún indicio del nivel de precisión conseguido en los estudios en colaboración, permitiendo así disponer de un «patrón de resultados». Cada laboratorio debe evaluar sus propios niveles de precisión una vez que su personal esté familiarizado con el método.

El primer paso consiste en que cada analista evalúe su repetibilidad, analizando varias réplicas (preferiblemente 10 como mínimo) del mismo material y calculando la desviación estándar relativa. En segundo lugar, todos los analistas del laboratorio deben analizar varias réplicas (preferiblemente 10) del mismo material para determinar la concordancia dentro del laboratorio. Al poner en marcha un método por primera vez, es conveniente ensayar la repetibilidad y la concordancia utilizando patrones. El uso de concentraciones a ciegas de patrones preparados por colegas permite aumentar la confianza al utilizar un método con el que no se está familiarizado.

Por último, la participación en un ensayo en colaboración para evaluar la reproducibilidad del método y determinar la repetibilidad en el laboratorio con otros analistas es un sistema valioso que puede resultar útil como parte de la adquisición de conocimientos analíticos prácticos.

Existen planes oficiales para el análisis en colaboración de algunos nutrientes; el NIST (2003a) proporciona periódicamente muestras para análisis en los Estados Unidos y la Acreditación Nacional de Medición y Muestreo (NAMAS) lo hace en el Reino Unido (UKAS, 2003). Además, en la Universidad de Wageningen (Países Bajos) tiene su sede el Intercambio

internacional de análisis de plantas (IPE, 2003), que sirve de base para el mejoramiento de la competencia analítica, especialmente en relación con los oligoelementos.

Pueden encontrarse dificultades con respecto a la entrada de productos alimenticios en determinados países y la mayor parte de los planes resultan bastante costosos, lo cual puede ser un factor prohibitivo cuando los recursos son limitados. En tales casos se debe estudiar la posibilidad de organizar estudios locales en colaboración.

## Estudios en colaboración

Hay tres tipos principales de estudios en colaboración. El primero, conocido a veces como «turno rotatorio» o «ensayo comparativo entre laboratorios», proporciona evaluaciones comparativas de los resultados de los laboratorios. Se distribuyen desde un punto central muestras homogéneas de alimentos, a menudo sin revelar su identidad, junto con orientaciones sobre la preparación de patrones y el cálculo de los resultados. Éstos se recogen luego en el punto central y se realiza un análisis estadístico. Los resultados suelen suministrarse a los laboratorios participantes en forma de gráficos que muestran los obtenidos por cada laboratorio en comparación con los análisis del conjunto. Cada laboratorio recibe un número de código y puede evaluar sus propios resultados. También se indican los valores extremos cuando los obtenidos son significativamente diferentes de la media, así como la reproducibilidad encontrada. Este tipo de estudio en colaboración es beneficioso sobre todo para los laboratorios que participan en análisis de la composición y desean comprobar y mejorar sus resultados.

Un segundo tipo es el utilizado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (Thompson y Wood, 1993; AOAC International, 2003) para establecer los resultados de un método. En este caso, los analistas colaboradores analizan una serie de muestras de alimentos suministradas desde un punto central, utilizando un protocolo de análisis común. También se proporcionan desde el punto central los patrones y algunos reactivos, cuando las especificaciones son fundamentales (por ejemplo, las enzimas), al igual que las maneras de calcular, expresar y registrar los resultados. En los estudios de este tipo intervienen ocho analistas y laboratorios como mínimo, pero preferiblemente más. Los resultados se recopilan y se realiza un análisis estadístico, que está normalmente a cargo de un árbitro colaborador. Las características de los resultados se utilizan en la evaluación del método antes de aceptarlo en el manual de métodos oficiales.

El tercer tipo de estudio lo utiliza la BCR en la Unión Europea, principalmente para la obtención de materiales certificados normalizados. En este caso, un grupo de laboratorios analiza muestras proporcionadas desde un punto central, utilizando inicialmente sus métodos habituales. Se pueden distribuir patrones junto con formularios con la descripción de la manera en que se deben expresar los resultados. Éstos se reúnen en el punto central y se realiza un análisis estadístico. Los resultados se distribuyen y posteriormente se convoca a los analistas a una reunión, cuya finalidad es evaluar los distintos métodos y conocer cuándo se obtuvieron

valores diferentes en laboratorios que utilizaban los mismos métodos. Por último se llega a un acuerdo sobre los protocolos que deben seguirse en una segunda ronda.

En los resultados de la segunda ronda del estudio se identifican con frecuencia los métodos que permiten conseguir una reproducibilidad satisfactoria y los que dan resultados semejantes, aunque puede ser necesaria una tercera ronda. Estos métodos se utilizan luego en un estudio de certificación cuidadosamente controlado de los productos alimenticios destinados a ser posibles materiales de referencia. Lo ideal es tener varios métodos, basados en principios diferentes, que sean compatibles. En algunos casos únicamente se puede dar la certificación para valores obtenidos por un solo método.

Es importante que los analistas que intervienen en estudios en colaboración de este tipo consideren como objetivos primordiales la elevación del nivel de los resultados de los análisis y el fomento de la mejora de los conocimientos prácticos analíticos y no los consideran un simple instrumento administrativo para comprobar el rendimiento de los analistas.

## Verificación de los cálculos y los análisis

Cuando aparecen resultados anómalos en los estudios en colaboración o en los análisis ordinarios, por ejemplo, sobre los gráficos de control, el primer paso que ha de darse es analizar la lógica y la aplicación de los cálculos, ya que éstas son las causas más frecuentes de resultados anómalos. En la mayoría de los estudios en colaboración se definen los cálculos de

**Cuadro 6.2** Prácticas operacionales que pueden inducir a errores sistemáticos

| <i>Operación</i>               | <i>Prácticas comunes</i>  | <i>Remedio</i>   |
|--------------------------------|---|--|
| Tamaño de la porción analítica | Porciones analíticas idénticas o muy semejantes                       | Trabajar con réplicas de distintos tamaños   |
| Reactivos utilizados           | Siempre del mismo lote  | Variar las fuentes de los reactivos  |
| Soluciones estándar            | Preparadas a partir del mismo material o la misma serie de diluciones | Preparar periódicamente patrones frescos   |
| Replicación de los análisis    | Muestras analizadas en el mismo lote o al mismo tiempo                | Analizar réplicas de distintos lotes o en días diferentes<br>Participar en estudios en colaboración                |
| Analista                       | Un solo analista  | Realizar análisis con distintos analistas periódicamente<br>Colaborar con otros analistas<br>Intercambiar muestras |
| Elección del procedimiento     | Un solo procedimiento   | A ser posible, utilizar métodos basados en principios diferentes<br>Colaborar con otros laboratorios               |

*Fuente:* Adaptado de Southgate, 1987.

manera explícita para evitar tales problemas, pero éstos se siguen produciendo. Por ello, los procedimientos de cálculo deben establecerse de forma lógica dentro de los protocolos de análisis.

La segunda etapa consiste en repetir los análisis con una serie de patrones recién preparados. Con frecuencia los errores se deben a diluciones o pesos inapropiados.

En la tercera etapa, repite los análisis otro analista con más experiencia. La repetición de los análisis utilizando una porción de una etapa anterior no constituye una verificación rigurosa; lo ideal es utilizar porciones analíticas frescas. Tampoco proporciona una verificación adecuada la simple repetición, porque se puede reproducir cualquier sesgo relacionado con el patrón o la matriz del alimento.

Si los resultados siguen siendo anómalos, el analista debe analizar la muestra a ciegas utilizando sólo su número de código, y si es posible debe pedir a un colega que introduzca una réplica «a ciegas». Southgate (1987) señaló una serie de prácticas de laboratorio que podían inducir a los analistas a creer erróneamente que habían conseguido una buena repetibilidad e indicó la manera de cambiar esas prácticas (Cuadro 6.2).

Todas estas operaciones forman parte de un plan de garantía de calidad de los datos y su documentación es vital para los compiladores de bases de datos cuando tienen que evaluar la calidad de los datos analíticos, que se examina en el Capítulo 8.

## Capítulo 7

### Examen de los métodos de análisis

**E**n el presente examen de los métodos de análisis se exponen evaluaciones de sus aplicaciones y limitaciones, así como de los recursos necesarios. El objetivo del examen es orientar sobre la selección de métodos compatibles para los nutrientes y algunos otros componentes. Debido a la evolución continua de la química analítica, es casi imposible garantizar que el examen sea exhaustivo y que se tengan en cuenta en él todas las novedades recientes. El examen no proporciona protocolos analíticos detallados; para ellos, el lector tiene que consultar los textos especializados pertinentes.

En este examen se resumen en forma de cuadros los métodos disponibles para cada nutriente (o grupo de nutrientes). Las estimaciones de los costos de capital se dan con arreglo a tres categorías: bajos, cuando el método requiere equipo básico que se encuentra normalmente en el laboratorio; medios, cuando se requieren instrumentos especializados, pero cuyo costo suele ser inferior a 5 000 dólares de EE.UU.; altos, para indicar la necesidad de equipo especializado que suele costar más de 10 000 dólares de EE.UU.

#### Sistema proximal de análisis

El sistema proximal para el análisis ordinario de los piensos se diseñó a mediados del siglo XIX en la estación experimental de Weende, en Alemania (Henneberg y Stohmann, 1860, 1864). Se creó para obtener una clasificación muy amplia y con un nivel máximo de los componentes de alimentos. El sistema consiste en la determinación analítica del agua (humedad), las cenizas, las grasas brutas (extracción con éter), las proteínas brutas y la fibra bruta. El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa más o menos los azúcares y almidones, se calcula por la diferencia en lugar de medirlo mediante análisis.

Aunque algunos de los métodos utilizados tradicionalmente en el sistema proximal de análisis no se recomiendan para la preparación de bases de datos de composición de alimentos (por ejemplo, la fibra bruta), es conveniente examinar los conceptos aplicados, puesto que son los que han predominado en las opiniones sobre la composición de alimentos y su análisis. Este sistema se creó en un momento en el que sólo se conocía en parte la química de la mayoría



## Cuadro 7.1 Métodos de análisis del agua

| Procedimiento                      | Aplicabilidad   | Limitaciones   | Costos de capital | Algunas referencias   |
|------------------------------------|---|--|-------------------|---|
| <b>Eliminación física del agua</b> |   |  |                   |   |
| Horno de aire a 100 °C -105 °C     | La mayoría de los alimentos, excepto los ricos en azúcares y grasas | Caramelización de los azúcares, degradación de las grasas insaturadas, pérdida de otras sustancias volátiles | Bajos             | AOAC International, 2002; Anklam, Burke e Isengard, 2001; Nielsen, 1998 |
| Horno de vacío a 60 °C             | La mayoría de los alimentos   | Pérdida de sustancias volátiles  | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| Liofilización                      | La mayoría de los alimentos   | Lento, agua residual en las muestras   | Medios            | Como <i>supra</i>   |
| Horno de microondas                | Humedad media o elevada   | Carbonización  | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| Destilación de Dean y Stark        | Alimentos con alto contenido de sustancias volátiles                | Inocuidad de los disolventes utilizados  | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| <b>Reactividad química</b>         |   |  |                   |   |
| Karl Fischer                       | Alimentos higroscópicos con escasa humedad                          |  | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| <b>Métodos físicos</b>             |   |  |                   |   |
| RMN                                | La mayoría de los alimentos   | Necesidad de calibración con un alimento específico  | Altos             | Bradley, 1998; Hester y Quine, 1976                                     |
| NIR                                | Establecida para los cereales y algunos otros alimentos             | Necesidad de una calibración amplia con un alimento específico. Dependencia del tamaño de las partículas     | Altos             | Williams, 1975  |
| <b>Cromatografía</b>               |   |  |                   |   |
| GLC                                | Carne y productos cárnicos  |  | Altos             | Reineccius y Addis, 1973  |
| GSC                                | Algunos productos cárnicos  |  | Altos             | Khayat, 1974  |

**Notas:**

En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.

RMN = resonancia magnética nuclear; NIR = reflectancia en el infrarrojo cercano; GLC = cromatografía gas-líquido; GSC = cromatografía gas-sólido. Los costos de capital bajos, medios y altos se describen en el texto.

de los componentes de los alimentos. El desarrollo de las ciencias de la nutrición ha demostrado que para los estudios nutricionales se necesita un enfoque más detallado y con una orientación más bioquímica con respecto al análisis de los alimentos. No obstante, el análisis proximal, incluidos los métodos originales, sigue constituyendo la base del análisis de los piensos y de los alimentos con fines legislativos en muchos países.

Muchas personas consideran que el término «proximal» y el concepto al que denomina son útiles para representar los componentes principales que forman los alimentos; los métodos analíticos reales se independizan posteriormente. Otros opinan que la definición de «proximal» se basa en los métodos originales prescritos por Henneberg y Stohmann y que la sustitución de dichos métodos, por ejemplo, la fibra dietética en lugar de la fibra bruta, invalida la utilización del término.

## Agua

Los valores del agua siguen siendo un componente esencial de las bases de datos de composición de alimentos, porque el contenido de agua es uno de los elementos más variables, especialmente en los alimentos vegetales. Esta variabilidad afecta a la composición del alimento considerado en conjunto. En el Cuadro 7.1 se resume la gama de métodos de análisis del agua.

Los métodos se basan en la medición directa o indirecta del agua eliminada del alimento, los cambios en las propiedades físicas que varían sistemáticamente con el contenido de agua o la medición de la reactividad química del agua (Egan, Kirk y Sawyer, 1987; AOAC International, 2002; Sullivan y Carpenter, 1993; Southgate, 1999; Bradley, 1998).

Para la mayor parte de los productos alimenticios que figuran en las bases de datos de composición de alimentos son suficientes los métodos de secado; aunque pueden observarse ligeras diferencias metodológicas, rara vez son significativas. En los métodos oficiales de la AOAC se recomienda una temperatura de secado más baja (70 °C) para los alimentos vegetales, a fin de reducir al mínimo la destrucción de carbohidratos. En estos casos, suele ser preferible utilizar el secado al vacío o la liofilización.

En el secado al vacío se consigue la máxima eficacia si se pasa una ligera corriente de aire seco a través del horno. Este sistema tiene la ventaja de que se pueden dejar las porciones analíticas desatendidas durante largos períodos de tiempo. Es preferible el secado al vacío a 60 °C-70 °C al secado en un horno de aire, en particular para los alimentos ricos en azúcares. Sin embargo, en la mayoría de los alimentos el secado en un horno de aire es satisfactorio a efectos de la base de datos de composición de alimentos.

La liofilización requiere una inversión mayor de capital, pero tiene la ventaja de que seca los alimentos en condiciones suaves. El material liofilizado es ligero, fácil de transportar y también muy fácil de triturar. Sin embargo, el proceso suele dejar en él alguna humedad residual que hay que eliminar para obtener valores comparables con los de otros métodos de secado.

Cuadro 7.2 Métodos de análisis del nitrógeno y las proteínas

| Procedimiento                                     | Aplicabilidad   | Limitaciones   | Costos de capital | Algunas referencias   |
|---|---|--|-------------------|---|
| <b>Nitrógeno total</b>                            |   |  |                   |   |
| Kjeldahl  | Manual, todos los alimentos   | Ligera interferencia del nitrógeno inorgánico  | Bajos             | AOAC International, 2002; Sullivan y Carpenter, 1993        |
|   | Automatizado, con varios niveles de complejidad   | Ligera interferencia del nitrógeno inorgánico  | Medios            |   |
| Dumas   | Automatizado, todos los alimentos   | Incluye el nitrógeno inorgánico. Tamaño de la porción analítica                                | Altos             | AOAC International, 2002                                    |
| Métodos radioquímicos                             | La mayoría de los alimentos   | Necesidad de instrumentos  | Muy altos         | Pomerantz y Moore, 1975                                     |
| <b>Proteínas</b>                                  |   |  |                   |   |
| N total x factor                                  | Todos los alimentos   | Variaciones del NNP  | Bajos             | FAO/OMS, 1973   |
| N proteico x factor                               | Preferible para las hortalizas, algunos pescados, alimentos con levadura, alimentos con insectos, leche materna | Elección del procedimiento para la medición del NNP. Es mejor utilizar el N de los aminoácidos | Bajos             | Koivistoinen et al., 1996; Bell, 1963                       |
| <b>Métodos aplicables a alimentos específicos</b> |   |  |                   |   |
| Titulación con formol                             | Productos lácteos   | Especificidad  | Bajos             | Taylor, 1957; AOAC International, 2002; Chang, 1998         |
| Biuret  | Como <i>supra</i>   | Especificidad  | Bajos             | Noll, Simmonds y Bushuk, 1974; como para el formol          |
| Reactivo de Folin                                 | Como <i>supra</i>   | Especificidad  | Bajos             | Lowry et al., 1951; Huang et al., 1976; como para el formol |
| Destilación alcalina                              | Cereales  | Especificidad  | Bajos             | Chang, 1998   |
| Fijación de colorantes                            | Alimentos específicos, algunos cereales, algunas legumbres  | Especificidad  | Bajos             | Como para el formol   |
| NIR   | Establecido para algunos alimentos  | Número de muestras de calibración  | Altos             | Hunt, W.H. et al., 1977                                     |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados. NNP = nitrógeno no proteico; NIR = reflectancia en el infrarrojo cercano

El secado en horno de microondas es muy rápido, pero requiere una vigilancia constante para evitar la carbonización. El secado con lámparas de infrarrojos se ha automatizado de manera muy satisfactoria (Bradley, 1998). Sin embargo, ambos métodos son más idóneos para el control de calidad ordinario.

Ninguno de los métodos mencionados hasta ahora es apropiado para los alimentos con un contenido elevado de componentes volátiles, debido a que éstos se arrastran con el agua. El método de Dean y Stark se puede utilizar para dichos alimentos cuando se requiere un valor del contenido de humedad. En este método, el agua se destila en forma de mezcla azeotrópica con un disolvente no miscible, como el tolueno, el xileno o el tetracloroetileno. El método está aprobado por la AOAC para las especias y el queso y ha alcanzado buenos niveles de precisión (AOAC International, 2002).

El método de Karl Fischer es especialmente útil para los alimentos con un contenido muy bajo de humedad y para los productos alimenticios higroscópicos que son difíciles de secar utilizando métodos tradicionales. Para las bases de datos de composición de alimentos raramente se requieren los niveles de exactitud que ha alcanzado.

Los métodos físicos para la medición del contenido de agua exigen instrumentos muy especializados y costosos y son apropiados sobre todo cuando hay un número muy elevado de muestras semejantes.

Los métodos de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR), por ejemplo, se han utilizado de manera proficua para el análisis de los cereales. El método requiere la calibración con un gran número de muestras, cuyos valores de humedad se miden por métodos tradicionales a fin de formular las ecuaciones analíticas. Los métodos de resonancia magnética nuclear (RMN), cromatografía gas-líquido (GLC) y cromatografía gas-sólido (GSC) también requieren una calibración detallada y tienen valor sobre todo para la medición de la distribución del agua en los alimentos y la determinación de las formas del agua en las carnes.

## Nitrógeno y componentes nitrogenados

El examen de Lakin (1978) sigue conteniendo una exposición exhaustiva del análisis del nitrógeno y los componentes nitrogenados. Los métodos han sido sometidos también a breve examen por Sullivan (1993), al ocuparse de los métodos oficiales de la AOAC, Chang (1998) y Southgate (1999). En el Cuadro 7.2 se resume la gama de métodos.

### Nitrógeno total

El sistema proximal, en el que se miden las «proteínas» como el nitrógeno total multiplicado por un factor específico, sigue siendo el predominante en los estudios sobre la composición de alimentos. Los valores más citados para las «proteínas» en las bases de datos de composición de alimentos se derivan en realidad de los valores del nitrógeno total o el nitrógeno orgánico total. En la mayoría de los casos, el nitrógeno total se mide utilizando alguna versión del método de Kjeldahl (1883), el cual mide el nitrógeno orgánico total. En este método se

digiere la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado caliente. Para elevar el punto de ebullición del ácido se le añade una «mezcla catalizadora», que normalmente contiene un verdadero agente catalítico (mercurio, cobre o selenio) junto con sulfato de potasio. Todo el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco, que se suele medir mediante titulación o, en ocasiones más raras, mediante colorimetría. En el método original se utilizaba una porción analítica relativamente grande (1 g-2 g), pero esto exige grandes cantidades de ácido. Es mucho más habitual el uso de métodos «microKjeldahl», puesto que producen una cantidad reducida de humos ácidos y también necesitan menos ácido y mezcla catalizadora. Las consideraciones ambientales ejercen una presión considerable para que se garantice la eliminación inocua del mercurio, y especialmente para que se reduzca al mínimo la utilización de ácido.

Los micrométodos pueden automatizarse en varios niveles (Egan, Kirk y Sawyer, 1987; Chang, 1998). La automatización de las fases de destilación y titulación funciona bien, pero en el caso de la digestión ha resultado bastante difícil.

El método de Dumas mide el nitrógeno total como gas nitrógeno después de la combustión completa del alimento. La comparación de los resultados obtenidos con los que se consiguen utilizando el método de Kjeldahl demuestra que están bastante de acuerdo (King-Brink y Sebranek, 1993). El método se ha automatizado con éxito y, aunque los instrumentos son caros, es posible aplicarlo a un número elevado de muestras con notable precisión. En el equipo se utilizan porciones analíticas muy pequeñas y es esencial que la porción analítica esté muy bien dividida.

También se puede utilizar la NIR para medir el nitrógeno en algunos alimentos, aunque se requiere un gran número de muestras de calibración.

## Proteínas

Desde la introducción del sistema proximal de análisis, los valores de las «proteínas brutas» se han calculado multiplicando el nitrógeno total (N) por un determinado factor. Este factor era al principio 6,25, tomando como base la hipótesis de que las proteínas contenían un 16 por ciento de N. Desde hace bastante tiempo se sabe que las proteínas de origen vegetal (y la gelatina) contienen más N, por lo que se requiere un factor más bajo. Jones, Munsey y Walker (1942) midieron el contenido de nitrógeno de una amplia gama de proteínas aisladas y propusieron una serie de factores específicos para distintas categorías de alimentos. Estos factores, que se enumeran en el Cuadro 7.3, se han adoptado de manera generalizada y se utilizaron en el examen de las necesidades de proteínas de la FAO/OMS (1973). Varios autores han criticado el uso de estos factores tradicionales para los distintos alimentos (por ejemplo, Tkachuk, 1969). En Heidelbaugh *et al.* (1975) se evaluaron tres métodos diferentes de cálculo (aplicación del factor de 6,25, aplicación de factores tradicionales y suma de los datos de los aminoácidos) y se encontraron variaciones de hasta un 40 por ciento. Sosulski e Imafidon (1990) obtuvieron un factor medio de 5,68 basándose en el estudio de los datos de los aminoácidos y recomendaron el uso de un factor de 5,70 para alimentos mixtos.

En principio sería más apropiado basar las estimaciones de las proteínas en los datos de los aminoácidos (Southgate, 1974; Greenfield y Southgate, 1992; Salo-Väänänen y

**Cuadro 7.3** Factores para la conversión de los valores de nitrógeno en proteínas (por g de N)\*

| <i>Producto alimenticio</i> | <i>Factor</i> | <i>Producto alimenticio</i> | <i>Factor</i> |
|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| <b>Productos animales</b>   |               | <b>Productos vegetales</b>  |               |
| Carne y pescado             | 6,25          | Trigo                       |               |
| Gelatina                    | 5,55          | entero                      | 5,83          |
| Leche y productos lácteos   | 6,38          | salvado                     | 6,31          |
| Caseína                     | 6,40          | embriones                   | 5,80          |
| Leche humana                | 6,37          | endosperma                  | 5,70          |
| Huevos                      |               | Arroz y harina de arroz     | 5,95          |
| enteros                     | 6,25          | Centeno y harina de centeno | 5,83          |
| albúmina                    | 6,32          | Cebada y harina de cebada   | 5,83          |
| vitelina                    | 6,12          | Avena                       | 5,83          |
|                             |               | Mijo                        | 6,31          |
|                             |               | Maíz                        | 6,25          |
|                             |               | Frijoles                    | 6,25          |
|                             |               | Soja                        | 5,71          |
|                             |               | Nueces                      |               |
|                             |               | almendras                   | 5,18          |
|                             |               | nueces del Brasil           | 5,46          |
|                             |               | maníes                      | 5,46          |
|                             |               | otras                       | 5,30          |

\* (Cuando no se indica ningún factor específico, se debe utilizar el de 6,25 hasta que se haya determinado uno más apropiado).

*Fuente:* FAO/OMS, 1973.

Koivistoinen, 1996). Dichos datos se incorporaron al documento de consenso de la Segunda Conferencia Internacional sobre Bases de Datos de los Alimentos, celebrada en Lahti (Finlandia) en 1995, relativo a la definición de nutrientes en las bases de datos de composición de alimentos (Koivistoinen *et al.*, 1996).

Si se quiere adoptar estas recomendaciones, los datos de los aminoácidos deben incluir los valores de los aminoácidos libres además de los correspondientes a los aminoácidos proteicos, debido a que son equivalentes desde el punto de vista nutricional. Para los cálculos se requieren valores muy sólidos de los aminoácidos (medidos sobre el alimento), como se señala más adelante, y se parte de ciertas hipótesis relativas a las proporciones de ácido aspártico y glutámico presentes en forma de amidas y la corrección para el agua incorporada durante la hidrólisis. Es evidente que este sistema no resultaría muy rentable en comparación con el actual.

En el momento presente probablemente sea razonable mantener el método de cálculo actual, reconociendo que da valores convencionales para las proteínas y que dichos valores no corresponden a las verdaderas proteínas en sentido bioquímico. Sin embargo, es importante reconocer también que este método no es idóneo para algunos alimentos que son ricos

Cuadro 7.4 Métodos de análisis de los aminoácidos

| Procedimiento  | Aplicabilidad               | Limitaciones  | Costos de capital | Algunas referencias                                     |
|--|-----------------------------|---|-------------------|---|
| Cromatografía de intercambio iónico tras hidrólisis ácida                                  | Todos los alimentos         | Pérdidas hidrolíticas de los aminoácidos más lábiles y liberación lenta de los aminoácidos de cadena ramificada | Altos             | AOAC International, 2002; De Geeter y Huyghebaert, 1992 |
| Cromatografía líquida de alto rendimiento tras hidrólisis ácida                            | Todos los alimentos         | Como <i>supra</i>   | Altos             | Como <i>supra</i>                                       |
| Cromatografía de gases tras hidrólisis ácida y derivación                                  | La mayoría de los alimentos | Es decisiva la elección de derivados  | De medios a altos | Como <i>supra</i>                                       |
| (Aminoácidos azufrados)<br>Hidrólisis ácida tras la oxidación de los aminoácidos azufrados | La mayoría de los alimentos | Pérdidas hidrolíticas   | Altos             | Como <i>supra</i>                                       |
| (Triptófano)<br>Hidrólisis alcalina y cromatografía de intercambio iónico                  | La mayoría de los alimentos | Pérdidas hidrolíticas de otros aminoácidos  | Altos             | Moore y Stein, 1948; Landry y Delhave, 1993             |
| (Triptófano y aminoácidos S)<br>Colorimetría   | La mayoría de los alimentos |   | Bajos             | Blackburn, 1968; Christie y Wiggins, 1978               |
| (Lisina disponible)<br>Colorimetría  | La mayoría de los alimentos |   | Bajos             | Carpenter, 1960; Booth, 1971                            |

*Nota:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.

en nitrógeno no amínico y no proteico, por ejemplo, los peces cartilaginosos, muchos moluscos y crustáceos y, sobre todo, la leche materna humana, que contiene una concentración sustancial de urea.

Para el análisis de las proteínas de alimentos concretos se han perfeccionado varios métodos directos, basados en reacciones en las que intervienen grupos funcionales específicos de los aminoácidos presentes; así pues, no son aplicables a la medición de las proteínas en general. Entre dichos métodos figuran la titulación con formol (Taylor, 1957) y la reacción de Biuret (Noll, Simmonds y Bushuk, 1974). Un grupo muy utilizado de métodos colorimétricos se basa en la reacción con el reactivo de Folin, uno de los más usados para valoraciones bioquímicas en la industria lechera (Lowry *et al.*, 1951; Huang *et al.*, 1976). Estos métodos casi siempre se calibran con albúmina sérica bovina, que se puede encontrar con una gran pureza.

Los métodos de fijación de colorantes se han aplicado proficuamente en la industria lechera (Udy, 1971); se puede conseguir que la fijación de colorantes sea más sensible mediante la extracción del colorante (McKnight, 1977) y estos métodos se han incluido entre los oficiales de la AOAC. La mayor parte de estos métodos dependen de la calibración frente al método de Kjeldahl. Pomeranz, Moore y Lai (1977) han publicado una comparación de los métodos de Biuret, la NIR, la fijación de colorantes y la destilación alcalina en la medición de las proteínas de la cebada y la malta. Ribadeau-Dumas y Grappin (1989) han publicado un examen de las mediciones de las proteínas en la leche. En general, los métodos de fijación de colorantes tienen su máxima aplicación en el control de calidad ordinario del análisis de un gran número de tipos de muestras semejantes (Van Camp y Huyghebaert, 1996).

## Aminoácidos

Antes de la aparición de la cromatografía de intercambio iónico (IEC), los distintos aminoácidos se medían por métodos colorimétricos o mediante ensayo microbiológico. Aunque con estos métodos se obtenían resultados aceptables, han quedado suplantados casi completamente por los procedimientos cromatográficos (Moore y Stein, 1948). En éstos se utilizan sistemas automatizados que permiten realizar análisis completos con rapidez y con niveles razonables de precisión.

En primer lugar, hay que liberar los aminoácidos de las proteínas por hidrólisis, que es la fase más crítica del análisis. La hidrólisis ácida, normalmente con ClH 6M en una solución libre de oxígeno, libera completamente la mayor parte de los aminoácidos. El triptófano se degrada totalmente en condiciones ácidas y la treonina, la serina y los aminoácidos azufrados se degradan en parte. Por consiguiente, para medir el triptófano se deben utilizar condiciones alternativas de hidrólisis. La cistina y la metionina se suelen proteger mediante una oxidación específica antes de la hidrólisis. Las pérdidas de treonina y serina dependen del tiempo y es necesario realizar hidrólisis sucesivas para estimar el ritmo de degradación y corregir los valores en consecuencia. En cambio, los aminoácidos de cadena ramificada se liberan lentamente en la hidrólisis y son necesarias hidrólisis sucesivas para estimar la liberación completa (Neitz, A., comunicación personal). Williams (1982) examinó el perfeccionamiento de las técnicas de IEC y analizó el uso de la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) como alternativa.



Las condiciones de la hidrólisis ácida exigen un ácido puro y una razón elevada de ácido:porciones analíticas del alimento. A pesar de todo, los productos alimenticios con un contenido elevado de carbohidratos reaccionan con frecuencia con los aminoácidos durante la hidrólisis, provocando pérdidas que son difíciles de cuantificar (Silvestre, 1997). Se ha propuesto la hidrólisis en fase de vapor como sistema que reduce al mínimo las pérdidas por degradación. En este método se hidroliza la muestra de alimento (o proteína) seca mediante condensación de ácido. El ClH 6M corresponde a la mezcla en ebullición constante para el ácido (De Geeter y Huyghebaert, 1992).

Los aminoácidos azufrados se suelen oxidar con ácido perfoómico antes de la hidrólisis. Se puede producir cierta cloración de la tirosina y con frecuencia se añade fenol al ácido para contrarrestarla. La hidrólisis debe llevarse a cabo en atmósfera de nitrógeno o preferiblemente en tubos sellados.

La hidrólisis se debe realizar en tres períodos de tiempo diferentes, de 24, 38 y 48 horas, para permitir la corrección por la lentitud de la liberación y las pérdidas por degradación. Si se hidroliza albúmina sérica bovina pura como patrón, también se debe hacer durante los mismos períodos de tiempo.

El triptófano se mide después de una hidrólisis alcalina (KOH, Ba(OH)<sub>2</sub> o LiOH) (Landry y Delhave, 1993). Es práctica habitual medir la leucina en el hidrolizado para ajustar los valores, de manera que estén en consonancia con la hidrólisis ácida. Se han utilizado varios reactivos y derivados precolumna y postcolumna alternativos, pero el de uso más generalizado es probablemente la ninhidrina, a pesar de su inestabilidad. La mayoría de los demás reactivos presentan variaciones en cuanto a su sensibilidad. También se ha utilizado la cromatografía de gases capilar, pero la tasa de reacción de la mayor parte de los reactivos varía con los distintos aminoácidos.

Al calcular los resultados de los análisis de los aminoácidos es importante expresar sus valores como mg de aminoácido por g de nitrógeno aplicado a la columna. Como verificación en los análisis, es también importante calcular la recuperación de nitrógeno en forma de aminoácidos y amoníaco a partir de los aminoácidos medidos. Normalmente habrá algunas pérdidas durante la hidrólisis y la cromatografía. Si se comprueba que las pérdidas son superiores al 10 por ciento, hay que plantearse la repetición de la hidrólisis.

A partir de 1990, los métodos de HPLC de los aminoácidos derivados han sustituido la IEC para el análisis de los hidrolizados de proteínas en la mayor parte de los laboratorios, ya que es menor el tiempo de análisis y los límites de detección mejoran alrededor de 1 picomol (pmol) (Cohen y Strydom, 1988; Davey y Ersser, 1990; Sarwar y Botting, 1993).

La HPLC se puede utilizar para separar aminoácidos en columnas de intercambio iónico con derivación postcolumna con ninhidrina o con o-ftaldialdehído (Ashworth, 1987), o bien mediante derivación precolumna seguida de separación en octilsílice u octadecilsílice en fase inversa (Cohen y Strydom, 1988). Para el análisis de los aminoácidos en los hidrolizados de proteínas, se está generalizando el uso de la HPLC en fase inversa, con derivación precolumna con fenilisotiocianato, como alternativa más económica a los análisis de aminoácidos comerciales utilizando la IEC. El método de derivación con fenilisotiocianato permite determinar con

exactitud en 12 minutos todos los aminoácidos importantes desde el punto de vista nutricional excepto el triptófano, mientras que un método de cromatografía líquida que no requiere derivación permite la determinación del triptófano en unos ocho minutos (Sarwar y Botting, 1993).

En el Cuadro 7.4 se resume la gama de métodos.

### **Lisina disponible**

La lisina puede no estar nutricionalmente disponible en determinadas condiciones que llevan a la reacción del grupo  $\epsilon$ -amino con un carbohidrato. Esta reacción reduce el valor biológico de la proteína. Utilizando el método de Carpenter (1960), se puede medir la lisina disponible mediante su reacción con 2,4-fluorodinitrobenzoceno. Este método ha sufrido numerosas modificaciones (Williams, 1982). La separación de la  $\epsilon$ -dinitrofenil lisina mediante HPLC se describe en Peterson y Warthesen (1979).

### **Otras sustancias nitrogenadas**

Varios grupos de alimentos, como el pescado y otros alimentos marinos, las carnes, los hongos y las hortalizas, contienen una serie de materiales nitrogenados, aminos (Steadman, 1999) y ácidos nucleicos. Muchos de éstos reaccionan con la ninhidrina y se pueden separar mediante IEC. Munro y Fleck (1966) examinaron los métodos para los ácidos nucleicos. También se pueden separar mediante HPLC y detectarse por su fuerte absorción ultravioleta (UV).

## **Componentes de los lípidos**

La FAO y la OMS (1994) recomendaron que se tuviera amplio acceso a los datos apropiados de composición de alimentos referidos a las grasas y que en los análisis sobre el contenido de ácidos grasos de los alimentos y en la elaboración de bases de datos de nutrientes se emplearan métodos normalizados y materiales de referencia. El informe ofrece una buena cobertura de las sustancias y las cuestiones nutricionales de interés. Christie (2003) es una referencia fundamental para el análisis de los lípidos.

En el sistema proximal de análisis, las «grasas» se miden como la fracción del alimento que es soluble en disolventes de lípidos. El material extraído contiene una serie de clases diferentes de sustancias. A efectos nutricionales, la medición de las «grasas totales» tiene un valor limitado; no obstante, se sigue notificando con frecuencia y se mantiene en muchos requisitos de etiquetado de los alimentos y en la reglamentación sobre la composición de los productos alimenticios.

En el Cuadro 7.5 se resume la gama de métodos.

### **Grasas totales**

Los valores obtenidos para la grasas totales o el material total soluble en disolventes de lípidos dependen en gran medida del método. Carpenter, Ngeh-Ngwainbi y Lee (1993), en su examen para los métodos de etiquetado nutricional de la AOAC, definieron el carácter de los problemas

con los que se encontraron. Gurr (1992) y Gurr, Harwood y Frayn (2002) han analizado con detalle los métodos disponibles para separar las distintas clases de lípidos.

El método clásico se basa en una extracción continua realizada sobre muestras secas de alimentos en un extractor Soxhlet, en ocasiones precedida de hidrólisis ácida. Esta técnica requiere mucho tiempo y mantiene los lípidos extraídos a temperatura elevada durante largos períodos. Sin embargo, su principal inconveniente es que las extracciones de lípidos son incompletas para muchos alimentos, especialmente los productos cocidos al horno o los que contienen una cantidad considerable de grasa estructural. El disolvente de extracción es con frecuencia el destilado de petróleo (menos inflamable que el éter dietílico y con menos probabilidades de formar peróxidos), que requiere porciones analíticas completamente secas y la eliminación de los monosacáridos y disacáridos. Los valores obtenidos utilizando este método tienen que someterse a un cuidadoso análisis antes de su inclusión en una base de datos y no se recomienda su uso continuado.

En varios sistemas automatizados del tipo «Foss-Let» se utilizan otros disolventes, por ejemplo, el tricloroetileno; parece que con ellos se obtienen extracciones más completas (Pettinati y Swift, 1977).

Se ha demostrado que con el uso de mezclas de disolventes polares y no polares se extraen prácticamente todos los lípidos de la mayor parte de los alimentos. Sin embargo, en el caso de los productos cocidos al horno (cereales) la extracción de las grasas puede ser incompleta. Es bien conocida la extracción con cloroformo-metanol (Folch, Lees y Stanley, 1957; Bligh y Dyer, 1959), que combina la capacidad de penetración en el tejido del alcohol con el poder de disolución de la grasa del cloroformo. Los extractos obtenidos son completos, pero también pueden contener material no lipídico y puede ser necesaria una nueva extracción para eliminarlo. Este método de extracción es preferible cuando después se van a medir en el extracto los ácidos grasos y los esteroides (Sheppard, Hubbard y Prosser, 1974). El método es eficaz para los alimentos mixtos y está incluido en los métodos oficiales de la AOAC. Se ha demostrado que es útil para alimentos como los sesos y los huevos, ricos en fosfolípidos (Hubbard *et al.*, 1977). La medición de los lípidos después de un tratamiento ácido (métodos de Weibull y Schmid) o alcalino (método de Röse Gottlieb) también permite realizar una buena extracción de muchos alimentos. Estas técnicas están reconocidas como métodos reglamentados por la AOAC y la Unión Europea. Los métodos alcalinos se utilizan casi exclusivamente para los productos lácteos alimenticios y son el método aprobado para dichos alimentos. Los extractos de los tratamientos ácido y alcalino no son adecuados para el análisis de los ácidos grasos, porque puede haber algún grado de oxidación y de pérdidas a causa de la hidrólisis (ácida) de las grasas. La AOAC ha adoptado métodos para determinar las grasas totales (incluidas las saturadas, las insaturadas y las monoinsaturadas) en los alimentos utilizando la hidrólisis ácida y la cromatografía de gases capilar (Ngeh-Ngwainbi, Lin y Chandler, 1997; House, 1997) de conformidad con la definición de grasas de la Ley de Etiquetado y Educación Nutricional (NLEA) como la suma de los ácidos grasos expresados como triacilgliceroles.

Algunas clases de lípidos muestran bandas fuertes de absorción de grupos carbonilo en la región infrarroja. Se ha utilizado la NIR para las legumbres (Hunt, W.H. *et al.*, 1977) y para

Cuadro 7.5 Métodos de análisis de los lípidos

| <i>Procedimiento</i>                   | <i>Aplicación</i>  | <i>Limitaciones</i>   | <i>Costos de capital</i> | <i>Algunas referencias</i>                              |
|--|--|---|--------------------------|---|
| <b>Grasa total</b>                     |  |   |                          |   |
| Extracción continua (disolvente único) | Alimentos con poca humedad (muestras analíticas secas)   | Extracción incompleta de numerosos alimentos.<br>Requiere mucho tiempo.<br>Los extractos no se pueden utilizar para estudios de ácidos grasos | Bajos                    | Sullivan y Carpenter, 1993                              |
| Hidrólisis ácida                       | Todos los alimentos, excepto los productos lácteos y con mucho azúcar                                    | Hidrólisis parcial de lípidos.<br>Los extractos no se pueden utilizar para estudios de ácidos grasos  | Bajos                    | AOAC Internacional, 2002;<br>Sullivan y Carpenter, 1993 |
| Hidrólisis y GLC capilar               | La mayoría de los alimentos (conformidad con la NLEA)  |   | Altos                    | Ngeh-Ngwainbi, Lin y Chandler, 1997; House, 1997        |
| Extracción con mezcla de disolventes   | Rápido y eficaz para muchos alimentos.<br>El extracto se puede utilizar para mediciones de ácidos grasos | Extracción completa de la mayoría de los alimentos.<br>A menudo hay que purificar los extractos   | Bajos                    | Bligh y Dyer, 1959;<br>Hubbard <i>et al.</i> , 1977     |
| Hidrólisis alcalina                    | Productos lácteos alimenticios   | Validado sólo para los productos lácteos alimenticios   | Bajos                    | AOAC Internacional, 2002                                |
| NIR                                    | Establecido para los cereales  | Requiere una amplia calibración frente a otros métodos  | Altos                    | Hunt, W.H. <i>et al.</i> , 1977                         |
| <b>Triacilgliceroles</b>               |  |   |                          |   |
| Serie de métodos cromatográficos       | Todos los alimentos  | Los ácidos grasos libres pueden interferir.<br>Útiles las verificaciones de TLC   | Medios                   | Gurr, Harwood y Frayn, 2002                             |

*(continúa)*

Cuadro 7.5 (continuación)

| Procedimiento                  | Aplicación                                 | Limitaciones  | Costos de capital | Algunas referencias         |
|--------------------------------|--|---|-------------------|-----------------------------|
| <b>Ácidos grasos</b>           |  |   |                   |                             |
| GLC                            | Todos los alimentos previa transmetilación | Validado para la mayoría de los alimentos                   | Altos             | AOCS, 1998                  |
| HPLC                           | En fase de perfeccionamiento               | No tiene por ahora ventajas demostradas sobre la GLC        | Altos             | Gurr, Harwood y Frayn, 2002 |
| <b>Ácidos grasos trans</b>     |  |   |                   |                             |
| GLC con análisis de infrarrojo | Todos los alimentos                        | Disponibilidad de patrones auténticos para algunos isómeros | De medios a altos | Como <i>supra</i>           |
| Absorción de infrarrojos       | Todos los alimentos                        | Algunas interferencias                                      | Altos             | Como <i>supra</i>           |
| GLC                            | Todos los alimentos                        | Se requieren técnicas capilares                             | Altos/medios      | Como <i>supra</i>           |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.  
 GLC = cromatografía gas-líquido; NLEA = Ley de Etiquetado y Educación Nutricional; NIR = reflectancia en el infrarrojo cercano; TLC = cromatografía en capa fina; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento.

otros productos alimenticios (Cronin y McKenzie, 1990). La utilización efectiva de este método depende de una amplia calibración frente a matrices comparables utilizando otro método aprobado; por este motivo la técnica se aplica casi siempre en análisis ordinarios de números elevados de muestras muy semejantes, para alimentos como los cereales y los productos lácteos.

### Triacilgliceroles

Aunque es probable que la composición de los triacilgliceroles (triglicéridos) tenga importancia nutricional, son pocas las bases de datos que contienen información al respecto. No se han puesto a punto de manera general métodos para la separación de los distintos componentes (Gurr, Harwood y Frayn, 2002). Se ha utilizado la cromatografía en capa fina combinada con otros tipos de cromatografía. Se pueden determinar los valores totales separando los ácidos grasos libres de los lípidos totales y se pueden utilizar para dar un valor «por diferencia». Se han propuesto técnicas de HPLC para el fraccionamiento completo de los triacilgliceroles (Patton, Fasulo y Robbins, 1990a,b; González *et al.*, 2001).

### Ácidos grasos

El método preferible para el análisis es la separación por GLC de los ésteres de metilo de los ácidos grasos preparados por transmetilación de los extractos lipídicos de los alimentos. La preparación de materiales de relleno de la columna, técnicas capilares y sistemas de amplificación de los detectores ha permitido hacer más general la aplicación del método para la separación de formas isotópicas y ácidos grasos de cadena más larga. La técnica publicada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (UIQPA) (Paquot y Hautfenne, 1987) constituye el procedimiento básico.

El método exacto que se elija dependerá del alimento que se vaya a analizar y de los ácidos grasos de particular interés. Muchos usuarios están especialmente interesados en los ácidos grasos n-3 y n-6, los ácidos *trans* y los niveles de ácidos grasos de cadena larga como el ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico. La automatización de la inyección de las muestras y la informatización de los cromatógrafos han aumentado los costos del aparato analítico, pero han mejorado enormemente la exactitud, la precisión y los resultados de los análisis. Los métodos de la *American Oil Chemists' Society* (Sociedad Americana de Químicos del Aceite) (AOCS, 1998) son los siguientes: Método n.º Ce 1-62 (método de columna de relleno para los ésteres de metilo de los ácidos C9-C24 y las grasas animales), método n.º Ce 1b-89 (método capilar para los aceites marinos y para los ésteres de etilo o de metilo de los ácidos C14-C24, con valores porcentuales relativos y concentraciones de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico en mg/g), método n.º Ce 1c-89 (método capilar para los ácidos grasos, los isómeros *trans* y los isómeros *cis* y *cis* interrumpidos por un grupo metileno en los aceites vegetales), método n.º Ce 1e-91 (método capilar para los ácidos grasos C4-C24) y método n.º Ce 1f-96 (método capilar para los ácidos grasos *cis* y *trans* en las grasas y aceites hidrogenados y refinados).

Los detectores de infrarrojos son útiles en la medición de los ácidos grasos *trans* (AOAC International, 2002). La principal dificultad radica en la asignación de una identidad inequí-

voca a los isómeros. Para esto se requieren buenos patrones o la combinación de la separación mediante GLC con la espectrometría de masas (Beare-Rogers y Dieffenbacher, 1990), lo cual puede resultar poco práctico para algunos países en desarrollo.

La absorción infrarroja es en la actualidad el método preferido para la medición de los ácidos grasos *trans* en los aceites de pescado hidrogenados. En la medición mediante GLC de los ácidos grasos *trans* en aceites vegetales parcialmente hidrogenados utilizando un detector de ionización de llama a menudo se subestima el contenido de ácidos grasos *trans*, incluso en columnas capilares muy largas y muy polares (Aro *et al.*, 1998).

Los laboratorios de composición de los alimentos que carecen de instrumentos de GLC no suelen realizar mediciones de ácidos grasos, pero pueden solicitar la cooperación de un laboratorio que disponga de los recursos de capital necesarios. Las muestras pueden transferirse al laboratorio en forma de grasas (para lo cual se requiere almacenamiento refrigerado durante el tránsito y la adición de un antioxidante) o de ésteres de metilo (que también hay que proteger de la oxidación). Es importante verificar estas condiciones con el laboratorio que realiza los análisis para evitar la interferencia de los antioxidantes durante la cromatografía.

La insaturación de una grasa puede estimarse mediante la determinación del valor del yodo (UIQPA, 1979; AOAC International, 2002); ésta sigue siendo una técnica útil cuando no se realizan análisis completos de los ácidos grasos.

## Esteroles

En los análisis nutricionales del pasado se ponía de relieve la medición del colesterol, pero la atención se está desplazando hacia la medición de otros esteroides, especialmente los fitosteroides.

**Colesterol.** Las técnicas más antiguas, en las que se utilizaban métodos gravimétricos y colorimétricos, se consideran ahora anticuadas y ya no se aplican. Los métodos preferidos son los cromatográficos, con un uso generalizado de la GLC de una serie de derivados separados en columnas de baja polaridad (Punwar, 1975; Hubbard *et al.*, 1977). Un problema con el análisis de los esteroides en general es que la mayor proporción de otros lípidos en la mayoría de los alimentos limita la aplicación de los métodos al extracto lipídico directamente.

Antes de preparar los derivados es necesaria una saponificación. El uso de derivados del trimetilsililo se ajusta a las normas exigidas por la AOAC (Carpenter, Ngeh-Ngwainbi y Lee, 1993) para su utilización con mezclas de alimentos. Los procedimientos son algo complejos y se han propuesto métodos simplificados que requieren menos tiempo para la preparación de las muestras (Thompson y Merola, 1993).

Las mejoras introducidas en la GLC capilar han servido de base para la elaboración de procedimientos que no requieren derivaciones y que cumplen las normas apropiadas (Jekel, Vaessen y Schothorst, 1998).

**Otros esteroides.** El método descrito más arriba también se puede utilizar para la separación y medición de la serie de fitosteroides presentes en la dieta (Jonker *et al.*, 1985), al igual que la derivación con trimetilsililo (Phillips, Tarrogo-Trani y Stewart, 1999).

## Fosfolípidos

En un examen exhaustivo de los fosfolípidos publicado en 1973 (Ansell, Hawthorne y Dawkins.) se resumían los procedimientos analíticos disponibles. Posteriormente se perfeccionaron las técnicas de HPLC (Hammond, 1982; Patton, Fasulo y Robbins, 1990a,b), que son los métodos preferidos en la actualidad. Gunstone, Harwood y Padley (1994) presentan un panorama general de los métodos para la medición de la gama de fosfolípidos.

## Carbohidratos

La gama de carbohidratos que se encuentran en la alimentación humana (véase el Cuadro 4.3 *supra*) ilustra el carácter de la tarea que afronta el analista que desea seguir las recomendaciones publicadas por la FAO/OMS (1998) para medir por separado los carbohidratos presentes en los alimentos. Naturalmente, no todos los tipos de carbohidratos están en todos los tipos de productos alimenticios.

Las propiedades metabólicas y fisiológicas distintivas de los diferentes carbohidratos ponen de relieve el hecho de que, con fines nutricionales, no es adecuado considerar los carbohidratos como un componente único de los alimentos.

El cálculo de los «carbohidratos por diferencia» utilizando el sistema proximal de análisis de Weende descrito al comienzo de este capítulo reflejaba la situación de los conocimientos acerca de la química de los carbohidratos en aquel momento. Además, el sistema se diseñó para los piensos, especialmente los destinados a los rumiantes, por lo que la mayor parte de los carbohidratos se digerirían en el rumen excepto la lignina-celulosa, de la cual daba una medida aproximada la fibra bruta.

A efectos nutricionales, los carbohidratos pueden dividirse en tres grupos en función del grado de polimerización:

- azúcares (monosacáridos y disacáridos);
- oligosacáridos (polímeros que contienen de tres a nueve unidades de monosacáridos o ácido urónico);
- polisacáridos (polímeros que contienen más de nueve unidades), comprendidos en dos categorías generales:  $\alpha$ -glucanos (almidones, productos de la hidrólisis del almidón y glucógeno) y un grupo mucho más diversificado de no  $\alpha$ -glucanos (polisacáridos no amiláceos [PNA], que son los principales componentes de la fibra dietética).

Estas agrupaciones químicas amplias no se corresponden con exactitud con las propiedades fisiológicas o con las fracciones analíticas. El analista que tiene que realizar el análisis de los carbohidratos, en particular los PNA, está «obligado a buscar un compromiso entre el ideal de separar los numerosos componentes y medirlos o un plan con una base totalmente empírica» (Southgate, 1969). En muchos casos un alimento contiene una gama limitada de carbohidratos y se pueden utilizar procedimientos más sencillos para su análisis (Southgate, 1991).

En los Cuadros 7.6 a 7.8 se resume la gama de métodos.



Cuadro 7.6 Métodos de análisis de los azúcares

| Método                         | Aplicación  | Limitaciones   | Costos de capital | Algunas referencias   |
|--------------------------------|---|--|-------------------|---|
| Peso específico                | Soluciones de azúcares                              | Exacto para la sacarosa                                      | Bajos             | AOAC International, 2002; Southgate, 1991                           |
| Índice de refracción           | Soluciones de azúcares                              | Se requiere calibración empírica                             | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| Polarimetría                   | Azúcares aislados, mezclas simples                  | Es esencial una estrecha atención a los métodos normalizados | Bajos             | Como <i>supra</i>   |
| Reductimetría                  | Azúcares reductores, mezclas de azúcares invertidos | Azúcares no reductores                                       | Bajos             | AOAC International, 2002  |
| Colorimetría                   | Azúcares aislados, mezclas simples                  | Especificidad  | Bajos             | Southgate, 1991; Hudson <i>et al.</i> , 1976; Hudson y Bailey, 1980 |
| Métodos de enzimas específicas | Glucosa, mezclas complejas                          | Los reactivos pueden ser caros                               | Bajos             | Bergmeyer, 1974   |
| GLC                            | Mezclas complejas                                   | Necesidad de derivados                                       | Medios            | Englyst, Quigley y Hudson, 1994                                     |
| HPLC                           | Mezclas complejas                                   | Elección de la columna, detectores                           | De medios a altos | Southgate, 1991; Shaw, 1988; Englyst, Quigley y Hudson, 1994        |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados. GLC = cromatografía gas-líquido; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento.

## Azúcares

Para el análisis de los azúcares libres en los alimentos se pueden utilizar diversos métodos; la elección depende primordialmente de la composición cualitativa de los azúcares libres presentes en el producto alimenticio. Cuando hay una sola especie de carbohidratos, se puede utilizar prácticamente cualquier procedimiento, pero la mayoría de los alimentos contienen una mezcla de tres o más componentes, cuya separación es necesaria para obtener resultados exactos. Existen métodos enzimáticos específicos para el análisis de ciertas mezclas comunes sin separación.

Los métodos para los azúcares libres (y los ácidos urónicos) sirven de métodos analíticos finales para la mayor parte de los polímeros más elevados de carbohidratos tras la hidrólisis y la separación de los componentes.

La evolución de los métodos sigue un camino paralelo al del perfeccionamiento de las técnicas analíticas, que va unido a la presión de la demanda de resultados analíticos. Así pues, al principio se establecieron técnicas físicas para el análisis de soluciones de sacarosa en la industria del refinado del azúcar. También se pusieron a punto para esta industria los métodos de reducción del azúcar y, posteriormente, se perfeccionaron y codificaron sus protocolos bajo los auspicios de la Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar (CIMUADA, 1982). Estos métodos siguen dando resultados satisfactorios siempre que se sigan escrupulosamente los protocolos.

Más tarde se prepararon técnicas colorimétricas, con la llegada de métodos perfeccionados para la evaluación de la densidad óptica aunque la medición consistía al principio en la comparación visual de las soluciones. Los diversos reactivos cromogénicos para las distintas clases de monosacáridos y los ácidos urónicos intervienen casi siempre en reacciones en ácidos concentrados, aunque la colorimetría se basa en métodos de reducción y en un pequeño número de casos en otras reacciones (Hudson *et al.*, 1976). Los métodos no son especialmente sólidos, pero en mezclas de azúcares simples con un control de calidad apropiado dan resultados válidos. Los métodos no son realmente específicos, lo cual limita su utilización para el análisis de mezclas (Hudson y Bailey, 1980).

Se han preparado métodos de enzimas específicas, de los cuales el más importante es el de la glucosa-oxidasa, con un resultado final colorimétrico. Una serie de reacciones encadenadas con NADPH-NADP utilizando enzimas específicas permite el análisis de mezclas de glucosa/fructosa, glucosa/fructosa/sacarosa y maltosa/galactosa (Southgate, 1991).

La cromatografía, inicialmente en papel o en placas de sílice, proporcionó buenos resultados de separación y métodos semicuantitativos, pero era difícil conseguir técnicas de intercambio iónico.

El análisis mediante cromatografía de gases dependía de la preparación de derivados volátiles idóneos. Al principio, la trimetilsililación proporcionaba derivados apropiados para el análisis de mezclas de azúcares, aunque los cromatogramas eran muy complejos. El método más utilizado y más potente para el análisis de mezclas consiste en la reducción de los monosacáridos a los alditoles y la acetilación.

Ahora hay columnas de HPLC que permiten una buena separación de las mezclas de azúcar sin necesidad de preparar derivados. Los primeros detectores utilizaban índices de

Cuadro 7.7 Métodos de análisis de los polioles y los oligosacáridos

| Método                                 | Aplicación                         | Limitaciones  | Costos de capital | Algunas referencias             |
|--|------------------------------------|---|-------------------|---------------------------------|
| <b>Polioles</b>                        |                                    |   |                   |                                 |
| Métodos enzimáticos específicos        | Limitada a unos pocos alcoholes    | Especificidad de enzimas                                  | Medios            |                                 |
| HPLC                                   | Mezclas complejas                  | Falta de procedimientos normalizados; elección de columna | De medios a altos | Southgate, 1991                 |
| <b>Oligosacáridos</b>                  |                                    |   |                   |                                 |
| Procedimientos enzimáticos específicos | Hidrólisis y separación selectivas | Especificidad de enzimas                                  | De medios a altos | Bergmeyer, 1974                 |
| GLC                                    | Mezclas complejas                  | Elección de columna                                       | De medios a altos | Quigley, Hudson y Englyst, 1997 |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.  
HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento; GLC = cromatografía gas-líquido.

refracción para medir los picos eluidos, pero éstos son relativamente insensibles y se han sustituido por el detector amperométrico de pulsaciones, que ha mejorado la sensibilidad.

### **Polioles (alcoholes de azúcares)**

Los polioles no abundan en los alimentos. Algunos pueden medirse mediante métodos enzimáticos específicos, aunque se suelen usar más los métodos de HPLC.

### **Oligosacáridos**

Tienen una distribución amplia, especialmente en las hortalizas. Los maltooligosacáridos se encuentran sobre todo en alimentos con hidrolizados parciales de almidón y preparaciones a base de jarabe de glucosa como ingredientes. Los maltooligosacáridos son hidrolizados por enzimas del borde estriado y son «carbohidratos glucémicos» que es necesario medir por separado.

Los fructooligosacáridos se utilizan cada vez más como ingredientes y se deben medir previa hidrólisis con fructano-hidrolasas específicas. Los galactooligosacáridos restantes también se deben medir previa hidrólisis enzimática específica. Las técnicas de separación de la GLC, y en particular la HPLC, constituyen asimismo métodos potentes para el análisis de estos oligosacáridos (Quigley, Hudson y Englyst, 1997).

### **Polisacáridos**

A efectos nutricionales, lo mejor es examinarlos en dos apartados: almidón y polisacáridos no amiláceos (PNA).

**Almidón.** Esta categoría comprende todos los  $\alpha$ -glucanos, almidones, almidones parcialmente hidrolizados y glucógeno. Este último es un componente secundario de la mayor parte de los productos animales; está presente en concentraciones significativas en el hígado fresco y en la carne de caballo y como trazas en el músculo magro.

Los métodos polarimétricos se limitan a algunos cereales, pero con una calibración y normalización apropiadas pueden dar resultados satisfactorios (Fraser, Brendon-Bravo y Holmes, 1956; Southgate, 1991).

La hidrólisis ácida diluida puede utilizarse para alimentos muy refinados con concentraciones bajas de PNA y para medir la glucosa producida se puede aplicar prácticamente cualquier método destinado a los monosacáridos.

El uso de un método específico de la glucosa, como la glucosa-oxidasa, amplía la gama de alimentos para los que es útil este método (Dean, 1978; Southgate, 1991).

La hidrólisis enzimática con enzimas amilolíticas específicas, seguida de precipitación de los PNA residuales con etanol y la medición de la glucosa producida, es el método más satisfactorio y que se aplica de manera más proficua. La elección de las enzimas y las condiciones de la hidrólisis tienen una importancia decisiva. Si se requieren los valores del almidón total, todo almidón resistente a las enzimas debe tratarse con un álcali o con dimetilsulfóxido antes de la hidrólisis (Southgate, 1991).

Cuadro 7.8 Métodos de análisis de los polisacáridos

| Método   | Aplicación                             | Limitaciones  | Costos de capital | Algunas referencias                              |
|--|--|---|-------------------|--|
| <b>Almidón</b>   |  |   |                   |  |
| Polarimetría   | Algunos alimentos a base de cereales   | Se necesita una calibración muy cuidadosa   | Bajos             | Fraser, Brendon-Bravo y Holmes, 1956             |
| Hidrólisis ácida diluida usando un método general para azúcares  | Alimentos muy refinados, con pocos PNA | Interferencia de cualquier PNA presente   | Bajos             | Southgate, 1991; Dean, 1978                      |
| Hidrólisis ácida diluida y método específico de la glucosa   | Alimentos con pocos $\beta$ -glucanos  | Presencia de $\beta$ -glucanos  | Bajos             | Como <i>supra</i>                                |
| Hidrólisis enzimática y métodos específicos de la glucosa  | Todos los alimentos                    | Elección de las enzimas y las condiciones   | Medios            | Wills, Balmer y Greenfield, 1980                 |
| <b>Almidón resistente</b>  |  |   |                   |  |
| Hidrólisis enzimática del almidón antes y después del tratamiento con un álcali o con dimetilsulfóxido   |  | Elección de las enzimas y las condiciones   | Medios            | Champ, 1992; Englyst, Kingman y Cummings, 1992   |
| Almidón rápidamente digerible  |  | Elección de las condiciones   | Medios            | Englyst, Kingman y Cummings, 1992                |
| Almidón lentamente digerible   |  | Elección de las condiciones   | Medios            | Como <i>supra</i>                                |
| <b>Polisacáridos no amiláceos</b>  |  |   |                   |  |
| Hidrólisis enzimática y eliminación del almidón. Hidrólisis ácida de los PNA. GLC, separación por HPLC de los monosacáridos componentes. Análisis colorimétrico de los monosacáridos | Prácticamente todos los alimentos      | El almidón resistente se debe tratar antes de la hidrólisis. La GLC requiere la preparación de derivados. Sólo da valores totales | De medios a altos | Englyst, Quigley y Hudson, 1994; Southgate, 1995 |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados. PNA = polisacáridos no amiláceos; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento; GLC = cromatografía gas líquido.

**Almidón resistente.** Aunque el almidón resistente a las enzimas se observó por primera vez en medios analíticos, la opinión actual es que debe definirse como resistente a condiciones fisiológicas, es decir, resistente a la hidrólisis en el tracto gastrointestinal humano (Gudmand Hoyer, 1991). Englyst, Kingman y Cummings (1992) han distinguido tres tipos de resistencia, debida a la envoltura física del almidón, a la estructura de sus gránulos y a la retrogradación. El último tipo es más habitual en los alimentos elaborados. El sistema más generalizado consiste en medir el almidón antes y después del tratamiento con dime-tilsulfóxido.

**Velocidad de digestión.** Englyst y sus colaboradores (1999) han indicado que la velocidad de digestión del almidón es el principal factor determinante de las variaciones en las respuestas glucémicas a los alimentos y que se puede considerar que el almidón se divide en tres clases: almidón rápidamente digerible, almidón lentamente digerible y almidón resistente. Si bien la velocidad se puede distinguir *in vivo*, la simulación analítica resulta bastante difícil. Mediante estudios en colaboración se ha demostrado que se puede conseguir una precisión razonable (Champ, 1992).

**Índice glucémico.** Ha habido mucho interés en incluir valores del índice glucémico (IG) en las bases de datos de composición de alimentos y se ha publicado una serie de tablas de valores de dicho índice (Foster-Powell y Miller, 1995). Los valores del IG (en términos estrictos una clasificación de los carbohidratos de los alimentos) se basan en el efecto glucémico en comparación con el de un alimento estándar. El IG se define como «la superficie de incremento bajo la curva de respuesta de la glucosa sanguínea expresada como porcentaje de la respuesta a la misma cantidad de carbohidratos procedentes de un alimento estándar tomado por la misma persona» (FAO/OMS, 1998). El alimento estándar suele ser pan blanco o glucosa. La FAO y la OMS (1998) publicaron un protocolo utilizando seis o más personas y definen los carbohidratos como «carbohidratos (disponibles) glucémicos». Una definición práctica de carbohidratos utilizada por el principal laboratorio australiano que mide el IG es «carbohidratos totales por diferencia, menos la suma de la fibra dietética, más el almidón resistente (si se conoce), o bien la suma del almidón más los azúcares, incluidos los polioles y otros derivados del azúcar de absorción lenta» (Brand Miller y Holt, comunicación personal).

En Australia está permitido el uso de un símbolo del IG en las etiquetas de los alimentos y hay una página web que se puede consultar (<http://www.glycemicindex.com>). Se puede calcular el IG de las comidas, pero no el de los alimentos cocinados, porque dicho índice se ve afectado por la cocción y la elaboración.

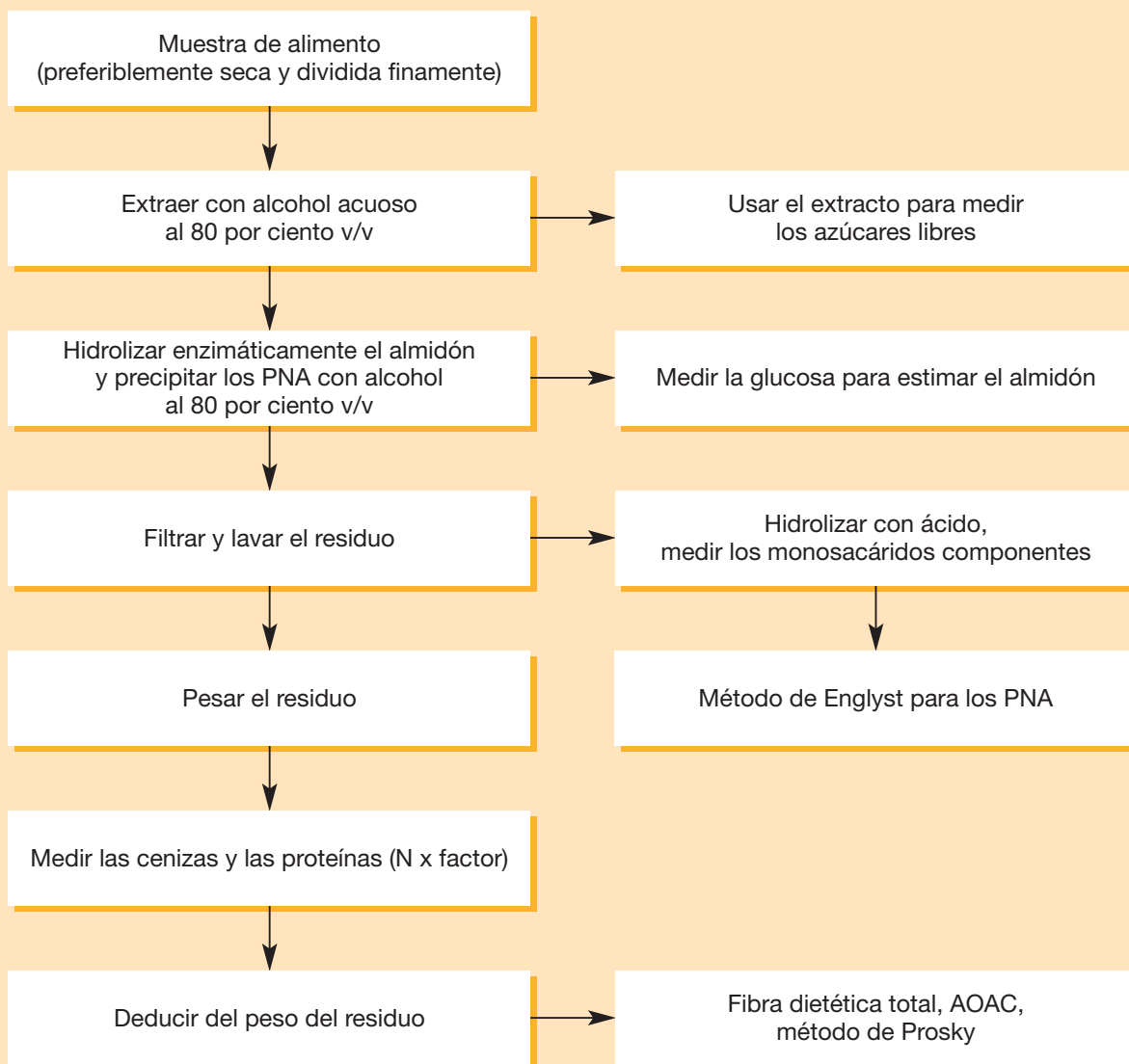
La estimación de las distintas velocidades de digestión del almidón de los alimentos muestra cierta correlación con los índices glucémicos medidos *in vivo*. Para esto se requieren varias personas, cuyos niveles de glucosa en sangre se miden a intervalos regulares durante tres horas tras el consumo de una cantidad fija (50 g) de carbohidratos glucémicos. La superficie debajo de la curva se compara con la correspondiente a una carga de 50 g de glucosa, o

preferiblemente 50 g de carbohidratos glucémicos procedentes de pan blanco. Es preferible el pan blanco debido a que la carga de glucosa se puede vaciar lentamente del estómago por efecto osmótico. En un estudio entre laboratorios (Wolever *et al.*, 2003) se comprobó que para mejorar la precisión del método es necesario reducir la variación de la respuesta glucémica en una misma persona.

En un método *in vitro* para la glucosa rápidamente disponible publicado por Englyst *et al.* (1999) se demostró una correlación elevada con la respuesta glucémica.

**Polisacáridos no amiláceos.** En los métodos para el análisis de los PNA se realiza un tratamiento de la muestra a fin de eliminar los azúcares libres y el almidón por hidrólisis enzi-

**Figura 7.1** Principios para la medición de los carbohidratos y la fibra dietética



Notas: v/v = por volumen; PNA = polisacáridos no amiláceos.

mática. Los PNA no modificados se recuperan mediante precipitación con etanol (80 por ciento v/v), luego se lavan y se secan. Los PNA se hidrolizan utilizando uno de los dos métodos siguientes: de forma secuencial con ácido diluido, que hidroliza la mayor parte de los polisacáridos no celulósicos (PNC), y con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  12M, que hidroliza la celulosa; o bien los PNA se hidrolizan completamente utilizando el ácido 12M (véanse más detalles infra en «Medición de los PNA»).

Los monosacáridos se analizan mediante GLC tras su derivación (como acetatos de alditol [Englyst, Wiggins y Cummings, 1982]), mediante HPLC o por colorimetría total (Englyst, Quigley y Hudson, 1994). Estos métodos no son muy convincentes (Southgate, 1995), aunque en ensayos en colaboración se ha demostrado que cuando se presta una atención cuidadosa al protocolo se consigue en ellos una precisión razonable.

### Elección del método para los carbohidratos

No hay un método único que sea conforme a las recomendaciones del examen de la FAO/OMS (1998). Lo ideal es que, al planificar la medición de los carbohidratos en los alimentos, se trate de determinar las distintas especies de carbohidratos en el producto alimenticio de manera secuencial, utilizando una sola porción analítica; con este sistema se evita la posibilidad de medición doble de una fracción superpuesta.

Los principios básicos de dicho sistema se indican de manera esquemática en la Figura 7.1.

**Extracción de azúcares libres, polioles y oligosacáridos.** Puede consistir en una extracción acuosa, pero por este procedimiento se extraen proteínas, con el resultado de que el análisis posterior resulta más complejo. Es conveniente eliminar las grasas por motivos técnicos, ya que así se facilita una extracción más completa de los azúcares. El sistema más frecuente es la extracción con alcohol acuoso: el más utilizado es el etanol acuoso al 80 por ciento v/v, pero también es útil el metanol al 85 por ciento v/v, al igual que el isopropanol. Las extracciones suelen realizarse con un disolvente en ebullición; por consiguiente, hay que tener cuidado para proteger a los analistas de los humos del disolvente. Si hay probabilidades de que el extracto sea ácido, es importante neutralizarlo para evitar la hidrólisis de los disacáridos y otros sacáridos superiores.

Los alcoholes acuosos también extraen algunos polisacáridos inferiores, es decir, polisacáridos de cadena corta tal como los definen Englyst y Hudson (1996). Éstos deben medirse preferiblemente tras una hidrólisis enzimática selectiva. Las tecnologías enzimáticas modernas han producido una amplia variedad de enzimas muy específicas con una actividad elevada; hay muchas empresas especializadas en este sector, por ejemplo, Boehringer Mannheim (Alemania); Megazyme (Irlanda); Nova (Dinamarca); y Sigma (Estados Unidos). Varias de estas empresas preparan kits de método enzimático. La tecnología enzimática evoluciona a un ritmo tal que cabe esperar que la hidrólisis enzimática selectiva adquiera cada vez más importancia analítica debido a la especificidad que ofrece (McCleary y Prosky, 2001).



**Hidrólisis del almidón.** La siguiente etapa consiste en eliminar el almidón utilizando una hidrólisis enzimática selectiva. Para ello se pueden utilizar varias enzimas. Se ha usado una mezcla de amilasa y pululanasa para la hidrolización completa a glucosa, pero son muchas las glucoamilasas con las que se consigue una hidrólisis prácticamente total a glucosa. Las condiciones de la hidrólisis enzimática son fundamentales, a fin de garantizar la hidrólisis completa y rápida del almidón y al mismo tiempo reducir al mínimo la de los PNA, especialmente los  $\beta$ -glucanos. Los PNA no hidrolizados se recuperan mediante precipitación con etanol al 80 por ciento v/v.

**Medición de los PNA.** Los PNA precipitados se lavan y se secan suavemente y luego se hidrolizan. Esto se puede hacer en  $\text{SO}_4\text{H}_2$  1M en ebullición seguida de una hidrólisis en ácido 12M a temperatura ambiente. De esta manera se produce, en primer lugar, un hidrolizado que contiene los monosacáridos de los PNA y, en segundo lugar, los monosacáridos de una fracción celulósica. Otra posibilidad es hidrolizar los PNA en ácido 12M y a continuación en ácido diluido, con lo que se obtiene un hidrolizado que contiene los monosacáridos de los PNA en conjunto. Los ácidos urónicos no se hidrolizan completamente por estos métodos y se utiliza en gran medida el análisis colorimétrico (Englyst, Quigley y Hudson, 1994). Ahora es posible una hidrólisis enzimática específica del ácido urónico que contiene polímeros (Quigley y Englyst, 1994).

## Fibra dietética

La fibra dietética se debe considerar una parte de los carbohidratos de los alimentos. El principal problema a la hora de elegir el método radica en la definición de fibra dietética y su interpretación en un contexto analítico. Hipsley utilizó el término por primera vez en 1953 para describir la suma de las hemicelulosas, la celulosa y la lignina de los alimentos, en otras palabras, los componentes de la pared celular vegetal presentes en los productos alimenticios. En 1972, Trowell aplicó el término a los «componentes no digeribles de la pared celular vegetal presentes en los alimentos». Ambos términos eran demasiado vagos para utilizarlos como base de un método analítico y, en 1976, Trowell *et al.* (1976) propusieron que se definiera como «la suma de los polisacáridos vegetales y la lignina que no digieren las enzimas del tracto gastrointestinal». Era un concepto muy semejante al de «carbohidratos no disponibles» definido por McCance y Lawrence (1929), medibles mediante los procedimientos propuestos por Southgate (1969).

El objetivo de este método era medir los carbohidratos específicamente mediante técnicas colorimétricas. Englyst preparó este sistema utilizando los métodos más específicos de GLC, que daban valores para los PNA e incorporaban una fase de conversión del almidón resistente en otro no resistente a la acción enzimática. El procedimiento se perfeccionó en una serie de estudios en colaboración y Englyst, Quigley y Hudson (1994) y Southgate (1995) describen los protocolos más recientes. Este método mide solamente los PNA, sin incluir la lignina.

En otras partes de Europa, especialmente en Suecia y Suiza, así como en los Estados Unidos, la atención se centró en la «indigestibilidad de los polisacáridos y la lignina». Se preparó un método gravimétrico en el que se pesaba el residuo después de la eliminación del almidón para obtener una medida de la fibra dietética total; éste ha evolucionado hacia el método oficial n.º 982.29 de la AOAC (Prosky *et al.*, 1992). El método requiere la corrección del residuo para las proteínas no digeridas y la contaminación mineral; se miden el nitrógeno total y las cenizas del residuo y se deducen para obtener los valores de la fibra dietética total. Dichos valores comprenden la lignina, el almidón resistente y todos los demás carbohidratos no digeribles (Guillon *et al.*, 1998). Se ha introducido una modificación para incorporar la medición de los oligosacáridos no digeribles.

Los procedimientos de Englyst para los PNA y de la AOAC para la fibra dietética total no son muy seguros, especialmente cuando las concentraciones presentes son bajas (Southgate, 1995). En el método para los PNA se utilizan porciones analíticas de 100 mg-200 mg y la preparación y homogeneidad de estas porciones es absolutamente decisiva. También es necesario prestar mucha atención a los procedimientos de mezcla durante la aplicación del método.

El procedimiento gravimétrico de la AOAC exige una gran pericia al medir niveles bajos, pero se consigue una buena precisión con los alimentos cuyo contenido de fibra es alto, como los productos de salvado y de harina integral. En el residuo también están incluidos los elementos extraños inducidos por el calor.

En muchos países, la elección del método para el etiquetado nutricional está establecida en la legislación. El sistema preferido es la medición específica desde el punto de vista nutricional de las distintas fracciones de carbohidratos. La medición de las fracciones soluble e insoluble depende en gran medida del método; en el examen de la FAO/OMS (1998) se llegó a la conclusión de que no había ninguna justificación fisiológica para registrar por separado valores basados en la solubilidad.

Es importante reconocer que la hipótesis relativa a los efectos protectores de la fibra dietética se basaba en las diferencias entre las dietas (Burkitt y Trowell, 1975), es decir, se afirmaban los efectos protectores de las dietas ricas en productos alimenticios que contenían paredes celulares vegetales en un estado relativamente poco elaborado. Estas dietas son ricas en otros muchos componentes además de la fibra dietética.

## Alcohol

El método clásico para medir el contenido de alcohol de las bebidas es la destilación de la bebida desgasificada y la medición del peso específico del producto de la destilación. Aunque se trata de un sistema todavía válido y preciso, los métodos preferidos son la medición mediante GLC (que es más sencilla y rápida) o bien un procedimiento de enzimas específicas utilizando alcohol deshidrogenasa (Bergmeyer, 1974), ya que en los métodos de destilación puede haber interferencias de otros componentes volátiles.

## Ácidos orgánicos

Hay diversos métodos de enzimas específicas para distintos ácidos orgánicos (Bergmeyer, 1974) que siguen siendo válidos, pero estos sistemas se han visto desplazados por los métodos de HPLC (Wills *et al.*, 1983). En un producto alimenticio que contenga ácido acético se puede utilizar la titulación sencilla ácido-base (Sadler y Murphy, 1998).

## Componentes inorgánicos

En la mayoría de los métodos para los componentes inorgánicos es necesaria la eliminación de la matriz orgánica de los alimentos, o bien la extracción y concentración, antes de poder aplicarlos. Al destruir la matriz alimentaria se elimina un número elevado de posibles fuentes de interferencia y se obtiene el material inorgánico en forma concentrada. En el análisis clásico de los alimentos se incineraba la matriz orgánica (normalmente en un horno de mufla a temperatura controlada) y se pesaba el residuo inorgánico resultante a fin de obtener un valor para la ceniza en el sistema proximal de análisis. La matriz orgánica también se puede destruir mediante calentamiento en ácidos concentrados. Este procedimiento reduce al mínimo las pérdidas durante la oxidación y evita cualquier reacción entre los componentes inorgánicos y el recipiente utilizado para las incineraciones en seco.

Una vez eliminada la matriz orgánica, los componentes inorgánicos pueden medirse utilizando diversas técnicas. Entre ellas cabe mencionar los métodos gravimétricos o volumétricos clásicos, la polarimetría, los electrodos selectivos de iones, los procedimientos colorimétricos (que pueden ser o no muy específicos) y los métodos instrumentales (que ofrecen una mayor rapidez del análisis, automatización y una buena precisión). Muchos de los métodos instrumentales pueden utilizarse para el análisis de varios componentes. Al aplicar estos métodos, es importante asegurarse de que se elimine la interferencia de otros componentes y es imprescindible utilizar materiales de referencia normalizados (o de referencia interna) con una matriz semejante y aplicar otras medidas de control de calidad. Este sistema tiene una importancia fundamental en la medición de las trazas de componentes inorgánicos.

### **Cenizas totales**

Desde el punto de vista nutricional, el registro del valor de las cenizas tiene escaso valor, salvo para proporcionar una estimación aproximada del material inorgánico total y verificar la réplica en la destrucción de la matriz. Naturalmente, el valor de las cenizas totales es esencial cuando es necesario calcular los carbohidratos «por diferencia».

En la calcinación en seco, el alimento se incinera en un crisol, normalmente de sílice, aunque también puede emplearse la porcelana (utilizable, pero menos idónea) o el platino (muy costoso, pero el menos reactivo). La matriz alimentaria debe destruirse calentando suavemente al principio para carbonizar la muestra y luego a 500 °C en un horno de mufla (Wills, Balmer y Greenfield, 1980) para impedir que los lípidos (y los azúcares) formen espuma, hasta

la obtención de un residuo blanco (o gris claro). El calentamiento por encima de 500 °C puede provocar la pérdida de metales alcalinos. El procedimiento general está descrito en Osborne y Voogt (1978) y en los métodos oficiales de la AOAC (véase Sullivan y Carpenter, 1993).

En el caso de la digestión húmeda con ácido, la muestra de alimento se calienta en un medio ácido, normalmente una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico. Con frecuencia se incluye en la mezcla de digestión ácido perclórico, aunque esto crea un riesgo de explosión y el procedimiento debe llevarse a cabo en una campana de extracción de humos diseñada para el uso de dicho ácido. La digestión húmeda ofrece la ventaja de que no se puede producir con el crisol ninguna reacción que pueda dar lugar a la formación de silicatos insolubles. La digestión puede realizarse en un matraz de Kjeldahl, pero en este caso se necesita una cantidad mayor de ácido. En particular para el análisis de los oligoelementos, la mejor manera de realizar la digestión es en un recipiente hermético. La mayoría de los proveedores de laboratorios tienen tubos diseñados con este fin. Son de vidrio resistente con un tapón y una pieza de plástico que permite un cierre hermético a prueba de gases inertes. Se introducen en el tubo la porción analítica y el ácido, se cierra y se puede calentar en un horno tradicional o microondas. Luego se deja enfriar completamente el tubo antes de dar salida a los gases con cuidado.

Para los análisis de los oligoelementos, los ácidos utilizados deben ser de la máxima calidad analítica; hay que utilizar blancos de manera habitual y se debe incluir la digestión de los materiales de referencia.

Los instrumentos más utilizados son los espectrofotómetros de absorción atómica, que resultan apropiados para el análisis de la mayor parte de los cationes de interés nutricional. Para el análisis del Na y el K se pueden utilizar los fotómetros de llama, más sencillos.

Hay instrumentos de emisión de plasma, como los espectrómetros con fuente de plasma acoplado por inducción, que permiten el análisis de una amplia variedad de elementos y tienen capacidad para la manipulación de un número elevado de muestras y analitos (McKinstry, Indyl y Kim, 1999). Sin embargo, requieren un gasto de capital inicial elevado y un mantenimiento periódico. Ihnat (1982; 1984) realizó un examen detallado de la aplicación de estos métodos a los alimentos. Sullivan (1993) analiza el uso de estas técnicas en la publicación de la AOAC *Methods of analysis for nutritional labeling* [Métodos de análisis para el etiquetado nutricional] (Sullivan y Carpenter, 1993).

**Preparación de la porción analítica.** Los residuos de la calcinación en seco se suelen disolver en ácido diluido hasta el volumen deseado antes del análisis. Las soluciones de la digestión húmeda han de diluirse normalmente hasta un volumen apropiado antes del análisis.

En los Cuadros 7.9 y 7.10 se presentan los métodos de análisis de los cationes y aniones, respectivamente, en los alimentos.

## Cationes

**Sodio y potasio.** Las técnicas preferidas son la fotometría de llama y la espectrofotometría de absorción atómica (EAA). Se pueden producir interferencias mutuas y se ha observado

Cuadro 7.9 Métodos de análisis de los cationes

| Método   | Aplicación   | Limitaciones  | Costos de capital | Algunas referencias  |
|--|--|---|-------------------|--|
| Fotometría de llama                            | Na <sup>a</sup> , K <sup>a</sup> , Ca, Mg  | Interferencias  | Medios            | Dvorak, Rubeska y Rezac, 1971  |
| EAA con horno electrotérmico                   | Na, K, Ca <sup>a</sup> , Mg <sup>a</sup> , Fe <sup>a</sup> , Cu <sup>a</sup> , Zn <sup>a</sup> , Mn <sup>a</sup> , Co <sup>a</sup> , Cr <sup>a</sup> | Interferencias de aniones; técnicas especiales de supresión | De medios a altos | Osborne y Voogt, 1978; AOAC, 1984  |
| EAA por generación de hidruros                 | Se <sup>a</sup>  |   | De medios a altos | Foster y Sumar, 1996; Murphy y Cashman, 2001   |
| Espectrometría de emisión con fuente de plasma | Prácticamente todos los cationes   | Hay que controlar los efectos de la matriz                  | Muy altos         | AOAC, 1984; McKinstry, Indry y Kim, 1999; Sullivan, 1993; Coni <i>et al.</i> , 1994; Suddendorf y Cook, 1984 |
| Colorimetría                                   | K <sup>b</sup> , Mg, Fe, Cu, Zn <sup>b</sup>   | Técnicas exigentes  | De bajos a medios | Sandell, 1959; Paul y Southgate, 1978; Sullivan y Carpenter, 1993  |
| Precipitación y titulación clásicas            | Ca, Mg   | Tamaño de la muestra analítica; técnicas especializadas     | Bajos             | Paul y Southgate, 1978   |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.

EAA = espectrometría de absorción atómica.

<sup>a</sup> Método preferido.

<sup>b</sup> Métodos difíciles y poco precisos.

interferencia del fósforo. Estos problemas se suelen solucionar mediante la aplicación de patrones apropiados.

**Calcio.** Las técnicas de fotometría de llama y EAA tienen una sensibilidad semejante. Puede haber interferencia del fósforo, pero es posible eliminarla mediante la adición de sales de lantano o la utilización de llamas de  $N_2O$ . Se han usado métodos titulométricos compleximétricos y con los alimentos ricos en calcio se puede recurrir a los métodos gravimétricos clásicos.

**Magnesio.** El método preferible es la EAA, ya que tiene mayor sensibilidad que otros procedimientos, con la excepción del análisis de activación.

**Hierro.** Se puede medir mediante instrumentos de EAA o espectroscopia con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP). Sin embargo, existen métodos colorimétricos válidos.

**Cinc.** Aunque hay métodos colorimétricos, las mejores técnicas son la EAA y la ICP.

**Selenio.** Se ha utilizado ampliamente la EAA por generación de hidruros, probablemente el método preferible en la actualidad (Foster y Sumar, 1996; Murphy y Cashman, 2001). También se ha propuesto como método la voltimetría de redisolución catódica (Inam y Somer, 2000).

**Cobre y otros oligoelementos.** Se puede realizar una medición satisfactoria mediante EAA, pero puede ser necesario recurrir a condiciones especiales. La ICP es una técnica satisfactoria cuando se dispone de ella (Coni *et al.*, 1994). Los métodos colorimétricos para el cobre son bastante válidos (Sullivan y Carpenter, 1993).

## Aniones

**Fósforo.** Se puede medir mediante ICP, pero en muestras de digestión húmeda el método preferido es uno colorimétrico bien contrastado (Fiske y Subbarow, 1925). Si se utilizan muestras de calcinación en seco, hay que hidrolizar los pirofosfatos formados durante la calcinación.

**Cloruro.** Se pueden utilizar diversos métodos. El análisis mediante electrodos de iones específicos representa el sistema más sencillo, pero también es satisfactoria la reacción clásica mediante titulación (Cotlove, Trantham y Bowman, 1958). Asimismo parecen funcionar bien los procedimientos en los que se utiliza la conductimetría automatizada (Silva *et al.*, 1999).

**Yodo.** Se considera que éste es uno de los elementos inorgánicos más difíciles de medir. La AOAC ha utilizado la calcinación en seco seguida de titulación o de GLC (Sullivan y Carpenter, 1993). Los electrodos de iones específicos ofrecen algunas posibilidades.

Cuadro 7.10 Métodos de análisis de los aniones

| Aplicación | Método                          | Limitaciones                 | Costos de capital | Algunas referencias   |
|------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|---|
| Fósforo    | Colorimetría                    |                              | Bajos             | Fiske y Subbarow, 1925  |
| Cloruro    | Titulométrico                   |                              | Medios            | Cotlove, Trantham y Bowman, 1958                                  |
|            | Electrodos de iones específicos | Interferencias               | Medios            | De Clercq, Mertens y Massart, 1974                                |
|            | Conductimetría automatizada     |                              | Altos             | Silva <i>et al.</i> , 1999  |
| Yodo       | Microdestilación                | Contaminación de laboratorio | Medios            | AOAC, 1984  |
|            | Electrodos de iones específicos |                              | Medios            | Hoover, Melton y Howard, 1971                                     |
|            | Calcinación alcalina en seco    |                              | Medios            | AOAC, 1984  |
|            | GLC                             |                              | Altos             | Mitsuhashi y Kaneda, 1990; Sullivan y Carpenter, 1993             |
| Flúor      | Microdestilación                | Laborioso                    | Medios            | AOAC, 1984  |
|            | Electrodos de iones específicos |                              | Medios            | Ferren y Shane, 1969; Kjellevoid-Malde, Bjorvatn y Julshamn, 2001 |
|            | Polarografía                    |                              | Medios            | Guanghan <i>et al.</i> , 1999                                     |
| Azufre     | Gravimétrico                    |                              | Bajos             | Paul y Southgate, 1978  |
|            | Fluorescencia de rayos X        |                              | Altos             | Isherwood y King, 1976  |
| Nitrato    | Colorimetría                    |                              | Bajos             | AOAC, 1980  |
|            | Electrodos de iones específicos |                              | Medios            | Pfeiffer y Smith, 1975; Choi y Fung, 1980                         |
| Nitrato    | HPLC                            |                              | Altos             | Wootton, Kok y Buckle, 1985                                       |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados. GLC = cromatografía gas-líquido; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento.

**Flúor.** Se han perfeccionado métodos polarográficos con una sensibilidad muy buena (Guanghan *et al.*, 1999). También parecen funcionar bien los métodos en los que se utilizan electrodos selectivos de iones (Kjellefold-Malde, Bjorvatn y Julshamn, 2001).

**Azufre.** El azufre se puede medir por medio de la conversión en sulfato de bario (Paul y Southgate, 1978) o mediante fluorescencia de rayos X (Isherwood y King, 1976).

**Nitrato y nitrito.** Entre los métodos figuran la colorimetría (AOAC, 1980), la HPLC (Wooton, Kok y Buckle, 1985) y la electroforesis iónica capilar. También se pueden utilizar los electrodos de iones específicos (Marshall y Trenerry, 1996).

## Vitaminas

El término «vitamina» es más bien fisiológico que químico, ya que expresa cierta actividad fisiológica relacionada con las sustancias químicas responsables de esta actividad. La actividad de las vitaminas puede deberse a un grupo de sustancias químicas, que normalmente tienen una relación estructural entre sí («vitámeros»).

El análisis de las vitaminas presenta varias dificultades para el analista; ha sido, y sigue siendo, considerable la actividad analítica orientada a conseguir el método de análisis ideal para obtener valores químicos que permitan predecir la actividad fisiológica de las vitaminas en las personas en las circunstancias actuales. El método ideal consistiría en medir los distintos vitámeros por separado, de manera que se pudiera calcular un valor para la actividad vitamínica total (Brubacher, Müller-Mulot y Southgate, 1985). Este ideal raramente es posible, debido en parte a la presencia de sustancias sin actividad vitamínica que interfieren.

El examen de los métodos para cada una de las vitaminas se concentra en la manipulación y la preparación de las muestras para el análisis; se trata de factores decisivos, debido a la labilidad de algunas vitaminas. Muchas son sensibles a la luz y algunas se pueden oxidar con gran rapidez. El calentamiento puede aumentar la velocidad de oxidación y también puede provocar la isomerización a formas inactivas; por consiguiente, hay que evitar el calentamiento innecesario.

Existen varios estudios detallados sobre el análisis de las vitaminas en los alimentos (Bates, 2000; Eitenmiller y Landen, 1998; Machlin, 1984; Christie y Wiggins, 1978; Van Niekirk, 1982). El trabajo de Brubacher, Müller-Mulot y Southgate (1985) fue el resultado de un proyecto de colaboración europeo cuya finalidad era la preparación de un manual de métodos comprobados. Sullivan y Carpenter (1993) presentan un examen de los métodos oficiales de la AOAC para las vitaminas. En el Cuadro 7.11 se resumen los métodos para las vitaminas liposolubles y en el Cuadro 7.12 se resumen los correspondientes a las vitaminas hidrosolubles.

### Vitaminas liposolubles

Son las vitaminas A, D, E y K y los carotenoides con actividad de provitamina A. Debido a

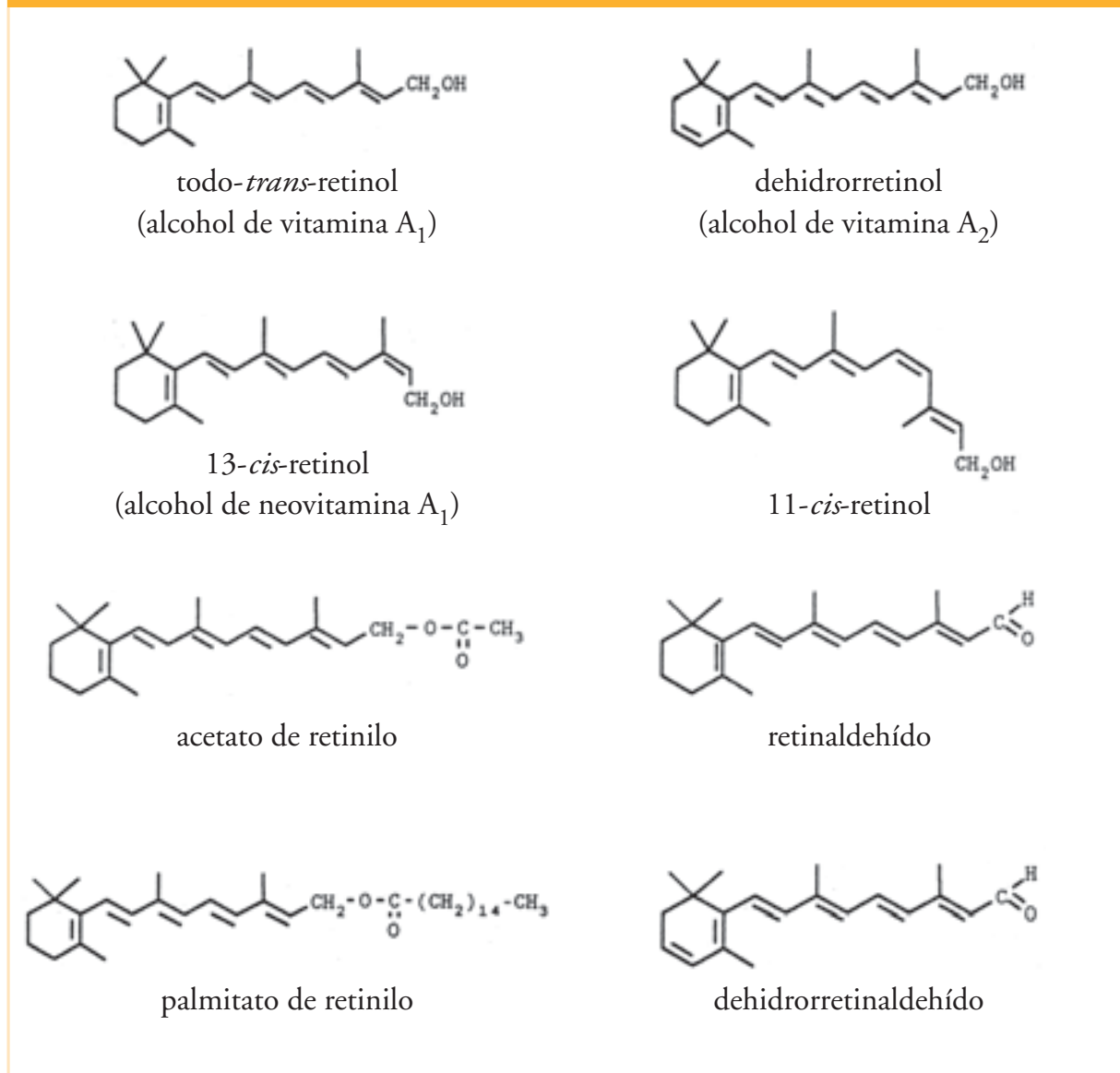


Cuadro 7.11 Métodos de análisis de las vitaminas liposolubles

| Vitamina                  | Método                   | Limitaciones   | Costos de capital | Algunas referencias  |
|---------------------------|--------------------------|--|-------------------|--|
| Vitamina A y carotenoides | Cromatografía            | Escasa recuperación de retinoides; sobreestimación de los carotenoides   | Bajos             | AOAC, 1984; Carr y Price, 1926   |
|                           | HPLC                     | Identificación de los carotenoides   | De medios a altos | Scott, 1992; Scott y Hart, 1993; Scott <i>et al.</i> , 1996; Wills y Rangga, 1996; Taungbodhitham <i>et al.</i> , 1998 |
| Vitamina D                | Bioensayo                | Sólo para niveles bajos; se requieren instalaciones de animales  | De bajos a medios | Kodicek y Lawson, 1967; AOAC International, 1995   |
|                           | Colorimetría             | Falta de precisión y sensibilidad  | Bajos             | Nield, Russell y Zimmerli, 1940; Eisses y De Vries, 1969   |
|                           | GC                       |  | Medios            | Bell y Christie, 1974; Koshy, 1982   |
|                           | HPLC                     | Interferencia de lípidos; dos fases (preparatoria seguida de separación analítica) necesarias para la mayoría de los alimentos | Altos             | Mattila <i>et al.</i> , 1993, 1994, 1995; MAFF, 1997   |
|                           | Radioinmunoensayo        |  | Altos             | Bates, 2000  |
| Vitamina E                | Colorimetría             | Interferencia de sustancias compuestas   | Bajos             | Tsen, 1961; Christie y Wiggins, 1978   |
|                           | GC                       |  | De medios a altos | Christie, Dean y Millburn, 1973  |
|                           | HPLC                     | Técnicas de extracción   | Altos             | Piironen <i>et al.</i> , 1984, 1987  |
| Vitamina K                | Colorimetría             | Falta de especificidad   | Bajos             | Irreverre y Sullivan, 1941; Hassan, Abd El Fattah y Zaki, 1975   |
|                           | Cromatografía en columna |  | Bajos             | Matschner y Taggart, 1967  |
|                           | GC                       |  | De medios a altos | Dialameh y Olson, 1969; Seifert, 1979  |
|                           | HPLC                     | Interferencia de lípidos   | Altos             | Cook <i>et al.</i> , 1999; Indyk y Woollard, 1997; Piironen y Koivu, 2000; Koivu <i>et al.</i> , 1999                  |

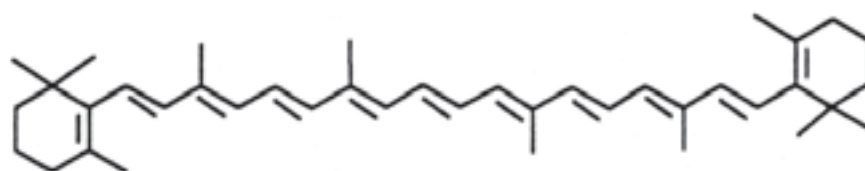
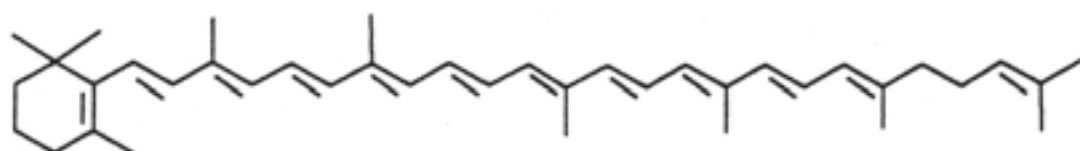
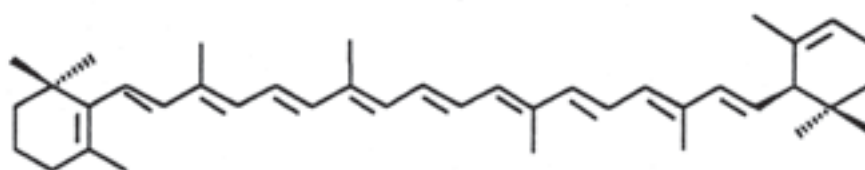
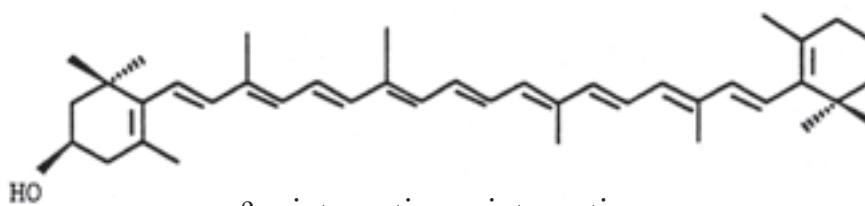
*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.  
GC = cromatografía de gases; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento.

Figura 7.2 Estructuras de los principales retinoides con actividad de vitamina A

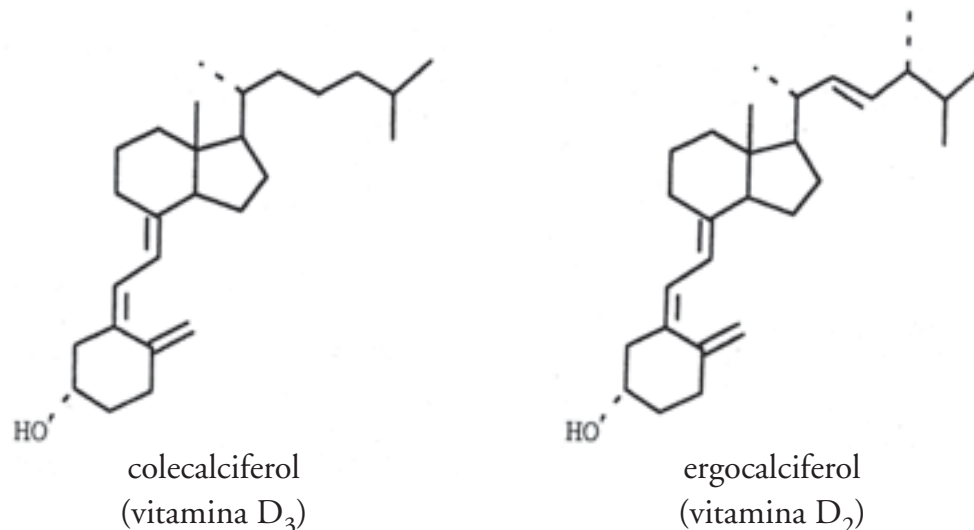


que el interés nutricional también se concentra ahora en los carotenoides no provitamina A, es recomendable ocuparse de ellos en mayor medida.

**Vitamina A.** El término «vitamina A» es genérico e incluye el retinol, sus ésteres y algunos isómeros. El patrón internacional para la vitamina A es el todo-*trans*-retinol, para el cual se definió la unidad internacional (UI) de referencia como 0,3  $\mu\text{g}$  (= 0,344  $\mu\text{g}$  de acetato de retinol) de esta forma de retinol. Hay otros retinoides que muestran alguna actividad, entre ellos los isómeros *cis* del retinol, el retinaldehído, el éster de retinilo, el dehidrorretinol y el dehidrorretinaldehído. En la Figura 7.2 se presentan las estructuras de estas sustancias. La actividad de los vitámeros es en términos generales semejante y por convenio se les atribuye una actividad de vitamina A igual a la del todo-*trans*-retinol.

**Figura 7.3** Estructuras de los principales carotenoides con actividad de vitamina A $\beta$ -caroteno $\gamma$ -caroteno $\alpha$ -caroteno $\beta$ -criptoxantina, criptoxantina

Los procedimientos más antiguos se basaban en la reacción colorimétrica de Carr-Price de separación en columnas de intercambio iónico. Este reacción está muy expuesta a interferencias y el método preferido ahora es la separación mediante HPLC con medición espectrofotométrica. La vitamina A es muy sensible a la luz y todas las porciones analíticas deben prepararse con luz difusa, preferiblemente amarilla. Las muestras de alimentos se saponifican en hidróxido de potasio alcohólico con la adición de un antioxidante, ácido ascórbico, butilhidroxitolueno (BHT) o pirogalol. Las vitaminas se extraen con un disolvente orgánico adecuado. El extracto se evapora con más BHT a temperatura controlada. Para la separación se puede usar la HPLC tanto en fase normal como en fase inversa. En las separaciones en fase

**Figura 7.4** Estructuras de los principales compuestos de los alimentos con actividad de vitamina D

normal la medición se suele hacer por fluorescencia; en las separaciones en fase inversa es preferible la detección y medición UV. Durante todo el proceso de preparación y análisis de la muestra deben cumplirse las normas y hay que controlar periódicamente la pureza (Brubacher, Müller-Mulot y Southgate, 1985).

El interés nutricional se concentraba al principio en los carotenoides que mostraban actividad de provitamina A, es decir, que en el organismo se convertían en vitamina A. Son el  $\beta$ -caroteno, el  $\gamma$ -caroteno, el  $\alpha$ -caroteno y la  $\beta$ -criptoxantina (Figura 7.3). Durante los años noventa se reconoció que había otros muchos carotenos con actividad biológica como antioxidantes, por lo que el presente examen se ocupa de los métodos que permiten la medición de una gama más amplia de carotenoides. Hay alrededor de 600 isómeros de carotenoides (Bauernefeind, 1972), pero muchos de ellos tienen una presencia limitada o aparecen en cantidades pequeñas en los alimentos más comunes. Sigue siendo objeto de debate la manera de presentar los distintos carotenos y su actividad relativa en las bases de datos.

El método clásico consistía en realizar una separación cromatográfica sencilla de los carotenos como grupo y medirlos mediante espectrofotometría frente a un patrón de  $\beta$ -caroteno común (Brubacher, Müller-Mulot y Southgate, 1985). Este sistema se ha sustituido por una separación más detallada utilizando columnas de intercambio iónico y HPLC. Las condiciones aplicadas en la saponificación son decisivas y tienen que estar cuidadosamente controladas, utilizando mezclas estándar. Si se hace esto, se pueden obtener valores comparables (Mangels *et al.*, 1993) con suficiente confianza para crear una base de datos de los carotenoides provitamínicos (Chug-Ahuja *et al.*, 1993).

La HPLC es ahora el método más utilizado y preferido. Scott (1992) y sus colegas (Scott y Hart, 1993; Scott *et al.*, 1996), como parte de un proyecto de la Unión Europea cuyo obje-

tivo era obtener una mezcla de MRN de carotenoides, llevaron a cabo una amplia serie de estudios sobre las diversas etapas de la extracción por saponificación y los análisis mediante HPLC. Otros analistas también han realizado estudios detallados del método (Wills y Rangga, 1996; Taungbodhitham *et al.*, 1998). Estos estudios constituyen la base para obtener valores analíticos válidos de los carotenoides más importantes. Se ha propuesto un sistema revisado de evaluación de los valores publicados para los carotenos teniendo en cuenta estos estudios y en la actualidad se está evaluando la preparación de códigos de calidad.

**Vitamina D.** En los alimentos hay dos formas de vitamina D, el colecalfiferol ( $D_3$ ) y el ergocalciferol ( $D_2$ ). Una UI es equivalente a  $0,025 \mu\text{g}$  de colecalfiferol o ergocalciferol. La vitamina  $D_3$  es la de distribución más amplia (por ejemplo, en los aceites de pescado, muchos tejidos de peces grasos, los huevos, la mantequilla y el queso cremoso) y la  $D_2$  está presente de forma natural en bajas concentraciones en los aceites de pescado y los hongos y es la forma utilizada en el enriquecimiento. Algunas carnes contienen 25-hidroxicolecalfiferol en concentraciones que contribuyen a la actividad de la vitamina D y que hay que tener en cuenta. En la Figura 7.4 se resumen las estructuras de la vitamina D. Las estimaciones de la actividad relativa del colecalfiferol, el ergocalciferol y sus metabolitos presentan variaciones. Lo conveniente parece ser atribuir al 25-hidroxicolecalfiferol un factor de cinco veces la actividad del colecalfiferol (Chan *et al.*, 1995, 1996). Por consiguiente, los valores para las distintas formas se deben presentar siempre por separado en los informes analíticos y las bases de datos de referencia.

La vitamina D está presente en los alimentos en concentraciones muy bajas, por lo que su análisis resulta difícil. Los métodos originales eran métodos biológicos en los que se utilizaban pollos o ratas jóvenes (por ejemplo, el método n.º 936.14 [AOAC International, 1995]). Estos métodos son difíciles de aplicar y en general su precisión era escasa. El principal problema con el análisis de la vitamina D es que casi todas las fuentes de alimentos contienen otros lípidos que tienden a interferir (Ball, 1998).

Koshy (1982) examinó la cromatografía de gases (GC), pero la técnica preferida ahora es la HPLC y se han publicado varios métodos (colecalfiferol y 25-hidroxicolecalfiferol en la yema de huevo [Mattila *et al.*, 1993], ergocalciferol y 25-hidroxi-ergocalciferol en hongos comestibles [Mattila *et al.*, 1994] y colecalfiferol, ergocalciferol y sus metabolitos 25-hidroxi en la leche y las carnes [Mattila *et al.*, 1995]). En las tablas de composición de alimentos del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte se utilizaron métodos análogos (no publicados) para las carnes (Chan *et al.*, 1995, 1996) (V. Grace, UK Food Standards Agency, comunicación personal). El método más útil disponible consta de una etapa semipreparativa preliminar de la HPLC que elimina gran parte de las interferencias de otros lípidos. La muestra de alimento se saponifica en hidróxido de potasio alcohólico en atmósfera de nitrógeno con la adición de un antioxidante, ácido ascórbico, hidroquinona, pirogalol o BHT, antes de la solución de saponificación. Los lípidos no saponificados se extraen con un disolvente orgánico apropiado. Se utiliza un estándar interno de la forma de vitamina D no presente en la muestra. Los lípidos no saponificados se concentran mediante evaporación rotatoria a baja

temperatura. El extracto se disuelve en la fase móvil de la HPLC semipreparativa. Las condiciones se controlan cuidadosamente para conseguir recoger con precisión la vitamina D.

La separación analítica puede llevarse a cabo mediante HPLC de fase normal o inversa con detección UV. Se recomienda la fase inversa para la separación analítica después de la fase normal para la etapa semipreparativa.

El 25-hidroxicolecalciferol puede medirse por medio de la HPLC, como se ha mencionado más arriba (MAFF, 1997), pero en el momento presente probablemente el mejor sistema sea el radioinmunoensayo, cuando se disponga de los fondos y el equipo necesarios (Bates, 2000).

**Vitamina E.** La actividad de la vitamina E se manifiesta de manera natural en ocho sustancias cuya estructura se basa en los tocoferoles y los tocotrienoles (véase la Figura 7.5). Cada vitámero tiene una actividad vitamínica diferente en comparación con el  $\alpha$ -tocoferol, que se considera la estructura primaria. Por consiguiente, el método analítico preferido es el que separa y mide todos los distintos vitámeros.

Las muestras de alimentos se saponifican utilizando hidróxido de potasio alcohólico. Los vitámeros de la vitamina E son susceptibles a la oxidación a temperaturas más elevadas en condiciones alcalinas y deben protegerse realizando la saponificación en atmósfera de nitrógeno con la adición de antioxidantes. Las condiciones de la saponificación son semejantes a las utilizadas para las vitaminas A y D.

También existe un método colorimétrico, la reacción de Emmerie Engel con la reducción de cloruro férrico y la reacción con  $\alpha, \alpha'$ -dipiridina o 4,7-difenantrolina. Los complejos son bastante inestables y dan un valor total del tocoferol. El método colorimétrico fue sustituido en primer lugar por la GLC y luego por la HPLC, que es ahora el método preferido.

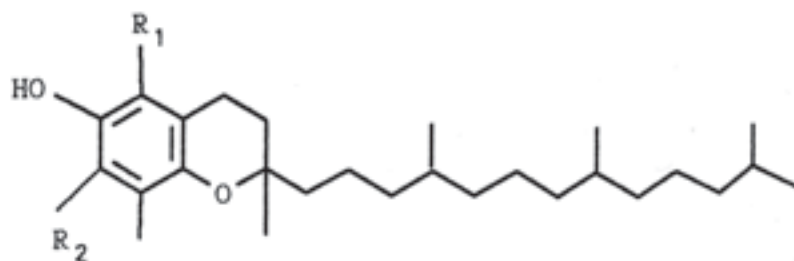
Puede utilizarse la HPLC tanto de fase normal como inversa, aunque la primera es el mejor sistema y separa todos los vitámeros. Para la detección se aplica la fluorescencia (Piironen *et al.*, 1984, 1987). Se utilizan patrones externos, que es necesario someter a una verificación espectrofotométrica.

**Vitamina K.** Poseen actividad de vitamina K la filoquinona ( $K_1$ ), las menaquinonas (grupo  $K_2$ ) y la menadiona ( $K_3$  sintética). Las estructuras se presentan en la Figura 7.6.

La vitamina K es sensible a los álcalis y a la radiación UV y es preciso tomar las precauciones apropiadas durante las operaciones analíticas. Hay procedimientos colorimétricos, pero carecen de especificidad y han sido sustituidos, dando preferencia a otros métodos. La mayor atención analítica se ha concentrado en la medición de la vitamina  $K_1$ . Un problema importante en el análisis es la presencia de lípidos, que hay que eliminar mediante la digestión con lipasa antes de la extracción con hexano (Indyk y Woollard, 1997). El disolvente se evapora bajo una corriente de nitrógeno y el residuo se disuelve en metanol, que se aplica a una columna de HPLC de fase inversa. El eluato se reduce con cinc después de la columna y luego se mide la fluorescencia.

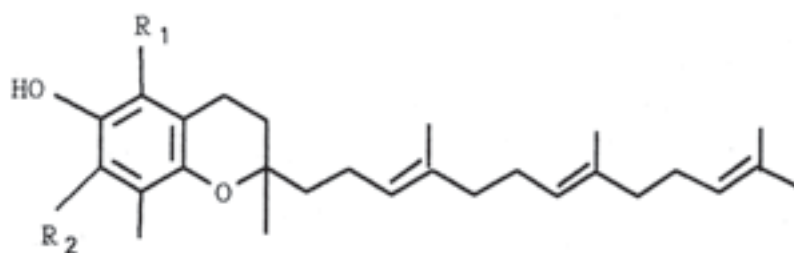
Se han utilizado separaciones semipreparativas después de la digestión (Cook *et al.*, 1999) y también se han propuesto sistemas de detección dual de electrodos (Piironen y Koivu,

Figura 7.5 Estructuras de los principales compuestos con actividad de vitamina E



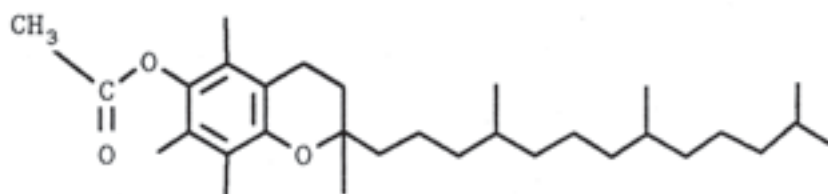
tocoferoles

| R <sub>1</sub>  | R <sub>2</sub>  |                    |
|-----------------|-----------------|--------------------|
| CH <sub>3</sub> | CH <sub>3</sub> | α-tocoferol (α- T) |
| CH <sub>3</sub> | H               | β-tocoferol (β- T) |
| H               | CH <sub>3</sub> | γ-tocoferol (γ- T) |
| H               | H               | δ-tocoferol (δ- T) |



tocotrienoles

| R <sub>1</sub>  | R <sub>2</sub>  |                                    |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| CH <sub>3</sub> | CH <sub>3</sub> | α-tocotrienol (α- T <sub>3</sub> ) |
| CH <sub>3</sub> | H               | β-tocotrienol (β- T <sub>3</sub> ) |
| H               | CH <sub>3</sub> | γ-tocotrienol (γ- T <sub>3</sub> ) |
| H               | H               | δ-tocotrienol (δ- T <sub>3</sub> ) |



acetato de α-tocoferol

2000). La mayoría de los autores señalan la gran variabilidad de los valores obtenidos e insisten en la necesidad de un muestreo repetido apropiado y de la replicación de los análisis (Piironen *et al.*, 1997; Jakob y Elmadfa, 1996).

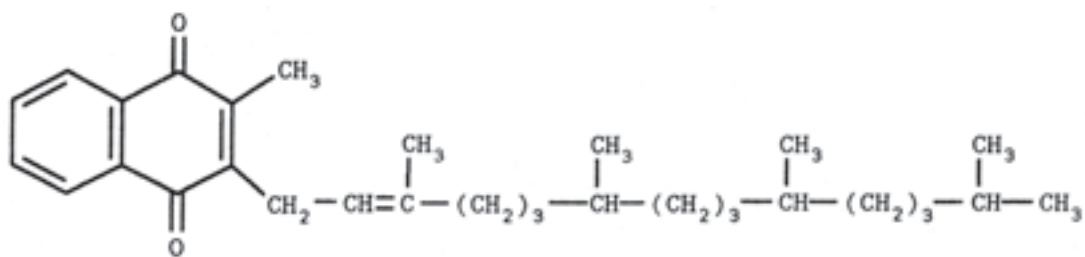
### Vitaminas hidrosolubles

Comprenden la vitamina C y varias vitaminas del grupo B. El estudio de la vitamina C tiene una larga tradición (Carpenter, 1986) y se examina en primer lugar.

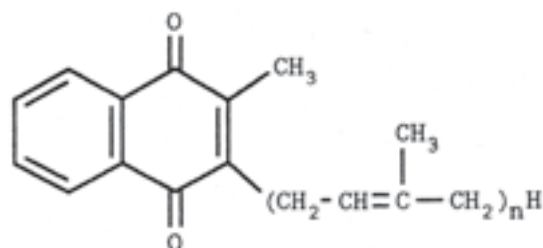
**Vitamina C.** Hay dos sustancias que muestran actividad de vitamina C: el ácido L-ascórbico y el primer producto de su oxidación, el ácido L-dehidroascórbico (Figura 7.7). El isómero D (ácido eritórbico), que se utiliza como aditivo alimentario antioxidante, no es activo. El ácido ascórbico es un potente reductor que se oxida con mucha rapidez, especialmente a temperaturas elevadas y en soluciones alcalinas. Durante la preparación de muestras de alimentos para el análisis es especialmente importante reducir al mínimo las pérdidas debidas a la oxidación (Brubacher, Müller Mulot y Southgate, 1985).

En la mayoría de los alimentos frescos, la cantidad de ácido dehidroascórbico es muy baja y para muchos fines puede ser suficiente la medición del ácido ascórbico exclusivamente. Así pues, la reducción del 2,6-diclorofenolindofenol es el método más sencillo y fiable (métodos n.º 967.21 y n.º 985.83 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]).

**Figura 7.6** Estructuras de las principales sustancias naturales con actividad de vitamina K



filoquinona (vitamina K<sub>1</sub>)



menaquinona-n (MK-n, vitamina K<sub>2</sub>)



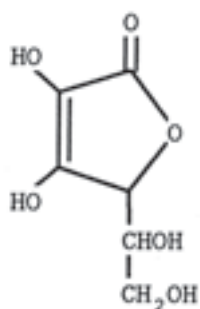
El método colorimétrico de Roe y Kuether (1943), en el que interviene la reacción con 2,4 dinitrofenilhidracina, mide tanto el ácido ascórbico como el dehidroascórbico.

El método de Deutsch y Weeks (1965) también mide ambas formas activas por medio de la fluorimetría, previa oxidación, y está reconocido como método oficial por la AOAC, tal como se describió en un principio y en una versión semiautomatizada (métodos n.º 984.26 y n.º 967.22 [Sullivan y Carpenter, 1993]). Cuando no hay sospechas de presencia de ácido eritórbico, probablemente el método preferido sea el fluorimétrico. Ahora está generalizado el uso de las técnicas de HPLC que se perfeccionaron en los años ochenta (Finley y Duang, 1981; Rose y Nahrwold, 1981; Keating y Haddad, 1982; Wimalasiri y Wills, 1983) para la medición por separado de los ácidos ascórbico, dehidroascórbico y eritórbico con unos resultados satisfactorios (Schüep y Keck, 1990).

**Vitaminas B.** Este grupo comprende varias vitaminas de estructura distinta que se agruparon en un principio debido a que eran hidrosolubles. El sistema inicial de medición de estas vitaminas, algunas de las cuales están presentes en concentraciones muy bajas, consistía en métodos microbiológicos selectivos (Bell, 1974; Ball, 1994), y para algunas vitaminas, los folatos totales y la vitamina B<sub>12</sub> los ensayos microbiológicos siguen siendo los únicos métodos practicables. Para el resto de las vitaminas B se han puesto a punto y ensayado en colaboración procedimientos químicos más específicos, especialmente la HPLC.

**Tiamina.** Las estructuras de las sustancias que muestran actividad tiamínica (B<sub>1</sub>) aparecen en la Figura 7.8. La tiamina es sensible al calor y las condiciones alcalinas y hay que tomar las precauciones apropiadas durante su análisis. La tiamina se puede medir microbiológicamente utilizando *Lactobacillus viridescens* o *L. fermentum*, pero la mayor parte de los análisis se basan en su oxidación a tiocromo, que se puede medir directamente por fluorimetría. La mejor manera de hacer esto es conjuntamente con la separación mediante HPLC de las sustan-

**Figura 7.7** Estructuras de los principales compuestos comunes con actividad de vitamina C



ácido ascórbico



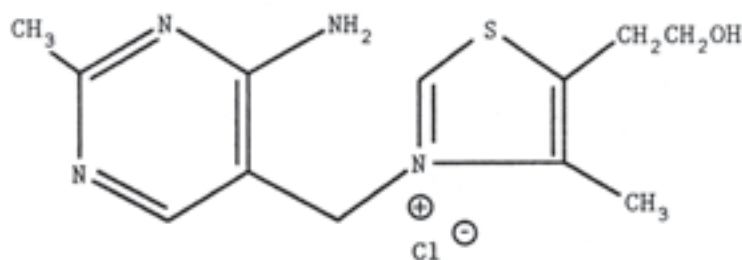
ácido dehidroascórbico

cias que interfieren. La tiamina, la riboflavina y la vitamina B<sub>6</sub> están presentes en los alimentos como cofactores enzimáticos combinados con fosfato, por lo que se deben hidrolizar y tratar con fosfatasa antes del análisis. En las primeras descripciones de los métodos para estas vitaminas se utilizaban condiciones distintas, pero en varios estudios en colaboración (van den Berg *et al.*, 1996; Ndaw *et al.*, 2000) se ha demostrado que puede utilizarse un método común para la preparación de las muestras de alimentos.

La muestra de alimento se hidroliza con ácido y luego se trata con takadiastasa o con una fosfatasa. Algunos autores utilizan una precolumna de intercambio iónico (Bognar, 1981). Luego se oxida el extracto con ferricianato potásico para formar el tiocromo; a continuación se analiza éste utilizando una columna de HPLC de fase inversa y se mide el tiocromo por fluorimetría. Los análisis se controlan utilizando un estándar externo. También se puede usar una oxidación postcolumna. En el amplio estudio en colaboración descrito por van den Berg *et al.* (1996), las variaciones entre las distintas prácticas en una serie de laboratorios no influyeron en los resultados globales del método. Los resultados microbiológicos también mostraron una concordancia satisfactoria con los de los métodos de HPLC.

**Riboflavina.** La estructura de la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>) se presenta en la Figura 7.9. Está presente en los alimentos como riboflavina libre o riboflavin-5'-fosfato (flavina mononucleótido, FMN) o como flavina adenina dinucleótido (FAD). La vitamina es muy sensible a la luz y la radiación UV, pero relativamente estable al calor y el oxígeno atmosférico. Por consiguiente, las operaciones analíticas deben llevarse a cabo en condiciones que reduzcan al mínimo la exposición a la luz. La vitamina se debe extraer de los alimentos mediante tratamiento con ácido y una enzima fosfatasa apropiada. La riboflavina puede medirse directamente utilizando métodos fluorimétricos, aunque muchos alimentos contienen sustancias que interfieren y para su separación se prefiere el sistema de la HPLC (Wimalasiri y Wills, 1985; Schüep y Steiner, 1988; Arella *et al.*, 1996). El método más utilizado es la separación mediante HPLC de fase inversa que utiliza la detección por fluorescencia. En el estudio en colaboración descrito por van den Berg *et al.* (1996), las pequeñas variaciones en los métodos

Figura 7.8 Estructura de la tiamina (vitamina B<sub>1</sub>)



Cuadro 7.12 Métodos de análisis de las vitaminas hidrosolubles

| <i>Vitamina</i> | <i>Método</i>            | <i>Limitaciones</i>  | <i>Costos de capital</i> | <i>Algunas referencias</i>  |
|-----------------|--------------------------|--|--------------------------|---|
| Vitamina C      | Titulación con colorante | Mide sólo el ácido ascórbico; los pigmentos interfieren                  | Bajos                    | AOAC, 1984  |
|                 | Colorimetría             | Mide también las sustancias inactivas                                    | Bajos                    | Roe y Kuether, 1943   |
|                 | Fluorimetría             | No separa los ácidos ascórbico y dehidroascórbico                        | Bajos                    | Deutsch y Weeks, 1965   |
|                 | GLC                      |  | Medios                   | Schlack, 1974   |
| Tiamina         | HPLC                     | La purificación y la detección de homólogos por separado añaden retrasos | Altos                    | Keating y Haddad, 1982; Wimalasiri y Wills, 1983; Speek, Schrijver y Schreurs, 1984; Schüep y Keck, 1990  |
|                 | Microbiológico           | Tiempo   | Bajos                    | Bell, 1974  |
|                 | Fluorimetría             |  | Bajos                    | AOAC, 1984  |
| Riboflavina     | HPLC                     |  | Altos                    | Fellman <i>et al.</i> , 1982; van den Berg <i>et al.</i> , 1996; Wimalasiri y Wills, 1985   |
|                 | Microbiológico           | Tiempo   | Bajos                    | Osborne y Voogt, 1978; AOAC, 1984   |
|                 | Fluorimetría             |  | Bajos                    | AOAC, 1984  |
|                 | HPLC                     |  | Altos                    | Fellman <i>et al.</i> , 1982; Wimalasiri y Wills, 1985; Wills, Wimalasiri y Greenfield, 1985; Schüep y Steiner, 1988; van den Berg <i>et al.</i> , 1996 |
| Niacina         | Microbiológico           | Tiempo   | Bajos                    | Osborne y Voogt, 1978; AOAC, 1984; Sullivan y Carpenter, 1993   |
|                 | Colorimetría             | Reactivo peligroso   | Bajos                    | AOAC, 1984; Sullivan y Carpenter, 1993  |
|                 | HPLC                     |  | Altos                    | Finglas y Faulks, 1987; Lahéy, Bergaentzlé y Hasselmann, 1999; Rose-Salin <i>et al.</i> , 2001  |

*(continúa)*

Cuadro 7.12 (continuación)

| <i>Vitamina</i>          | <i>Método</i>                                 | <i>Limitaciones</i>  | <i>Costos de capital</i> | <i>Algunas referencias</i>  |
|--------------------------|---|--|--------------------------|---|
| Vitamina B <sub>6</sub>  | Microbiológico                                | Tiempo; las respuestas a distintos vitámeros pueden no ser iguales; sólo valores totales | Bajos                    | Osborne y Voogt, 1978; Guilarte, McIntyre y Tsan, 1980; Sullivan y Carpenter, 1993      |
|                          | HPLC  |  | Altos                    | van den Berg <i>et al.</i> , 1996; Ndaw <i>et al.</i> , 2000                            |
|                          | Radiométrico-microbiológico                   |  | Altos                    | Guilarte, Shane y McIntyre, 1981  |
| Vitamina B <sub>12</sub> | Microbiológico                                |  | Bajos                    | Thompson, Dietrich y Elvehejem, 1950; Jay, 1984; AOAC, 1984; Sullivan y Carpenter, 1993 |
|                          | Radioisotópico                                |  | Altos                    | Casey <i>et al.</i> , 1982; Bates, 2000   |
| Folatos (folacina)       | Microbiológico                                | Las respuestas a distintos vitámeros pueden no ser iguales; sólo valores totales         | Bajos                    | Wright y Phillips, 1985; AOAC, 1984; Shrestha, Arcot y Paterson, 2000                   |
|                          | HPLC  | No todos los vitámeros se miden bien   | Altos                    | Finglas <i>et al.</i> , 1999; Vahteristo <i>et al.</i> , 1996                           |
| Ácido pantoténico        | Microbiológico                                |  | Bajos                    | Bell, 1974; AOAC, 1984; Sullivan y Carpenter, 1993                                      |
|                          | HPLC  |  | Altos                    | Woollard, Indyk y Christiansen, 2000  |
| Biotina                  | Microbiológico                                |  | Bajos                    | Bell, 1974  |
|                          | Dilución isotópica                            |  | Altos                    | Hood, 1975  |
|                          | Radiométrico-microbiológico                   |  | Altos                    | Guilarte, 1985  |
|                          | Radioinmunoensayo mediante unión de proteínas |  | Altos                    | Bates, 2000   |
|                          | HPLC  |  | Altos                    | Lahéy <i>et al.</i> , 1999  |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados. GLC = cromatografía gas-líquido; HPLC = cromatografía líquida de alto rendimiento.

Figura 7.9 Estructura de la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>)

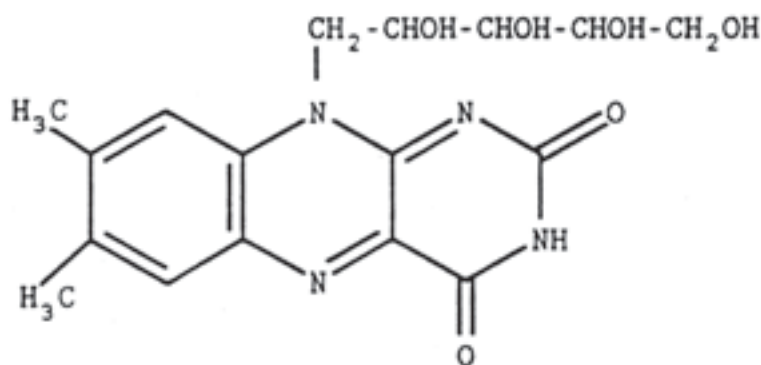


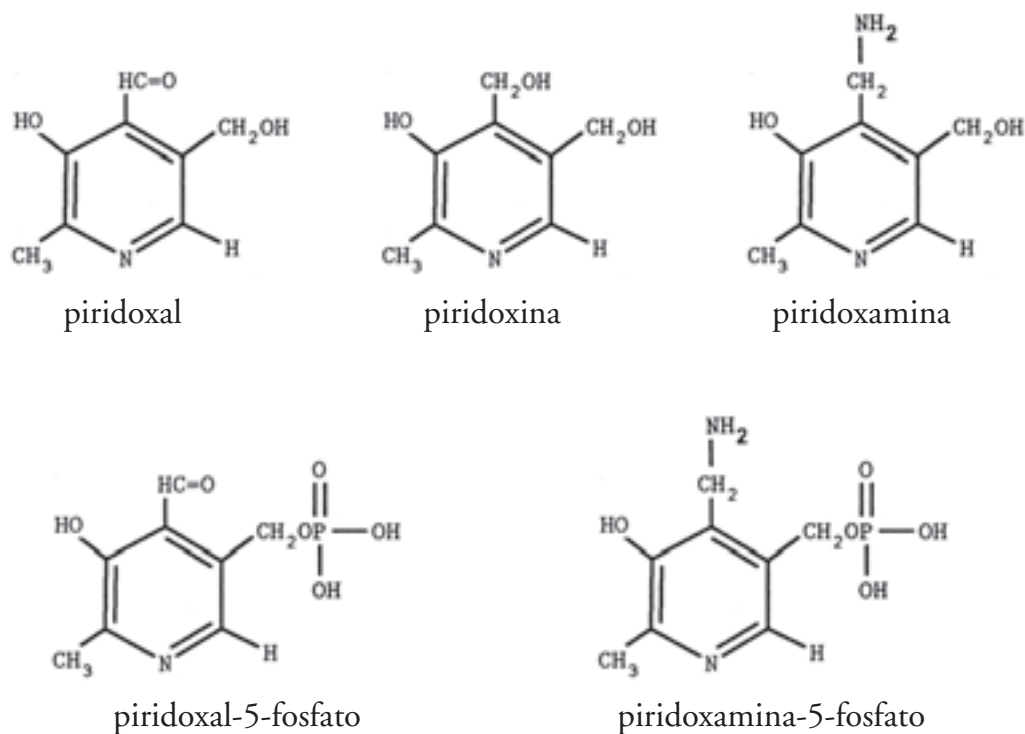
Figura 7.10 Estructuras de la niacina y la niacinamida (vitamina B<sub>3</sub>)



locales no afectaron a los resultados. El ensayo microbiológico con *Saccharomyces carlsbergensis* y *S. uvarum* solía dar resultados ligeramente más elevados que la HPLC, como habían observado anteriormente Hollman *et al.* (1993).

**Niacina.** La actividad de la niacina se debe al ácido nicotínico y la nicotinamida (Figura 7.10). Ambas formas son estables al oxígeno atmosférico, la luz y el calor en estado seco y en solución acuosa. En los cereales se han encontrado varias formas ligadas que se pueden extraer mediante un álcali, pero probablemente no estén biodisponibles. El triptófano también se metaboliza a niacina, en cuya actividad total se debe incluir la contribución del triptófano (Paul, 1969).

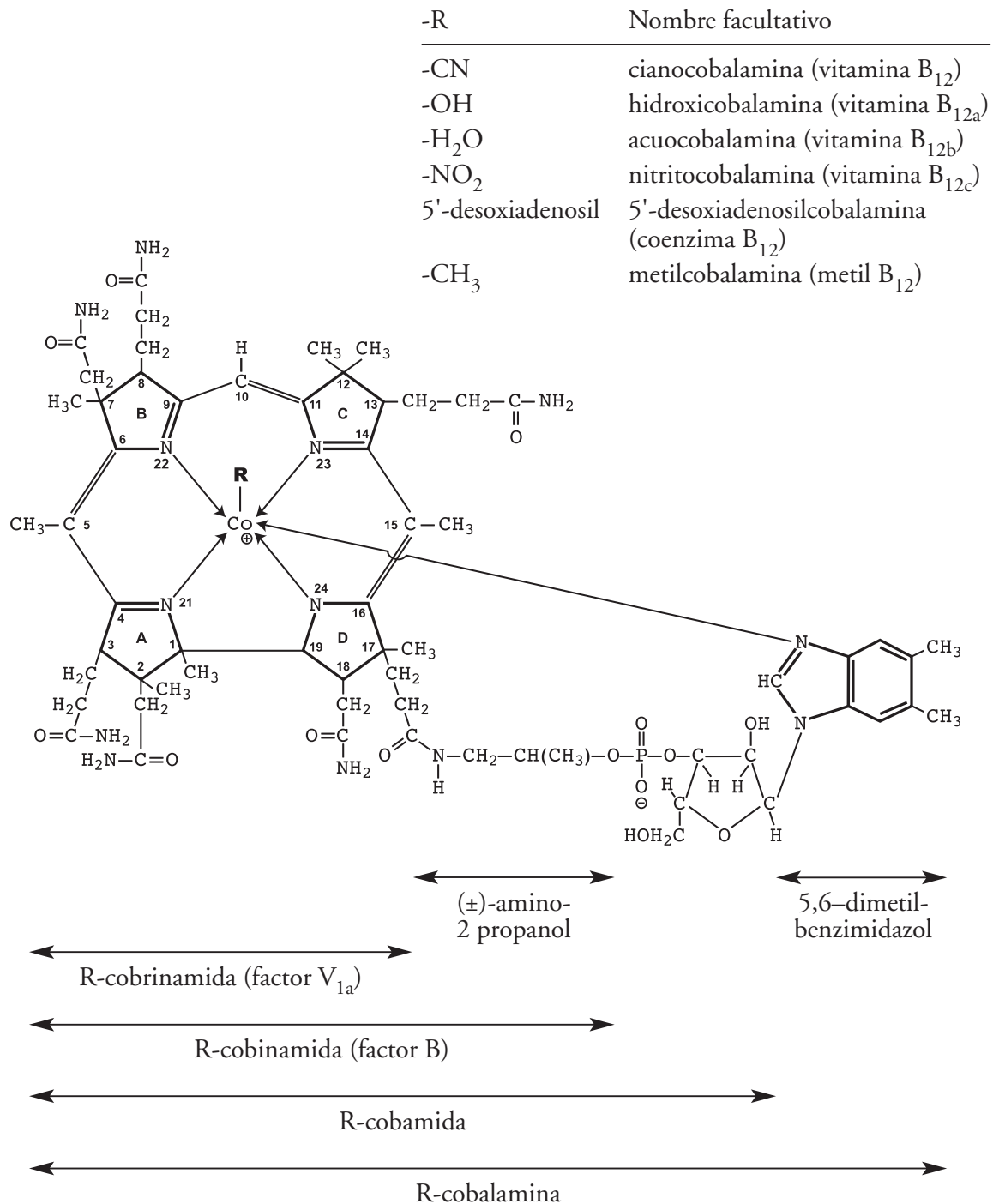
La niacina puede medirse microbiológicamente con *Lactobacillus plantarum* (métodos n.º 960.46, 944.13 y 985.34 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]). También se han utilizado métodos colorimétricos basados en la reacción de Konig, utilizando la oxidación con bromuro de cianógeno y la reacción con p-amino-benzoil-dietilaminoetanol (métodos n.º 961.14, 981.16 y 975.41 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]), pero el carácter tóxico del bromuro de cianógeno hace que sea difícil recomendar estos métodos para su uso ordinario.

Figura 7.11 Estructuras de las sustancias más comunes con actividad de vitamina B<sub>6</sub>

Se ha propuesto un método de HPLC que parece funcionar razonablemente bien (Finglas y Faulks, 1987). Tras una hidrólisis ácida, la muestra del alimento se filtra, se trata con un álcali, se pasa por el autoclave y se microfiltra antes de aplicar la HPLC de fase inversa y la detección por fluorescencia. Se ha propuesto un protocolo de extracción simplificado (Lahély, Bergaentzlé y Hasselmann, 1999) y se ha demostrado que funciona bien con una serie de alimentos (Rose Sallin *et al.*, 2001).

**Vitamina B<sub>6</sub>.** Hay cinco sustancias que muestran actividad de vitamina B<sub>6</sub>, cuyas estructuras aparecen en la Figura 7.11: la piridoxamina, la piridoxina, el piridoxal y los ésteres fosforados correspondientes.

Por consiguiente, la actividad de la vitamina B<sub>6</sub> no se puede medir por medio de un método para una sola sustancia. El ensayo microbiológico utilizando *Saccharomyces carlsbergensis* da una medida de la actividad total (métodos n.º 960.46, 961.15 y 985.32 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]). El ensayo se lleva a cabo después de una hidrólisis ácida y una hidrólisis enzimática de los fosfatos, pudiéndose utilizar los mismos procedimientos de extracción que para la tiamina y la riboflavina (van den Berg *et al.*, 1996; Ndaw *et al.*, 2000). La hidrólisis ácida también hidroliza los glucósidos, que están presentes en los alimentos vegetales y que pueden estar biodisponibles o no para las personas.

Figura 7.12 Estructuras de la vitamina B<sub>12</sub> y sustancias análogas

Fuente: Adaptado, con autorización, de Brown, G.M. y Reynolds, J.J., *Annual Review of Biochemistry*, 32: 419-62. © 1963 por Annual Reviews Inc.; reproducido con autorización de Shils, M.E. y Young, V. (1988). *Modern nutrition in health and disease*. 7<sup>a</sup> ed. Filadelfia, PA, Estados Unidos, Lea & Febiger.

La comparación de la HPLC y el ensayo microbiológico ha puesto de manifiesto que es necesario seguir investigando (van den Berg *et al.*, 1996; Bergaentzlé *et al.*, 1995). Ndw *et al.* (2000) utilizaron un procedimiento de extracción sin la etapa de la hidrólisis ácida y el método de HPLC de Schüep y Steiner (1988), obteniendo buenos resultados en este procedimiento con materiales estándar.

**Vitamina B<sub>12</sub>.** Hay un grupo de estructuras complejas con actividad de vitamina B<sub>12</sub> (Figura 7.12). El sistema clásico de medición ha sido el microbiológico con *Lactobacillus leichmanii*.

Los niveles de vitamina B<sub>12</sub> en los alimentos son muy bajos y se extrae con agua caliente o un tampón en presencia de cianuro de potasio, que convierte la vitamina en la forma ciano- (métodos n.º 960.46, 952.20 y 986.23 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]).

Se han establecido varios métodos sensibles para uso clínico (Bates, 1997; 2000) valiéndose de la unión competitiva de proteínas y diversos radioinmunoensayos, pero no se han evaluado en una serie de alimentos.

**Folatos.** Los folatos comprenden un grupo de sustancias relacionadas con el ácido fólico (ácido pteroilglutámico). El ácido fólico no está presente en forma natural en los alimentos, pero se utiliza en gran medida en su enriquecimiento o como complemento. La mayor parte de los folatos presentes en la naturaleza son derivados de los ácidos 5,6,7,8-tetrahidrofólicos y existen en las formas de monoglutamato o poliglutamato. Sus estructuras se resumen en la Figura 7.13.

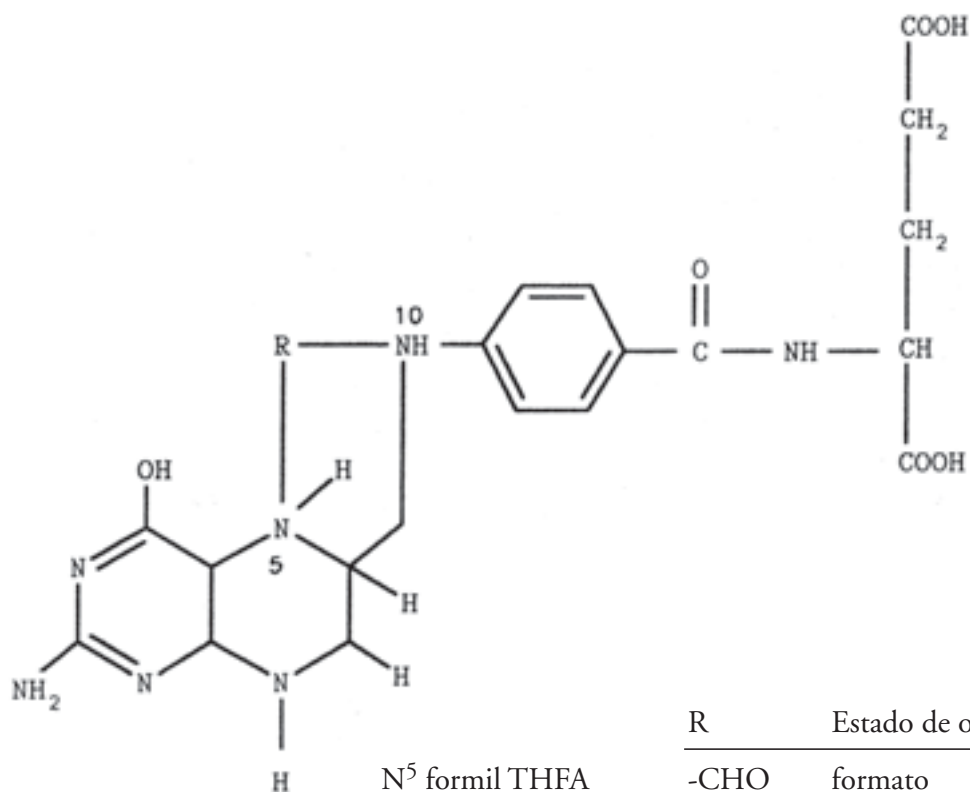
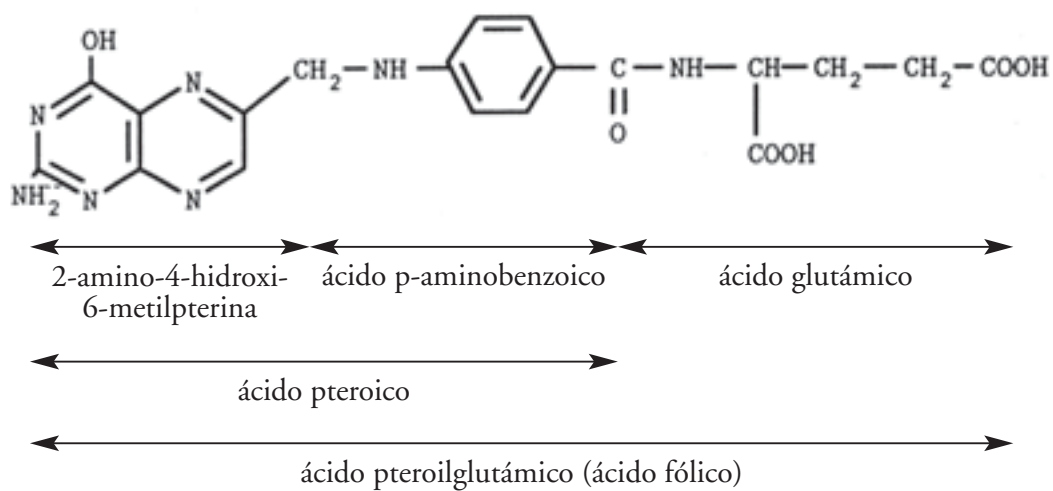
La actividad biológica de las diversas formas difiere, por lo que el procedimiento nutricional analítico ideal debería incluir la medición de los distintos vitámeros.

La mejor manera de medir los valores de los folatos totales es mediante ensayo microbiológico utilizando *Lactobacillus rhamnosis (casei)*. La mayor parte de los organismos no pueden utilizar las formas de poliglutamato, siendo una etapa preliminar en el análisis la desconjugación con una enzima apropiada (de riñón de cerdo, páncreas de pollo, plasma humano). La extracción se realiza en presencia de ácido ascórbico para reducir al mínimo la oxidación. El extracto se trata con una combinación de proteasa, lipasa y enzimas amilolíticas, que mejoran la eficacia de la extracción. Con las distintas conjugasas se obtienen resultados análogos. Hubo un tiempo en el que se suponía que la medición del folato antes y después de la desconjugación daría valores del folato «libre» y los folatos totales. Los organismos responden en diversa medida a los derivados del glutamato, por lo que la idea es errónea. Phillips y Wright (1982, 1983), Wright y Phillips (1985) y Shrestha, Arcot y Paterson (2000) estudiaron las condiciones para el ensayo microbiológico; estos procedimientos dan una determinación cuantitativa satisfactoria.

Ahora está muy extendida la utilización de la separación de los distintos vitámeros de los folatos mediante técnicas de HPLC (Finglas *et al.*, 1999) y en algunas bases de datos figuran sus valores. En los estudios de comparación realizados se ha comprobado que los valores para el 5 metiltetrahidrofolato mostraban una concordancia razonable, pero ésta no era satisfactoria con otros vitámeros (Vahteristo *et al.*, 1996). En estudios posteriores sobre la normalización de los métodos de HPLC se ha observado que, si bien es posible medir la



Figura 7.13 Estructuras de la folacina (folatos)



| R                              | Estado de oxidación           |
|--------------------------------|-------------------------------|
| N <sup>5</sup> formil THFA     | -CHO      formato             |
| N <sup>10</sup> formil THFA    | -CHO      formato             |
| N <sup>5</sup> formimino THFA  | -CH=NH      formato           |
| N <sup>5,10</sup> metenil THFA | >CH      formato              |
| N <sup>5,10</sup> metilen THFA | >CH <sub>2</sub> formaldehído |
| N <sup>5</sup> metil THFA      | -CH <sub>3</sub> metanol      |

forma 5 metilo con una confianza razonable, los otros vitámeros siguen sin poder medirse de manera apropiada con los métodos existentes basados en la detección fluorimétrica. Hay un kit para el ácido fólico y Arcot, Shrestha y Gusanov (2002) han publicado una evaluación.

**Ácido pantoténico.** La estructura del ácido pantoténico aparece en la Figura 7.14. El ácido pantoténico en su forma libre es inestable y extraordinariamente higroscópico. Suele estar presente unido a proteínas o en forma de sales. La única forma activa es la dextro-. El método clásico es el microbiológico utilizando *Lactobacillus plantarum* como microorganismo de prueba (Bell, 1974; métodos n.º 960.46 y 945.74 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]). El alimento se extrae con agua y cuando es rico en grasas conviene eliminarlas antes del análisis. El extracto acuoso se suele pasar por el autoclave y se ajusta el pH con ácido y álcali a alrededor de 6,8. La mezcla se incuba durante una noche y luego se somete a tratamiento térmico para detener el crecimiento, que se mide mediante turbidimetría.

**Biotina.** La biotina está presente en los alimentos en forma de vitamina libre y unida a proteínas. En la Figura 7.15 se presenta la estructura de la vitamina. El método clásico es el micro-

Figura 7.14 Estructura del ácido pantoténico

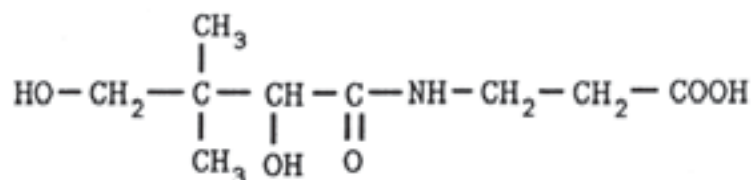
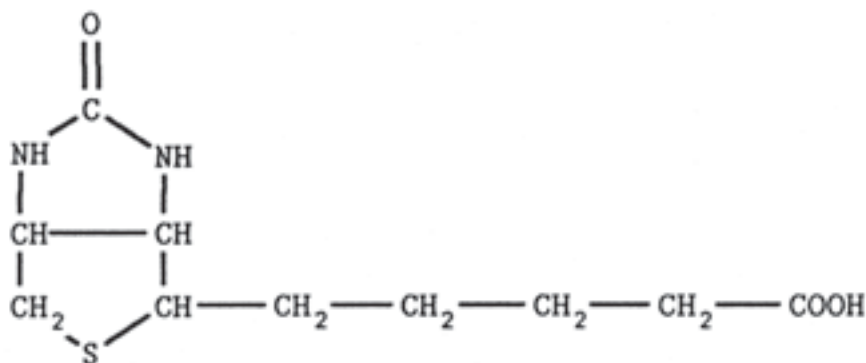


Figura 7.15 Estructura de la biotina



biológico utilizando *Lactobacillus plantarum* (Bell, 1974; método n.º 960.46 de la AOAC [Sullivan y Carpenter, 1993]). También se ha descrito un método de HPLC (Lahély *et al.*, 1999). Para obtener la vitamina del alimento es necesaria una extracción preliminar con ácido seguida de tratamiento con papaína. En el método de HPLC se utiliza la separación de fase inversa, la derivación postcolumna con avidina-5-isocianato de fluoresceína y la detección mediante fluorescencia.

También se han descrito radioensayos utilizando la proteína de unión específica (Bates, 2000).

### Componentes bioactivos de los alimentos

Pennington (2002) ha publicado un examen exhaustivo de las bases de datos de composición de alimentos para los componentes bioactivos de éstos, con inclusión de los flavonoides, los taninos, los sulfuros de alilo, la capsaicina, los indoles, los lignanos, los monoterpenos, los ácidos fenólicos, los esteroides vegetales y los productos probióticos, clasificados por alimentos y por sustancias, disponible como bibliografía anotada de más de 400 páginas sobre cada uno de los componentes (Pennington, 2001). Dado el número y la diversidad de estos componentes, no es posible examinar los métodos para todos ellos (Speijers y van Egmond, 1999). Por consiguiente, esta sección se concentra en los métodos para medir los flavonoides, los isoflavonoides, los lignanos y la actividad antioxidante total, teniendo en cuenta el hecho de que han despertado mucho interés en los últimos años. Los métodos para los esteroides vegetales se han examinado antes en este mismo capítulo.

**Flavonoides.** Hertog, Hollmann y Venema (1992) prepararon un método rápido basado en la HPLC de fase inversa con detección UV para la determinación cuantitativa de cinco agliconas flavonoides importantes (quercetina, kaempferol, miricetina, luteolina y apigenina) en hortalizas y frutas liofilizadas, previa hidrólisis ácida de los glucósidos parentales. En fecha más reciente, Merken y Beecher (2000) han publicado un método de HPLC de gradiente con detección de matriz de fotodiodos para 17 agliconas flavonoides monoméricas destacadas que representan las cinco clases comunes de flavonoides.

**Fitoestrógenos.** Los principales componentes de las plantas con actividad estrogénica conocida o sospechada son los lignanos, las isoflavonas, los cumestanos y las lactonas del ácido resorcílico (Price y Fenwick, 1985). Clarke *et al.* (1996) examinaron los mecanismos de acción estrogénica. Los principales isoflavonoides son la genisteína, la daidzeína, la formononetina, la biocanina A y la gliciteína. La genisteína, la daidzeína y la gliciteína están presentes en los alimentos en forma de sus glucósidos, los cuales son todos ellos biológicamente inactivos. Las agliconas libres se forman por acción metabólica de la microflora del intestino humano, aunque esta hidrólisis varía considerablemente de una persona a otra (Xu *et al.*, 1994). La bioactividad total está representada por el análisis de las agliconas; sin embargo, esta actividad potencial está representada por el análisis de los conjugados y las agliconas por separado. El estrógeno vegetal más activo conocido es el cumestrol (un cumestano); la zearalenona es una

lactona del ácido resorcílico muy potente formada como metabolito secundario de varias especies de hongos, principalmente *Fusarium* (por lo que se considera un contaminante). Los lignanos matairesinol, secoisolaricirresinol, pinorresinol e isolaricirresinol son fitoestrógenos potentes y precursores de los lignanos, la enterolactona y el enterodiol de los mamíferos.

Dado el muy elevado número de sustancias vegetales con actividad estrogénica y la cuestión de si se han de analizar tanto los conjugados como las formas libres o bien sólo las agliconas (previa hidrólisis), existen muchos métodos de análisis y es escaso el acuerdo sobre cuál es el mejor. No hay ningún método disponible para separar y cuantificar todas las sustancias unidas y libres pertenecientes a esta categoría que tienen interés. Probablemente el método más exhaustivo para las agliconas sea el de cromatografía de gases-espectrometría de masas por dilución isotópica de Adlercreutz y colaboradores (Mazur *et al.*, 1996), que analiza la daidzeína, la genisteína, la biocanina A, la formononetina, el cumestrol, el secoisolaricirresinol y el matairesinol, pero no la gliciteína, como derivados sililo. El método es costoso y hay que tener acceso a la espectrometría de masas (EM). Otro método exhaustivo para los alimentos que analiza la daidzeína, la genisteína, la biocanina A, la formononetina, el cumestrol, el secoisolaricirresinol y el matairesinol, pero no la gliciteína, utiliza la HPLC-EM, que se puso a punto en principio para el plasma y la orina (Horn Ross *et al.*, 2000; Coward *et al.*, 1996; Horn-Ross *et al.*, 1997; Barnes *et al.*, 1998).

**Isoflavonas y cumestrol.** Para la base de datos sobre las isoflavonas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-Universidad del Estado de Iowa (2002), el método de referencia adoptado fue el de gradiente lineal de Murphy *et al.* (1997), que separa la daidzeína, la genisteína, la gliciteína y sus conjugados en las preparaciones a base de soja para lactantes. Hutarat, Greenfield y Mulholland (2000) publicaron un método de HPLC isocrática rigurosamente validado para la genisteína, la daidzeína, la formononetina, la biocanina A y el cumestrol (pero no para la gliciteína), mientras que King y Bignell (2000) publicaron un método de HPLC para la daidzina, la genistina, la glicitina y sus agliconas. Un ensayo en colaboración publicado por Klump *et al.* (2001) llevó a la recomendación de que se adoptara como primera opción el método n.º 2001.10 de la AOAC para la determinación de las isoflavonas en la soja y en ciertos alimentos que la contienen. Este método utiliza la cromatografía líquida de fase inversa para separar y medir la genisteína, la gliciteína y la daidzeína y sus glucósidos y también permite obtener valores de las isoflavonas totales expresadas como agliconas.

**Lignanos.** Meagher *et al.* (1999) midieron el isolaricirresinol, el pinorresinol, el secoisolaricirresinol y el matairesinol utilizando la HPLC con detección de matriz de fotodiodos y Liggins, Grimwood y Bingham (2000) publicaron un método de GC-EM para la determinación del matairesinol, el secoisolaricirresinol y la sonanina en los alimentos como derivados trimetilsililo.

**Actividad antioxidante total.** Es cada vez mayor el interés por las maneras de representar la actividad antioxidante total de los alimentos. Se han utilizado varios métodos, pero no existe

**Cuadro 7.13** Valor energético de algunos componentes de los alimentos<sup>a</sup>

| <i>Componente</i>  | <i>kcal/g</i> | <i>kJ/g<sup>b</sup></i> |
|--|---------------|-------------------------|
| Proteínas  | 4             | 17                      |
| Grasas   | 9             | 37                      |
| Carbohidratos disponibles como equivalentes de monosacáridos | 3,75          | 16                      |
| Carbohidratos disponibles (en peso, por diferencia)          | 4             | 17                      |
| Carbohidratos totales  | 4             | 17                      |
| Monosacáridos  | 3,75          | 16                      |
| Disacáridos  | 3,94          | 16                      |
| Almidón y glucógeno  | 4,13          | 17                      |
| Alcohol etílico  | 7             | 29                      |
| Glicerol   | 4,31          | 18                      |
| Ácido acético  | 3,49          | 15                      |
| Ácido cítrico  | 2,47          | 10                      |
| Ácido láctico  | 3,62          | 15                      |
| Ácido málico   | 2,39          | 10                      |
| Ácido quínico  | 2,39          | 10                      |

*Notas:* En las referencias seleccionadas aparecen procedimientos, evaluaciones o exámenes detallados.

<sup>a</sup> Los distintos países pueden tener factores adicionales definidos en la reglamentación alimentaria.

<sup>b</sup> Factor de conversión: 1 kcal = 4,184 kJ; los equivalentes en kJ se han redondeado a dos cifras significativas (Royal Society, 1972).

*Fuente:* Adaptado de Paul y Southgate (1978).

ninguna norma y de momento no se recomienda la inclusión de valores de dicha actividad en las bases de datos. Frankel y Meyer (2000) han realizado un examen completo del tema.

## Energía

El contenido bruto de energía de un alimento se puede determinar experimentalmente con un calorímetro de bomba (Brown, Faulks y Livesey, 1993). Para mediciones precisas es preferible un calorímetro de bomba adiabático, pero con el balístico (Miller y Payne, 1959) se consigue una precisión que es suficiente para la mayor parte de los estudios nutricionales. Los valores obtenidos utilizando un calorímetro de bomba adiabático se corrigen para el calor generado por la oxidación del nitrógeno y el azufre en el alimento. Los calorímetros se suelen calibrar utilizando ácido benzoico como estándar termoquímico.

Los valores obtenidos corresponden al calor bruto de la combustión y no son los que se utilizan en las ciencias nutricionales y las bases de datos de composición de alimentos; con estos fines se usa la energía metabolizable, es decir, la energía que está disponible para su uso por el organismo en el metabolismo. Los valores de la energía metabolizable se calculan aplicando factores de conversión de la energía (Atwater y Bryant, 1900; Southgate y Durnin, 1970; Merrill y Watt, 1973; Allison y Senti, 1983) para el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos y alcohol. Recientemente, Livesey (2001) ha sostenido que para calcular el valor energético de los alimentos sería mejor el sistema de la energía metabolizable neta (Blaxter, 1989).

Últimamente se ha examinado con detenimiento la contribución de la fibra dietética, los polioles y los oligosacáridos (Livesey, 2001; FAO/OMS, 1998), pero la mayor parte de las bases de datos no utilizan todavía los factores de conversión de la energía para estos componentes.

En muchos países se utiliza el sistema internacional de unidades (SI) (Oficina Internacional de Pesas y Medidas [BIPM], 1998, 2003) para expresar los valores energéticos de los alimentos y las dietas, utilizando el julio (J) (trabajo): 1 kcal es equivalente a 4,184 kJ (equivalente termoquímico) (Royal Society, 1972). Al expresar el valor energético de los alimentos no deben utilizarse más de tres cifras significativas. Sea cual sea el sistema de cálculo que se elija para la energía deberá indicarse con claridad.

## Capítulo 8

# Manera de garantizar la calidad de los datos analíticos

*Sin un programa definido de garantía de la calidad, hay que dudar de todos los resultados analíticos.*

*(Harnly y Wolf, 1984)*

Las aplicaciones actuales de los datos de composición de alimentos dependen de su fiabilidad; sin embargo, para conseguir la fiabilidad y demostrar que se ha logrado se requiere un método sistemático y documentado. Hay actualmente una amplia bibliografía sobre el control de la calidad analítica para el análisis de los alimentos. Los esfuerzos para mejorar y normalizar la calidad analítica a nivel internacional se han visto impulsados por entidades como la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2003) y por la aplicación de principios institucionalizados como las buenas prácticas de laboratorio (OCDE, 1992, 1999) y la gestión de la calidad total (Parkany, 1995).

En el Capítulo 1 se examinaron los criterios aplicables a la información que se ha de introducir en las bases de datos de composición de alimentos. En resumen, cabe afirmar que las muestras de alimentos deben ser representativas de los productos alimenticios tal como se consumen, como están disponibles para el consumo o como se producen (por ejemplo, datos

**Cuadro 8.1** Actividades encaminadas a garantizar la calidad de los datos

| <i>Actividad</i>  | <i>Objetivo</i>  |
|---|--|
| Formulación del protocolo de muestreo<br>Aplicación del protocolo de muestreo<br>Preparación de muestras y porciones analíticas   | Las muestras de alimentos son representativas de los alimentos tal y como «se consumen», como están «disponibles para el consumo» o como «se producen» (por ejemplo, para los datos de composición correspondientes a los productos) |
| Elección del método analítico<br>Aplicación de los procedimientos analíticos con un número apropiado de muestras y repeticiones de los análisis<br>Evaluación de los valores analíticos | Los análisis proporcionan valores fidedignos de la composición de muestras representativas de los alimentos  |

para los alimentos crudos o los productos básicos). Los valores deben representar con exactitud las muestras de alimentos analizadas (véase el Cuadro 8.1). Se deduce, pues, que como principios básicos para la obtención de datos de buena calidad debe prestarse atención a los siguientes aspectos:

- a) la recogida y preparación de la muestra del alimento (véase el primer grupo de actividades en el Cuadro 8.1);
- b) la elección del método analítico y su validación en el laboratorio que lleva a cabo los análisis;
- c) la aplicación adecuada del método (lo que supone la utilización de procedimientos de control de calidad);
- d) el examen crítico de los valores obtenidos.

En los Capítulos 5, 6 y 7 se han examinado el muestreo y los métodos de análisis; en el presente capítulo se abordan los dos últimos temas citados.

## Definiciones

Las definiciones de calidad de los datos, control de calidad y garantía de calidad (Cuadro 8.2) utilizadas en este texto proceden de las propuestas por la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2003) para su aplicación a un producto o a un servicio.

En términos prácticos, la «garantía de calidad» es la suma de todas las actividades realizadas para asegurarse de que la información generada por el laboratorio sea correcta (Wilcox *et al.*, 1978). Se trata de un proceso deliberado, que no hay que dejar al azar o aplicar sólo cuando se identifican deficiencias. En un programa de garantía de calidad bien estructurado también se proporcionan a las personas que trabajan en el laboratorio y sus supervisores medidas objetivas de los resultados y una indicación de si el laboratorio está consiguiendo sus metas o no.

El control de la calidad tiene un significado mucho más limitado que la garantía de la calidad; normalmente se refiere a procedimientos formulados para garantizar que la calidad de los datos se siga manteniendo dentro de unos límites definidos. Incluyen normas de preci-

**Cuadro 8.2** Terminología de evaluación de la calidad

|  |   |
|--|---|
| <b>Calidad de los datos</b>            | Resumen de todas las características que hacen que los valores sean apropiados para el uso previsto   |
| <b>Control de calidad</b>              | Técnicas y actividades operacionales que se utilizan para satisfacer los requisitos de calidad  |
| <b>Garantía de calidad</b>             | Conjunto de todas las medidas previstas y sistemáticas necesarias para tener suficiente confianza en que un producto, proceso o servicio se ajustará a determinados requisitos de calidad |
| <b>Buenas prácticas de laboratorio</b> | Proceso organizativo y condiciones en las que se planifican, realizan, supervisan, registran y notifican los estudios de laboratorio  |



sión y exactitud de las operaciones analíticas, que dependen de los criterios establecidos por los usuarios de la información sobre la composición y los compiladores de las bases de datos. Las normas de control de calidad establecidas por los químicos analíticos pueden ser innecesariamente estrictas para la mayoría de los fines nutricionales; sin embargo, el control de calidad sigue siendo vital para garantizar que no se introduzca ninguna desviación.

Así pues, el objetivo del control de calidad es producir datos de composición de alimentos que cumplan las normas exigidas y que puedan obtenerse de manera eficaz y económica. Para conseguir esto hay que integrar varias etapas relacionadas entre sí: especificación correcta de la calidad de los datos que se requieren; obtención de los datos para alcanzar el objetivo de la especificación; evaluación de los datos para determinar si cumplen o no la especificación; y examen de la utilización de los datos para disponer la revisión de la especificación.

El término «control de calidad» se utiliza con frecuencia sólo en el sentido más estricto, es decir, la vigilancia de los resultados de los métodos analíticos (Büttner *et al.*, 1975); en realidad debe abarcar todos los aspectos del proceso analítico, desde la recogida de las muestras de alimentos, la manipulación y el tratamiento de las muestras analíticas, la preparación de patrones, la medición de señales y la validación de los métodos hasta la manipulación y evaluación de los datos (Harnly y Wolf, 1984; Garfield, 1984).

## Ámbito y aplicación de la garantía de calidad

La garantía de calidad dentro del laboratorio se aplica de tres maneras principales:

1. **Prevención:** Medidas adoptadas antes del análisis para garantizar la exactitud de la prueba analítica (por ejemplo, mantenimiento y calibración de los instrumentos, comprobación de los reactivos, capacitación del personal).
2. **Evaluación:** Procedimientos aplicados durante las pruebas para determinar si los sistemas de análisis funcionan de manera correcta (por ejemplo, la utilización de patrones y blancos, el mantenimiento de los gráficos de calibración, etc.).
3. **Corrección:** Medidas adoptadas para corregir el sistema cuando se detecta un error o la posibilidad de que se produzca (por ejemplo, nueva calibración del equipo, sustitución de reactivos, etc.) (adaptado de Wilcox *et al.*, 1978).

La característica fundamental de un programa de garantía de calidad es la documentación apropiada de todas las actividades que intervienen en la obtención de los datos sobre la composición, desde la formulación del protocolo de muestreo hasta la producción final de los datos analíticos.

Entre las actividades que intervienen en la garantía de la calidad deben figurar las siguientes:

1. Capacitación del personal en los métodos apropiados y suministro de instalaciones y equipos idóneos.
2. Control de calidad de los reactivos, los objetos de vidrio y los disolventes y del funcionamiento de los instrumentos y demás equipo.

3. Mantenimiento de un sistema adecuado de registro.
4. Máxima atención a todos los aspectos del muestreo (Capítulo 5).
5. Utilización apropiada de grupos control y estándares de referencia.
6. Replicación del muestreo y el análisis.
7. Examen cuidadoso de los resultados, incluida la comparación con los de otros laboratorios; selección de análisis para su repetición.
8. Preparación y examen de los informes.

La garantía de calidad se efectúa mediante las buenas prácticas de laboratorio, que comprenden tres aspectos principales: gestión; control de calidad del muestreo y control de calidad de los resultados del método analítico.

## Gestión

La gestión es la función general de dirección del laboratorio de análisis de los alimentos para conseguir sus objetivos. No sólo incluye funciones administrativas, sino que también determina el tipo de funcionamiento del laboratorio, sus objetivos y si los consigue o no. Las tareas de gestión en el presente contexto son las siguientes:

1. Establecer y explicar los objetivos del laboratorio a todo el personal que interviene en las actividades de muestreo y análisis.
2. Formular el plan de acción y las políticas del laboratorio. Esto supone definir las medidas necesarias para garantizar la calidad del trabajo, implantarlas y velar por que se cumplan.
3. Organizar e integrar al personal, las instalaciones, el equipo y el material de manera que el laboratorio pueda alcanzar sus objetivos día a día.
4. Evaluar los resultados del laboratorio e introducir los cambios o innovaciones que se consideren convenientes con fines de corrección o mejora.

Se necesita una gestión eficaz en tres sectores que tienen una importancia decisiva en la función del laboratorio: el entorno físico, el personal y la administración.

### Entorno físico

Muchos de los laboratorios de análisis de la composición de los alimentos tienen estructuras materiales que distan de ser ideales. Sin embargo, es mucho lo que se puede conseguir en condiciones adversas, especialmente si el espacio disponible está bien organizado y se presta atención a la inocuidad. En Horwitz *et al.* (1978) se enumeran las siguientes necesidades especiales de un laboratorio de análisis de los alimentos: i) ventilación extremadamente buena y campanas de extracción de humos, debido a la amplia utilización de disolventes y la formación de humos tóxicos y corrosivos; ii) suficiente energía para los calentadores y los instrumentos; iii) calidad y volumen elevados de agua destilada (o desionizada) para la preparación de reactivos y la dilución de partes alícuotas; iv) ausencia de contaminación ambiental (plomo, amianto, etc.), generada por el laboratorio (mercurio, humos, etc.), y doméstica (polvo, insectos, roedores, etc.), y v) una gran capacidad de almacenamiento de muestras y reactivos,

incluido espacio de cámara frigorífica y congelador. Para el análisis de ciertos nutrientes pueden ser necesarias instalaciones especiales, como un entorno «limpio» para los oligominerales y una iluminación especial para los nutrientes fotosensibles. Pocos laboratorios tienen una gama tan completa de instalaciones especializadas, pero la lista indicada puede ser útil al planificar la introducción de mejoras en un laboratorio existente. También se puede encontrar asesoramiento práctico en el examen efectuado por Rappoport *et al.* (1978).

Por lo que respecta al equipo, muchos laboratorios tal vez no se encuentren en condiciones de poder elegir. El criterio principal es que puedan realizarse con él las tareas establecidas. El equipo especializado y/o la automatización pueden permitir alcanzar niveles más elevados de precisión y generalmente mejoran el control de calidad de los análisis, pero no son un requisito previo esencial para una labor analítica válida.

Los programas de mantenimiento, comprobación y sustitución periódicos del equipo son útiles y hay que prestar atención a la inocuidad y la seguridad; estos temas se examinan con detalle en Wilcox *et al.* (1978).

### Personal

La selección y la capacitación del personal son esenciales, al igual que la oportunidad de actualizar los conocimientos prácticos. Lo ideal es que cada empleado disponga de una descripción precisa de sus funciones y de pautas claramente definidas para informar a un supervisor. Es esencial un nivel elevado de motivación para lograr un trabajo de buena calidad. La mejor manera de conseguirlo es establecer objetivos bien definidos y asegurarse de que los analistas tengan claras sus funciones y responsabilidades en el funcionamiento general. En todas las tareas de laboratorio, el trabajador que está realizando el trabajo es el principal factor determinante de la calidad analítica, y así lo deben entender él mismo y los encargados de todos los niveles. Lo ideal es que cada empleado sienta que su propia tarea cuenta y que un trabajo de buena calidad no es sólo una responsabilidad de un equipo, sino también un resultado de un equipo.

Muchos laboratorios realizan actividades relacionadas con la composición de alimentos por contrata, utilizando personal por breves períodos. Un objetivo importante del programa es el mantenimiento de su moral, aunque resulte difícil.

### Administración

La administración abarca todos los aspectos de la burocracia del laboratorio. Todos los procedimientos del laboratorio deben constar en un manual de garantía de calidad que incluya instrucciones sobre el muestreo, los métodos de análisis y los procedimientos de control de calidad. Además, se debe elaborar y utilizar un sistema de registro de todas las muestras que llegan al laboratorio. Este registro contiene toda la información necesaria para identificar la muestra del alimento (véase el Capítulo 5) y está vinculado a la anotación de los resultados analíticos finales. Este sistema se aplica a todas las muestras que llegan al laboratorio. La preparación del manual da carácter oficial a los procedimientos y, siempre que se aliente al personal del laboratorio a contribuir con observaciones y sugerencias, ayuda a perfeccionar las buenas

prácticas de laboratorio.

Es importante que el personal cuyos procedimientos de trabajo figuran en el manual lo utilice. Existe el peligro de que, si el manual se considera como un fin en sí mismo y no se usa ni sirve de orientación, no se consigan los objetivos que motivaron su elaboración.

Debe alentarse al personal a mantener un cuaderno de laboratorio bien organizado y a preparar hojas de datos normalizadas para anotar los valores analíticos finales. El proceso de establecimiento de sistemas de registro, separado pero relacionado con el resto, proporciona también un sistema disciplinado para la labor del laboratorio y puede permitir identificar posibles problemas. Es prudente, sin embargo, someter a prueba en un estudio piloto todo sistema nuevo antes de aplicarlo y reconocer que puede necesitar modificaciones a lo largo del tiempo. Un buen sistema de registro facilita la búsqueda retrospectiva a través de todos los cálculos y mediciones para identificar y corregir cualquier error que pueda producirse en el registro.

## Control de calidad del muestreo

El muestreo se examina con detalle en el Capítulo 5; aquí sólo interesa subrayar que el control de calidad del muestreo es el primer paso esencial en el conjunto del programa de garantía de calidad y que el personal analítico debe participar en la formulación de los planes de muestreo. Es más, la participación directa en la recogida de las muestras de alimentos proporciona al analista una percepción de los problemas prácticos del muestreo. La necesidad de procedimientos definidos para la manipulación de las muestras en el laboratorio también se debe considerar que atañe al analista.

### Control de calidad de los resultados del método analítico

(de Horwitz *et al.* [1978], adaptado con su autorización)

El tercer sector importante de aplicación de la garantía de calidad en el laboratorio es el control de calidad de los resultados de los análisis. En los estudios sobre composición de alimentos debe prestarse una gran atención a esta cuestión, puesto que todas las muestras que se reciban para su análisis deberán tratarse, en principio, como si su composición fuera desconocida.

Los resultados de un método analítico requieren la validación de la totalidad del sistema (Horwitz *et al.*, 1978): el laboratorio con su entorno, equipo y reactivos; el analista, con su competencia individual, su experiencia y sus conocimientos, y el método, con su idiosincrasia y características.

El método se selecciona en función de la importancia relativa de las distintas características, como consecuencia de la experiencia anterior o sobre la base de los informes bibliográficos. La elección del método se examina en los Capítulos 6 y 7. Sin embargo, es esencial que el laboratorio verifique que el método funciona debidamente en la práctica real. Como se explica en los Capítulos 6 y 7, cada sustrato de alimento puede presentar

una serie de problemas totalmente diferentes para el análisis de cada componente. La selección o preparación de una matriz estándar apropiada puede requerir una competencia y un ingenio considerables.

### Especificaciones para los valores analíticos

En primer lugar, debe especificarse la calidad que se requiere en los datos analíticos. Estas especificaciones se basarán en los criterios de fiabilidad examinados con detalle en los Capítulos 6 y 7 (especificidad, exactitud, precisión, sensibilidad [Büttner *et al.*, 1975]), y dependerán tanto del componente que se vaya a analizar como de la matriz en la que esté presente.

Por ejemplo, al establecer los criterios de especificidad para el análisis de la vitamina C, es esencial que el método mida solamente el ácido ascórbico y el ácido dehidroascórbico, ambos con actividad vitamínica. Los analistas entienden razonablemente bien las interferencias en la mayor parte de los métodos para la vitamina C y pueden controlarlas o permitir las en el análisis. Para otros nutrientes pueden ser adecuados métodos que midan una gran variedad de sustancias (Capítulo 7). Algunos componentes son difíciles de definir desde el punto de vista analítico y para ellos es probable que haya que descartar los métodos disponibles en la actualidad.

El grado de exactitud con el que se realiza y notifica un análisis debe establecerse con un cierto número de cifras significativas, en función de la precisión del método. Tres cifras significativas son, en la mayoría de los casos, el máximo que se requiere en una base de datos de alimentos, pero en muchos sistemas analíticos se generan más cifras significativas (con frecuencia engañosas). En los análisis de nutrientes, la búsqueda de precisión citando valores con cuatro o cinco cifras significativas es un planteamiento erróneo desde el punto de vista analítico, ya que ningún método posee tal grado de exactitud, y supone además una mala administración de los recursos.

La precisión que se requiere debe estar relacionada no sólo con el propio método, sino también con el nivel previsto del nutriente. En cuanto a la exactitud, puede ser antieconómico dedicar recursos a mejorarla si el nivel del nutriente en el alimento es bajo en relación con la ingesta dietética en conjunto o si el alimento es de raro consumo. Es imprescindible establecer criterios realistas para los niveles aceptables de precisión; puede no ser necesario mejorar los valores que tienen una desviación inferior al 10 por ciento de la media. Stewart (1980) ha propuesto normas de precisión y exactitud aceptables para estudios sobre composición de nutrientes.

En Wilcox *et al.* (1978) se enumeran las siguientes causas de error como las más frecuentes en los resultados de los métodos:

- a) elección inapropiada del método de análisis;
- b) falta de competencia o experiencia del analista;
- c) errores derivados de la aplicación del método no relacionados con la competencia del analista (por ejemplo, reactivos defectuosos);
- d) atención inadecuada a la calibración de los instrumentos y a la integridad de los estándares de referencia.

## Técnicas para la validación de los resultados del método

La verificación de los resultados del método –paso esencial cuando se introduce un método en el laboratorio– puede realizarse mediante las siguientes técnicas (en los Capítulos 6 y 7 se examina la gama de procedimientos utilizados en la validación de los métodos al seleccionar procedimientos analíticos):

**1. Muestras estándar.** Lo ideal es preparar patrones con cantidades conocidas del componente que interesa, en la misma forma fisicoquímica y en una matriz alimentaria semejante a la que se va a analizar. Es evidente que este ideal es prácticamente imposible de conseguir, pero pueden utilizarse diversos sustitutivos como patrones.

Los materiales de referencia (MR) y los materiales de referencia normalizados (MRN) respaldan las mediciones exactas y compatibles mediante la certificación y el suministro de muestras de composición bien caracterizada. Estos materiales se utilizan para la calibración de los instrumentos *in situ* como parte de los programas de garantía global de la calidad, para verificar la exactitud de mediciones específicas y respaldar el perfeccionamiento de nuevos métodos de medición. Los MR y los MRN están destinados a la determinación del contenido de nutrientes de dietas mixtas y de las distintas matrices alimentarias. Los MRN están certificados para componentes de la alimentación como las cenizas, las proteínas, los carbohidratos, las grasas, la energía, el colesterol, determinados ácidos grasos, las vitaminas, determinados minerales y los oligoelementos. En los Estados Unidos, el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST, 2003a) proporciona numerosos MRN.

En Europa, el Instituto de Materiales de Referencia y Mediciones (IRMM, 2003) funciona como parte de la Dirección General del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Proporciona materiales de referencia certificados (MRC) en diversas matrices alimentarias para macrocomponentes, elementos importantes y oligoelementos, 15 vitaminas, cinco métodos diferentes para fibras y otros componentes de los alimentos.

Los MRN y los MRC son en general bastante caros; para un uso ordinario pueden considerarse demasiado costosos y con frecuencia deben utilizarse alternativas.

Por este motivo, la ASEANFOODS emprendió la preparación de productos alimenticios de referencia con valores de consenso de diversos nutrientes (Puwastien, Sungpuag y Judprasong, 1999; Puwastien, 2000), en colaboración con laboratorios expertos de dentro y fuera de la región de Asia y el Pacífico. Se prepararon cuatro productos alimenticios de referencia, a saber, harina de arroz (AS-FRM1), harina de soja (AS-FRM2), cereales soja (AS-FRM3) y harina de pescado (AS-FRM4), con valores de consenso de los principales nutrientes y minerales, los cuales se encuentran actualmente disponibles en el Centro regional de datos de la ASEANFOODS. Estos materiales de referencia se han utilizado para programas de control de calidad de los laboratorios y como materiales de prueba para estudios sobre los resultados de los laboratorios en la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental (ASEAN) y en otros países en desarrollo.

Tal vez sea imposible producir estándares de referencia para algunos nutrientes presentes en una matriz alimentaria compleja. Puede prepararse una mezcla de sustancias puras, pero

no se pueden simular las propiedades físicas o las relaciones entre los componentes dentro de dichos alimentos. En ausencia de un MRN, un laboratorio que realice normalmente ciertos tipos de determinaciones debe procurarse materiales normalizados de trabajo (patrones internos); consisten en una gran cantidad de un producto homogéneo (poniendo un gran cuidado para lograr la homogeneidad) dosificado en pequeñas botellas cerradas herméticamente y almacenadas en condiciones que impidan su deterioro (Southgate, 1995). Deben analizarse periódicamente porciones de este material junto con cada análisis o serie de análisis y los resultados deben verificarse mediante la utilización de técnicas de gráficos de control. Torelm *et al.* (1990) describen un ejemplo de un producto alimenticio local de referencia «fresco» normalizado producido en Suecia: la carne enlatada con valores certificados para su contenido de humedad, cenizas, grasas, nitrógeno, sodio, cloruro sódico e hidroxiprolina. Se pueden elaborar y validar otros patrones internos frente a MR comprados, lo cual es útil cuando no es posible la compra de grandes cantidades de MR costosos.

El gráfico de control es «una representación gráfica con límites de control y valores marcados de alguna medida estadística para una serie de muestras o subgrupos. Normalmente se muestra una línea central» (American Society for Quality Control, 1973). Los resultados de una prueba de laboratorio se representan en el eje vertical, frente al tiempo (en horas, días, etc.) que aparece representado en el eje horizontal. Cada prueba de laboratorio se debe verificar con frecuencia y la escala horizontal debe ser lo suficientemente amplia como para abarcar hasta tres meses de datos. Puesto que el gráfico de control es un instrumento que proporciona un análisis «en tiempo real» e información de los antecedentes, debe comprender un período suficiente de tiempo y proporcionar suficientes datos para indicar tendencias, «desplazamientos» por encima y por debajo de la línea central o cualquier otra manifestación de falta de aleatoriedad (Mandel y Nanni, 1978; Taylor, 1987).

Se ha propuesto la utilización como patrones internos de polvos no desagregables, como la leche desnatada en polvo, la gelatina y la harina. Hay por lo menos un laboratorio que aplica un programa de control de calidad a nivel nacional y que utiliza habitualmente mezclas de polvo para alimentación parenteral (Ekstrom *et al.*, 1984).

Los componentes que se encuentran sólo en la grasa crean problemas, porque no se mantienen estables de manera indefinida, incluso durante el almacenamiento a baja temperatura, y la adición de antioxidantes para estabilizar los componentes lipídicos puede interferir en los análisis. Una solución es almacenar los alimentos con un alto contenido de lípidos en atmósfera de nitrógeno. Sin embargo, en general el MR debe renovarse periódicamente, y ha de estar previsto el análisis simultáneo de los patrones viejos y nuevos como verificación ulterior.

Cuando se dispone de un MRN o un patrón interno, éste proporciona el método más eficaz para vigilar de manera periódica los resultados de la técnica del laboratorio. La inclusión de un material estándar en una serie de determinaciones es considerablemente más sencilla que muchas de las otras técnicas que se han descrito. Las muestras estándar utilizadas en la actividad analítica ordinaria alertarán con prontitud al personal del laboratorio de cualquier problema, permitiendo la adopción inmediata de medidas correctivas.

**2. Muestras normales (ordinarias).** Si va a realizarse un análisis sobre un sustrato que es nuevo para el laboratorio, el método seleccionado deberá aplicarse a una serie de muestras ordinarias de alimentos que contengan una gama bastante amplia del componente de interés. Si no se dispone de dicha serie, deberá prepararse mezclando con cuidado cantidades conocidas del componente con una muestra de un alimento de composición conocida. No hay que intentar añadir directamente pequeñas cantidades de un componente a pesos elevados de un alimento; se deben obtener niveles bajos mediante diluciones sucesivas, comenzando preferiblemente con una solución del componente. La naturaleza del disolvente y la decisión de si se elimina o no dependerán de las características de la sustancia y del sustrato. Si no se puede enriquecer la muestra del alimento, la adición de cantidades conocidas del componente ha de realizarse en el primer paso posible del método. El tipo de serie más útil para la validación se prepara a partir de dos muestras de un mismo tamaño de partícula (en el caso de los sólidos), una con una concentración elevada del componente que interesa y la otra con una concentración baja. Se preparan muestras analíticas con concentraciones intermedias pesando y mezclando cantidades apropiadas de las dos muestras del alimento.

**3. Series de muestras de verificación analítica.** Ciertas organizaciones proporcionan de manera continua muestras de alimentos destinadas a verificar la estabilidad y fiabilidad de los análisis realizados en los laboratorios miembros. En Horwitz *et al.* (1978) y en Wolf e Ihnat (1985a) se detallan algunas de estas muestras, que pueden ser de especial utilidad para los analistas que se ocupan de composición de los alimentos

**4. Muestras auténticas.** A veces resulta útil analizar series de muestras que pueden considerarse representaciones auténticas de los alimentos de interés y cuya composición se describe con detalle en la bibliografía, por ejemplo, la leche de vaca, la harina de trigo, etc.

**5. Muestras de alimentos previamente analizadas con un método diferente.** Cuando se introduce un método desconocido o nuevo, es útil volver a analizar las muestras de alimentos que previamente se analizaron con otro método establecido. Dichas muestras han de analizarse mediante determinaciones repetidas, y luego hay que volverlas a analizar tras una dilución cuidadosa con algún material inerte, como agua, aceite o arena. Si las repeticiones y las diferencias entre las muestras son satisfactorias, normalmente se puede proceder sin riesgos.

**6. Métodos internos de verificación de la fiabilidad.** La amplia variedad de productos analizados en los estudios sobre composición de alimentos suele impedir la disponibilidad inmediata de estándares de referencia, muestras analizadas previamente, muestras auténticas o incluso muestras normales. Esto plantea una dificultad especial al analista a la hora de demostrar la validez de los valores obtenidos. Una opción lógica es la de la replicación de las determinaciones. Las réplicas reproducibles, en particular si las porciones analíticas replicadas son de tamaño desigual, suelen indicar que no se están cometiendo grandes errores, aunque los errores sistemáticos no quedan descartados. Otros métodos internos de verificación de



los resultados requieren la preparación de una serie de muestras elaboradas, el método de adiciones normalizadas y análisis de verificación por distintos analistas, métodos y laboratorios. Algunos de estos métodos internos se examinan con más detalle en los Capítulos 6 y 7 y a continuación.

**Determinaciones replicadas.** Tanto la precisión como la exactitud se evalúan por medio de ensayos replicados en porciones de la misma muestra del alimento (que se supone que son estables e idénticas en cuanto a la cantidad de analito que se investiga). En terminología estadística, los resultados replicados se consideran muestras aleatorias de una población hipotética de réplicas; la media (así como otras medidas de localización o tendencia central) de estas muestras refleja los resultados del método con respecto a la exactitud, y la desviación estándar (así como otras medidas de dispersión) refleja su precisión.

El mínimo que se requiere normalmente para los estudios sobre composición de alimentos son análisis en duplicado. La concordancia entre los duplicados debe quedar dentro de la precisión establecida del método. Cuando queda fuera de estos límites, hay que realizar nuevas replications. Después, se debe calcular la media sobre la base de todos los resultados, a menos que haya motivos muy convincentes para excluir ciertos valores repetidos. No es posible establecer normas rigurosas y rápidas para la precisión; deben elaborarse directrices para cada nutriente, en los niveles previstos en cada matriz alimentaria.

**Estudios de recuperación.** Cuando se dispone de un componente como material bien caracterizado de pureza conocida, es posible realizar estudios de recuperación en los cuales se añade una cantidad definida del componente a las porciones del alimento que se analizan. El análisis del alimento solo y con el componente añadido puede utilizarse para calcular la recuperación del componente añadido (o «enriquecimiento»). Si se realiza una serie de adiciones, se pueden medir los efectos de la concentración. Sin embargo, la recuperación de un componente añadido ofrece con frecuencia una indicación engañosa de la medición del componente presente de manera natural en la matriz alimentaria. Si no se dispone de material para el enriquecimiento, puede ser necesario enriquecer porciones de la propia muestra del alimento, utilizando el método de las adiciones normalizadas (véase *infra*).

En cualquiera de los dos casos –una serie de muestras con material añadido o una muestra enriquecida mediante una serie de adiciones– las concentraciones calculadas después del análisis deben ser una función lineal de las concentraciones añadidas. Para que pueda considerarse satisfactoria, es necesaria la recuperación de más del 90 por ciento.

Wolf (1982), señalando que el método de las adiciones normalizadas se «utiliza como panacea para los efectos de la matriz», advierte que «hay que tener cuidado para no utilizar de manera indebida esta técnica. Una hipótesis básica [...] es que hay un intercambio químico completo entre el elemento añadido a la muestra y el elemento endógeno y que los dos reaccionan de manera idéntica a la matriz. Con frecuencia es difícil validar esta hipótesis. Además, el método de las adiciones normalizadas no corrige las interferencias espectrales, cuando la matriz introduce señales engañosas en el sistema de detección [...] En el método de las

adiciones se supone también una curva de respuesta lineal en la gama de las adiciones». Sin embargo, Wolf llega a la conclusión de que «el método de las adiciones puede ser útil cuando el efecto de la matriz se ha identificado completamente como de carácter químico» y se han validado las hipótesis relativas al intercambio con elementos endógenos.

Tampoco es aplicable el propio enriquecimiento de la muestra (a pesar de las recuperaciones aparentemente satisfactorias) si el analito es fácil de recuperar cuando se añade como material puro, pero en su estado natural se encuentra combinado mediante una unión física o química con otros componentes de la muestra, lo que dificulta su recuperación. Este problema es frecuente cuando hay proteínas presentes, como ocurre en la mayoría de los alimentos. En este caso el problema de la extracción del analito es el más importante.

Las pruebas de recuperación tienen, sin lugar a dudas, limitaciones importantes como medida de la exactitud de la recuperación. Si la recuperación es escasa, significa que el método no se comporta de la manera adecuada, si bien el hecho de que sea buena no garantiza un resultado satisfactorio.

**Cálculos y análisis de verificación.** Probablemente los procedimientos de verificación más útiles aplicados en los estudios sobre composición de alimentos sean los cálculos y los análisis.

El primer paso es que otro analista realice de manera independiente todos los cálculos del primer analista. Estas verificaciones deben incluir todas las operaciones secundarias, como la derivación de las ecuaciones, la normalización de las soluciones, la preparación de curvas estándar, la medición de los picos registrados y la calibración de los instrumentos. Esta práctica es una de las operaciones más rentables de la gestión de un laboratorio, debido a la elevada frecuencia de errores matemáticos y simples equivocaciones.

Una segunda práctica rentable es la preparación de una nueva curva estándar con soluciones estándar recién preparadas. La nueva curva estándar se ha de corresponder de manera aceptable con la original. La preparación inadecuada de soluciones estándar a partir de cálculos, pesos o partes alícuotas incorrectos es una fuente frecuente de error. Debido a su inestabilidad, las soluciones estándar diluidas deben estar recién preparadas a partir de soluciones más concentradas.

El mejor sistema de análisis de verificación consiste en que un segundo analista, preferiblemente con más experiencia, repita el análisis siguiendo el mismo método con una porción separada de la misma muestra analítica. El análisis no se puede considerar de verificación si comienza después de la fase inicial, por ejemplo, con una parte alícuota de una digestión por oxidación húmeda. Es preferible preparar una nueva muestra analítica a partir de la muestra de alimento original, porque permite estimar el error introducido durante la preparación de la primera.

Sin embargo, la repetición del mismo método no es satisfactoria cuando ese método contiene un sesgo inherente o lo introduce de manera sistemática por alguna característica del producto que se analiza. En estos casos es conveniente un análisis de verificación utilizando un método basado en un principio diferente (si lo hay). Este sistema sólo se suele utilizar cuando se analizan alimentos raros o poco comunes y se comprueba que contienen

un nutriente en concentraciones insólitamente altas o bajas. En este caso no se detectarán los errores introducidos durante la preparación de la muestra analítica.

Otra posibilidad, que se debe utilizar con más frecuencia y no sólo como último recurso, es enviar una muestra a otro laboratorio para su análisis como alimento desconocido. Se puede indicar el orden de magnitud del componente, a fin de eliminar la necesidad de análisis exploratorios. El análisis por un segundo laboratorio como verificación ocasional de muestras normales (véase *supra*) es también una buena manera de mantener la competencia del analista en ambos laboratorios. El intercambio de muestras de alimentos o muestras analíticas es particularmente útil cuando se pone en marcha un laboratorio o un método nuevo.

**Análisis a ciegas.** A ser posible deben codificarse todas las muestras de alimentos y debe prepararse una serie de repeticiones ocultas un analista que no será quien haga las determinaciones reales, de manera que el análisis se pueda realizar sin sesgos.

### **Variaciones analíticas permitidas**

Para cada procedimiento analítico ordinario y tipo de alimento deben establecerse las variaciones permitidas entre las réplicas del mismo analista y entre analistas del mismo laboratorio. En el caso de un método bien documentado, los resultados de los estudios en colaboración proporcionan criterios suficientes para la aceptabilidad de los valores. Las variaciones dentro de un laboratorio deben ser menores que las registradas entre laboratorios, o por lo menos no mayores. En principio no hay ningún motivo para que deban ser diferentes, pero en la práctica se producen variaciones en el equipo, los reactivos y los sistemas de los distintos analistas.

En los estudios de un método o en los análisis de verificación, las réplicas deben realizarse en lotes separados y en días diferentes. La comparación de los resultados obtenidos en estas condiciones a veces pone de manifiesto errores sistemáticos.

### **Técnicas para la detección y corrección de errores en los cálculos y los registros**

La anotación correcta de los resultados se puede facilitar si el laboratorio prepara sistemas normalizados de recogida de datos. Se pueden imprimir o fotocopiar hojas de datos y entregarlas a los trabajadores del laboratorio para que las utilicen. En los laboratorios donde se usan computadoras para la obtención directa de los datos a partir de los instrumentos se puede utilizar un sistema informatizado. Todos los registros del laboratorio deben mantenerse de una manera sistemática y accesible, a fin de que se pueda establecer, en caso necesario, un «seguimiento de comprobación» o de búsqueda retrospectiva en los registros para identificar las fuentes de error.

Horwitz *et al.* (1978) mencionan los problemas que tuvieron los árbitros asociados de la AOAC para realizar estudios entre laboratorios de métodos analíticos nuevos y mejorados. Comentan el número de informes de colaboradores que calcularon incorrectamente los resultados, con errores en tareas sencillas como la medición correcta de los picos registrados y la inserción de los valores apropiados en una ecuación proporcional.

Para satisfacer la necesidad evidente de exactitud aritmética en la realización de los cálculos, los manuales de instrucciones de los laboratorios deben describir su lógica y proporcionar ejemplos; esta claridad contribuirá a garantizar que los datos se registren de manera correcta y se introduzcan debidamente en las ecuaciones correspondientes.

Cuando el cálculo de la superficie se realiza a mano, cada gráfico debe estar claramente etiquetado con la identidad de cada pico, la base para la identificación, el área del pico, etc., a fin de disponer de una referencia cruzada con los cuadernos de laboratorio. Los sellos de caucho con la fecha son útiles; para algunos análisis, un sello de caucho especialmente preparado puede constituir una guía práctica de identificación de los picos y demás información en los gráficos.

Para eliminar los errores de cálculo, lo ideal es que una segunda persona examine los datos brutos originales –gráficos registrados, lecturas de los aparatos de medida, pesos, volúmenes y tiempos– y verifique los cálculos. Para las señales cromatográficas o los gráficos de espectros, se debe examinar la elección correcta de los picos y compararlos con los picos de los patrones. Esto también es importante cuando se utilizan integradores informáticos si el listado está separado del propio gráfico. Las áreas del pico impresas han de equipararse con los picos y han de verificarse los tiempos de retención.

También hay que examinar los gráficos para garantizar que los instrumentos funcionaron correctamente, que no hubo interferencias de materiales, que la resolución o separación de los picos fue adecuada, que se utilizó la sensibilidad apropiada y que se eligieron y utilizaron bien los blancos y grupos control.

Cuando se examina sólo una muestra o un pequeño número de ellas de un producto determinado, hay pocas pruebas que permitan juzgar la fiabilidad de los resultados; en ese caso resulta aún más importante utilizar verificaciones apropiadas de los procedimientos en todas las etapas.

Una verificación final de la idoneidad y fiabilidad de los resultados notificados se basa en su compatibilidad con los valores indicados con anterioridad, con la bibliografía y con las características conocidas de los resultados del método.

### **Interpretación de los valores analíticos**

Una vez obtenido un resultado analítico mediante un método de análisis válido, debidamente aplicado sobre una porción analítica homogénea, se deben adoptar varias medidas para garantizar que los resultados se interpreten correctamente en el contexto de la finalidad del análisis.

Todos los valores, previstos o no, han de ser objeto de un examen detenido. Si bien es útil la práctica habitual de comparar la nueva información con los valores ya publicados para el mismo alimento, puede ser una fuente de sesgos si los análisis se repiten solamente para los valores que se desvían de la norma; puede haber una tendencia a aceptar sólo los datos que se ajustan a los valores establecidos. No obstante, cualquier muestra que dé lugar a resultados insólitamente altos o bajos ha de someterse a análisis repetidos y a una validación específica, junto con algunos alimentos que produjeron los valores esperados.

Si los resultados imprevistos se validan analíticamente, se debe investigar la recogida, manipulación o preparación de la muestra del alimento. Por ejemplo, cualquier valor elevado de los minerales puede deberse a la contaminación en el laboratorio (quizás por una trituradora o un homogeneizador). En estos casos se debe repetir el análisis de tal manera que no se produzca la contaminación. Si se demuestra la ausencia de contaminación en todas las operaciones realizadas en el laboratorio, se deben examinar posibles fuentes de contaminación en el medio ambiente de la planta o el animal a partir de los cuales se obtuvo el alimento. Si la muestra de alimento se recogió cocinada, hay que buscar posibles fuentes de contaminación durante la cocción (por ejemplo, un recipiente de hierro, una broqueta de metal o una placa o una rejilla de asar de hierro). Si la muestra de alimento se preparó y recogió de manera que fuera representativa del alimento tal como suele estar disponible para la comunidad, se puede considerar que la contaminación contribuye al valor real y representativo del alimento. Sin embargo, puesto que la contaminación derivada del medio ambiente o durante la cocción no contribuye necesariamente a la composición normal del producto alimenticio, en los informes escritos hay que prestar atención a estos valores insólitos y a su importancia nutricional.

Se pueden aplicar algunos cálculos sencillos como verificaciones aproximadas sobre la idoneidad de los valores. Por ejemplo, las cantidades sumadas de los componentes de las cenizas no deben ser superiores al valor de la ceniza total, y la suma de los componentes determinados tampoco debe ser superior al 100 por ciento del peso de la muestra analítica en un análisis completo (son generalmente aceptables sumas del orden del 97 al 103 por ciento del peso de la muestra analítica). Cuando se dispone de análisis completos, pruebas de sentido común como éstas pueden ayudar a determinar la fiabilidad o, con más frecuencia, la no fiabilidad de los resultados notificados.

## Informe final de los datos analíticos

En todos los informes de los datos analíticos, publicados o no, han de enumerarse los procedimientos que se aplicaron en el laboratorio para garantizar la calidad de dichos datos (por ejemplo, los niveles de las recuperaciones, la utilización de MRN u otros patrones).

Como norma general no deben aplicarse factores de corrección al calcular el resultado final notificado. Habitualmente se deben comunicar tanto el valor real encontrado como los factores de recuperación determinados en el curso del análisis. Los factores de recuperación no suelen ser constantes de una vez para otra y su variabilidad es un elemento importante relacionado con el funcionamiento que se utiliza en la interpretación de los resultados del análisis. Cuando el factor de corrección varíe con el tipo de alimento, se debe utilizar el apropiado y luego calcularlo corregido en función de la recuperación. Como ya se ha indicado, la manera más fácil de evitar equivocaciones y ambigüedades es notificar los resultados reales, los factores de recuperación y los valores corregidos.

## Observaciones finales

A pesar de las dificultades que plantea, es esencial mantener un sistema continuo de control de calidad. En un laboratorio cuyo mayor volumen de trabajo consista en el análisis de distintos componentes en diversos alimentos, el esfuerzo debe concentrarse en el mayor número posible de procedimientos de control de calidad aplicables. Esta situación exige la utilización de muestras de alimentos estándar previamente analizadas o de muestras de alimentos analizadas en otros laboratorios para usarlas como testigos simultáneos, y una participación superior a la normal en series de muestras de verificación y en ensayos en colaboración. Cabe suponer que los analistas y los laboratorios que obtienen sistemáticamente resultados de una calidad alta en las series de muestras de verificación y en los ensayos en colaboración conseguirán en los análisis ordinarios cotidianos resultados más fiables que los laboratorios que no pueden presentar pruebas de la idoneidad de sus resultados.

Las consecuencias de no lograr mantener un programa de garantía de calidad justifican el tiempo y los gastos de su aplicación. Los datos incorrectos pueden tener consecuencias importantes para los consumidores y para los programas de composición de alimentos; si los compiladores de bases de datos cada vez más complejas rechazan la información, el laboratorio que la produce pierde credibilidad.

## Capítulo 9

# Convenios y formas de expresión de los datos de composición de alimentos

**E**n una base de datos de composición de alimentos se requiere una gran variedad de cantidades, unidades y formas de expresión de carácter básico, en función de las aplicaciones específicas de los datos. En general, los datos de composición se expresan como cantidad de masa, siendo la unidad que sirve de base el kilogramo (kg) (BIPM, 2003; NIST, 2003b). A efectos de la composición de los alimentos se entiende que es el peso y por convenio los datos se suelen notificar por 100 g de porción comestible. Sin embargo, también se pueden expresar utilizando otras bases, como el tamaño de las porciones o las unidades domésticas, por 100 ml o por kg, o tomando como base la energía (por ejemplo, nutrientes por 1 000 kJ), las proteínas (aminoácidos por 100 g de proteínas), el nitrógeno (aminoácidos por g de N), los lípidos totales (ácidos grasos por g de ácidos grasos totales) y otras.

En principio, todas las bases de datos de usuarios especializados se pueden derivar de una base de datos de referencia principal exhaustiva. Aquí no se examinan las maneras de mantener y manipular la información en el seno de cualquier sistema informático de gestión de datos, que dependen del sistema operativo preferido o la gestión ordinaria de los datos. Sin embargo, los compiladores de una base de datos de composición de alimentos deben ser conscientes de varias cuestiones generales relativas a la obtención y la documentación de la información.

## Valores de los datos

Para los valores de los datos se facilitan las indicaciones que figuran a continuación.

### Valores analíticos

Deben documentarse cuidadosamente, de manera que sea posible localizar la fuente primaria de los datos e identificar los métodos analíticos utilizados.

### Valores ausentes

Es prácticamente imposible disponer de series completas de datos para todos los nutrientes.

Es imprescindible que en la base de datos se identifiquen los valores ausentes y se advierta al usuario siempre que se seleccionen, en la entrada o la búsqueda, artículos alimenticios a los que falten valores. Esto es particularmente importante en los programas informáticos, en los que hay que señalar a la atención del usuario las ingestas calculadas de nutrientes (o la composición calculada de nutrientes de las recetas) con valores ausentes.

### Valores cero

El cero se puede utilizar cuando se ha demostrado analíticamente que un componente no está presente en la muestra del alimento. En sentido estricto, el uso del «cero» significa que cualquier cantidad presente está por debajo de los límites de detección o cuantificación del método de medición empleado. Si bien el cero se puede utilizar para indicar que la cantidad presente es inferior al nivel nutricionalmente significativo, en estos casos, sin embargo, es preferible usar el término «traza». Una excepción es cuando hay una buena razón para pensar que no está presente ninguno de los componentes, por ejemplo, la vitamina B<sub>12</sub> en los alimentos vegetales. En estos casos tal vez no se necesiten análisis y la fuente u origen de los valores se puede mencionar como «supuestamente» o «presumiblemente» cero.

### Valores traza

«Traza» significa que el componente está presente, pero en una concentración tal que no se puede medir de manera adecuada. También se puede utilizar cuando el nivel se considera insignificante desde el punto de vista nutricional. Es conveniente definir estos límites en la documentación de la base de datos. En muchas bases de datos de composición de alimentos estos valores se expresan como «T» o «tr» y a menudo representan la única entrada no numérica aceptable en un campo de valores de datos. El Cuadro 9.1 contiene algunas propuestas de límites con un mayor grado de oficialidad para los diversos componentes, basadas, aunque de manera intuitiva, en los métodos usados en la actualidad.

### Valores atribuidos

En ciertos casos se puede sustituir la falta de un valor analítico por un valor estimado o atribuido basado en un alimento semejante (véase el Capítulo 1). Cada valor atribuido se debe documentar de manera completa para cada tipo y fuente/origen de datos.

### Valores calculados

Con frecuencia se utilizan valores obtenidos mediante un cálculo para platos de alimentos mixtos, recetas y algunos alimentos elaborados. Estos productos alimenticios se deben distinguir en la descripción mediante una declaración en este sentido y ha de haber un campo con una lista de los registros de los alimentos con sus ingredientes utilizados en los cálculos. Todos los valores se deben documentar de manera completa para cada tipo y fuente/origen de datos.



**Cuadro 9.1** Formas de expresión de los valores de la composición de los alimentos en las bases de datos de referencia y de los usuarios (por 100 g de porción comestible del alimento)

| Componente   | Unidad    | Número de dígitos significativos | Límites propuestos en la base de datos |        | Traza = menos de |
|--|-----------|----------------------------------|--|--------|------------------|
|  |           |                                  | Valor                                  | Límite |                  |
| Energía  | kJ (kcal) | 3                                | 1-999                                  | ±1     | 0,6              |
|  |           |                                  | >1000                                  | ±10    | 6                |
| Principales componentes (agua, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra dietética, alcohol, ácidos orgánicos) | g         | 3                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Aminoácidos  | mg        | 3                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Ácidos grasos  | g         | 3                                |  | ±0,1   | 0,06             |
|  | mg        | 3                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Colesterol   | mg        | 3                                |  | ±1     | 0,6              |
| Componentes inorgánicos  | mg        | 3                                | 1-9                                    | ±0,1   | 0,06             |
|  | mg        | 3                                | 10-99                                  | ±1     |                  |
|  | mg        | 3                                | >100                                   | ±10    |                  |
|  | µg        | 2                                | 100-1000                               | ±10    | 6                |
| <b>Vitaminas</b>   |           |                                  |  |        |                  |
| Vitamina A   |           |                                  |  |        |                  |
| Retinol  | µg        | 3                                |  | ±1     | 0,6              |
| Carotenos  | µg        | 3                                |  | ±1     | 0,6              |
| Vitamina D   | µg        | 2                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Vitamina E   |           |                                  |  |        |                  |
| Tocoferoles  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Vitamina K   | µg        | 2                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Vitaminas del grupo B  |           |                                  |  |        |                  |
| Tiamina  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Riboflavina  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Niacina  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Vitamina B <sub>6</sub>  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Ácido pantoténico  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Biotina  | mg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Vitamina B <sub>12</sub>   | µg        | 2                                |  | ±0,01  | 0,006            |
| Folatos  | µg        | 2                                |  | ±0,1   | 0,06             |
| Vitamina C   | mg        | 3                                |  | ±0,1   | 0,06             |

## Formas de expresión

Para que los sistemas de bases de datos de composición de alimentos sean compatibles hay que institucionalizar la manera de expresar la información (Klensin *et al.*, 1989). En la mayoría de los casos se deben utilizar como base los convenios nutricionales ya bien arraigados o los acuerdos internacionales sobre el uso preferido. Para los casos en los que no se haya alcanzado un acuerdo, en este capítulo se proponen los convenios más utilizados. El intercambio y la compatibilidad de los datos se facilitarían si se expresaran también de manera más uniforme en sus fuentes originales.

## Bases de expresión

La base de expresión se debe elegir de manera que se ajuste al uso específico de la base de datos. La base más común es la de g/100 g de porción comestible del alimento, aunque la expresión en función del tamaño de la porción o de medidas domésticas es adecuada para muchas bases de datos de los usuarios con fines especiales. La expresión por kg es menos práctica para los usuarios y puede conllevar el uso de un número de cifras significativas mayor del que se puede justificar (véase *infra*). Para los datos y las bases de datos de composición de alimentos se propone la utilización de los 100 g como base, excepto para las bases de datos con fines especiales y para algunos otros elementos que se identifican a continuación.

La porción comestible es en sí un valor que se debe registrar en la base de datos. Se refiere a la proporción de la parte comestible del alimento bruto tal como se recoge o se compra, expresada en peso. La proporción de materia comestible en el alimento cocinado se expresa a menudo en función del alimento bruto.

### Alimentos líquidos

Dado que los alimentos líquidos se miden a menudo por volumen, se podría utilizar la expresión sobre una base de 100 g ó 100 ml. Es conveniente registrar la densidad de estos alimentos, de manera que se puedan realizar las conversiones oportunas. Los líquidos con una viscosidad elevada se suelen medir por peso, siendo ésta la forma de expresión preferida.

### Cifras significativas

El último dígito citado en el valor debe reflejar la precisión del análisis y los valores no se deben citar de manera que puedan crear una falsa impresión de la precisión con la que se puede medir un componente. Debido a que la composición de los alimentos es variable, también es totalmente incorrecto citar valores que impliquen que la composición se define a un nivel superior al de su variación natural. No hay que confundir los dígitos significativos con el número de decimales de un valor. Por ejemplo, los números 123, 12,3, 1,23, 0,123 y 0,0123 tienen todos ellos tres dígitos significativos.

## Procedimientos de redondeo

Los valores para los nutrientes se pueden notificar en la fuente de datos con más cifras significativas de las que se necesitan en una base de datos. Cuando se obtienen los resultados, las cifras se introducen sin ningún redondeo. En niveles más elevados de la gestión de datos es conveniente retener un dígito significativo más de los necesarios en la base de datos de los usuarios, tal y como se indica en el Cuadro 9.1. Cuando los valores se suman con fines estadísticos, es apropiado utilizar las normas de redondeo tradicionales, con un redondeo hacia abajo de los valores pares que terminan en el dígito 5 (por ejemplo, 0,25 se convierte en 0,2) y hacia arriba en los valores impares (por ejemplo, 0,55 se convierte en 0,6) para evitar sesgos significativos (Snedecor, 1956). Sin embargo, hay que recordar que un número de dígitos superior al indicado en el Cuadro 9.1 puede tener un valor analítico escaso y una importancia nutricional mínima.

## Nomenclatura de los alimentos

Si bien la nomenclatura de los alimentos tiene una importancia decisiva (Capítulo 3), el tema es demasiado amplio para examinarlo aquí. Entre los sistemas de nomenclatura, clasificación y descripción de los alimentos cabe mencionar el Eurocode (Arab, Wittler y Schettler, 1987), el LanguaL (McCann *et al.*, 1988; Feinberg, Ireland-Ripert y Favier, 1991) y la INFOODS (Truswell *et al.*, 1991). Algunos autores han evaluado y comparado las ventajas e inconvenientes de los distintos sistemas (Burlingame, 1998; Ireland y Møller, 2000). Los sistemas de clasificación de los alimentos también se pueden basar en el Codex Alimentarius, las bases de datos de estadísticas agrícolas de la FAO, el Sistema armonizado para el comercio y la Clasificación del consumo individual por finalidades (CCII) de las Naciones Unidas. Se pueden encontrar descripciones y enlaces para todos estos sistemas de nomenclatura y clasificación en la página web de la INFOODS (INFOODS, 2003).

## Nomenclatura y convenios para los componentes

La nomenclatura de los nutrientes (véanse los Capítulos 4, 6 y 7) se ha institucionalizado en los principales aspectos; las siguientes directrices se basan en convenios internacionales.

**Materia comestible:** se refiere a la proporción de materia comestible en el alimento crudo tal como se recoge o compra, expresada en peso. La proporción de materia comestible en los alimentos cocinados se expresa con frecuencia en función del alimento crudo.

**Agua,** contenido de (contenido de humedad): sus valores dependen del método (Capítulos 6 y 7), pero las diferencias casi siempre tienen una importancia nutricional escasa. La liofilización es una excepción; el contenido de agua residual en este método puede afectar a la exactitud de todos los demás resultados expresados en peso húmedo.

**Nitrógeno** (total): suele medirse mediante los métodos de Kjeldahl o Dumas o una modificación de ellos.

**Proteínas:** suelen ser un valor calculado, derivado del valor del nitrógeno total multiplicado por un factor de conversión del nitrógeno. Se han elaborado factores para alimentos específicos, basados en la naturaleza y la composición de las proteínas que contienen distintos materiales (Jones, 1931). El factor específico para las almendras es de 5,18, mientras que para la leche es de 6,38. Todavía se siguen utilizando ampliamente los factores de Jones en el trabajo relativo a la composición de los alimentos (véase el Cuadro 7.3). En ausencia de factores para alimentos específicos, se aplica el factor general de 6,25. En algunas bases de datos de composición de alimentos se utiliza exclusivamente el factor general para el cálculo de todas las proteínas, y en numerosos países/regiones la reglamentación en materia de etiquetado de los alimentos exige el uso del factor general (CE, 1990). Todos los demás métodos de medición de las proteínas se siguen calibrando frente a este tipo de valor. También puede ser útil incluir en la base de datos de composición de alimentos las proteínas calculadas tanto mediante factores específicos como mediante el factor de 6,25. Para algunas aplicaciones, por ejemplo, la formulación de dietas frente a necesidades alimentarias, es más apropiado el factor de 6,25, porque es el que se utiliza para derivar las necesidades de proteínas (FAO/OMS/UNU, 1985).

En varias ocasiones se ha propuesto (Southgate, 1974; Southgate y Greenfield, 1992; Salo-Väänänen y Koivistoinen, 1996) que se definan de nuevo las proteínas y los métodos de determinación. Muchos consideran que la representación más apropiada del contenido de proteínas de los alimentos es la suma de los aminoácidos (Salo-Väänänen y Koivistoinen, 1996). En todos los casos se deben incluir en la base de datos de referencia los valores del factor y del nitrógeno.

**Grasas (totales):** son los lípidos totales de un producto alimenticio, incluidos los triacilgliceroles. Los valores dependen en gran medida del método utilizado. En los Estados Unidos, la Ley de Etiquetado y Educación Nutricional (NLEA) (Federal Register, 1990) y la *Food and Drug Administration* (FDA), organismo de productos alimenticios y farmacéuticos (Federal Register, 1993), definieron las «grasas totales» como la suma de los ácidos grasos expresados como triglicéridos (*sic*) a efectos de etiquetado nutricional (FDA, 2001).

**Carbohidratos totales** (total «por diferencia»): se trata de una expresión poco satisfactoria que debe ir desapareciendo progresivamente (FAO/OMS, 1998). Es un valor derivado, que se obtiene restando los porcentajes de agua, proteínas, grasas y cenizas de 100 para obtener el porcentaje de carbohidratos «por diferencia». Incluye todo el material distinto de los carbohidratos no analizado en los otros análisis proximales y los errores acumulativos de las otras mediciones. Sin embargo, algunas bases de datos de composición de alimentos también restan los valores del alcohol en los alimentos pertinentes.

**Carbohidratos disponibles:** se definen como la suma de azúcares libres (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa y maltosa), almidón, dextrinas y glucógeno. En las bases de datos de referencia es útil incluir por separado los distintos carbohidratos, además de la suma de los valores de los carbohidratos disponibles totales (glucémicos). En las bases de datos de los usuarios figuran cada vez con más frecuencia los valores de cada una de las sustancias, además de los correspondientes a los carbohidratos disponibles totales. Los carbohidratos disponibles y

sus fracciones se pueden expresar en peso (es decir, la forma anhidra) o como equivalentes de monosacáridos (es decir, incluida el agua de hidratación). Los carbohidratos disponibles también se pueden calcular «por diferencia», restando el valor de la fibra dietética, preferiblemente «la fibra dietética total», de los carbohidratos totales.

**Fibra dietética:** los métodos para su medición son objeto de numerosos debates científicos. Como los valores dependen del método, hay que identificarlos por el método que se utiliza. El que más se usa es probablemente el de la fibra dietética total de la AOAC (véase el Capítulo 7), pero también se ha recurrido a definiciones más específicas, por ejemplo, la suma de los polisacáridos no amiláceos y la lignina. Si se emplea el sistema de los polisacáridos no amiláceos, tal vez sea preferible usar este término para identificar los valores en la base de datos.

**Cenizas (totales):** son el residuo tras la incineración de la materia orgánica. Los valores dependen del método, pero las diferencias tienen una importancia nutricional escasa.

Debido a que es rara la medición de los componentes proximales o principales con una exactitud superior a  $\pm 1$  por ciento, el máximo son tres cifras significativas; los valores se deben limitar a 0,1 g/100 g, con las «trazas» definidas como cantidades inferiores a 0,06 g/100 g.

**Componentes inorgánicos:** para estos componentes se utilizan los nombres o símbolos apropiados de los elementos. Los identificadores de la INFOODS son equivalentes a los símbolos atómicos de los elementos. La medición con una precisión de  $\pm 1$  por ciento es extraordinariamente satisfactoria, pero puede no ser posible con los oligoelementos. Los límites propuestos en el Cuadro 9.1 se basan en los límites analíticos previstos combinados con niveles aceptados de importancia nutricional.

**Vitamina:** es el término utilizado cuando hay varias formas activas de un agente con una actividad fisiológica definida o «vitámeros» (véase el Capítulo 7). Para registrar sustancias químicas definidas se debe utilizar el sistema de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición (IUNS, 1978). En la base de datos de referencia hay que enumerar por separado los valores para cada vitámero (por ejemplo, los distintos carotenoides). Los valores de la actividad total de la vitamina A y de la vitamina D se obtienen por cálculo, por lo que es preferible limitarlos a las bases de datos de los usuarios, debiendo quedar claramente especificados los factores utilizados en el cálculo. Con el paso del tiempo es probable que cambien los factores de conversión para las actividades de los vitámeros, con la consecuente exigencia de un nuevo cálculo a partir de los datos de los distintos vitámeros de la base de datos de referencia. Para la conversión a partir de las unidades internacionales, deben utilizarse las equivalencias que figuran en el Capítulo 7. En general, los métodos para la medición de las vitaminas son algo menos precisos que los utilizados para los análisis inorgánicos. Los límites de expresión se muestran en el Cuadro 9.1. La expresión con tres cifras significativas se considera un nivel razonable para las citas.

**Aminoácidos:** se mencionan con los nombres comunes aprobados o los símbolos de tres letras que son equivalentes a los identificadores de la INFOODS. En las bases de datos de referencia los aminoácidos se suelen expresar en mg/g de nitrógeno o en g/16 g de nitrógeno (alrededor de 100 g de proteínas), pero en las bases de datos de los usuarios es útil la expresión en mg/100 g de alimento. Al igual que con los ácidos grasos, a menudo es útil disponer

**Cuadro 9.2** Factores de conversión aplicables a las grasas totales para obtener los valores de los ácidos grasos totales en las grasas

| <i>Alimento</i>                             | <i>Factor</i> | <i>Alimento</i>                      | <i>Factor</i> |
|---|---------------|--------------------------------------|---------------|
| Trigo, cebada y centeno <sup>1</sup>        |               | Carne de bovino <sup>3</sup>         |               |
| grano entero                                | 0,72          | magra                                | 0,916         |
| harina                                      | 0,67          | grasa                                | 0,953         |
| salvado                                     | 0,82          | Cordero, tomado como carne de bovino |               |
| Avena entera <sup>1</sup>                   | 0,94          | Carne de porcino <sup>4</sup>        |               |
| Arroz elaborado <sup>1</sup>                | 0,85          | magra                                | 0,910         |
| Leche y productos lácteos                   | 0,945         | grasa                                | 0,953         |
| Huevos <sup>2</sup>                         | 0,83          | Aves de corral                       | 0,945         |
| Grasas y aceites, todos excepto los de coco | 0,956         | Sesos <sup>4</sup>                   | 0,561         |
| Aceite de coco                              | 0,942         | Corazón <sup>4</sup>                 | 0,789         |
| Hortalizas y frutas                         | 0,80          | Riñones <sup>4</sup>                 | 0,747         |
| Aguacates                                   | 0,956         | Hígado <sup>4</sup>                  | 0,741         |
| Nueces                                      | 0,956         | Pescado <sup>5</sup>                 |               |
|   |               | azul                                 | 0,90          |
|   |               | blanco                               | 0,70          |

*Fuentes:*<sup>1</sup> Weihrauch, Kinsella y Watt, 1976.<sup>2</sup> Posati, Kinsella y Watt, 1975.<sup>3</sup> Anderson, Kinsella y Watt, 1975.<sup>4</sup> Anderson, 1976.<sup>5</sup> Exler, Kinsella y Watt, 1975.

de ambas formas de expresión para la evaluación comparativa en todos los niveles del sistema de bases de datos.

Si los valores de los aminoácidos en la base de datos de referencia se expresan en relación con el nitrógeno total, de este valor se debe deducir el nitrógeno no procedente de proteínas ni de aminoácidos, a fin de expresar los valores en mg/100 g de alimento. La expresión con tres cifras significativas se considera apropiada para los aminoácidos citados en mg.

**Ácidos grasos:** se enumeran indicando la longitud de la cadena y el número de dobles enlaces. Pueden ser necesarios los nombres sistemáticos para definir valores de ácidos grasos isoméricos específicos. En las bases de datos de los usuarios se deben incluir algunos de los isómeros más importantes, por ejemplo, los isómeros trans. En la fuente de datos y en las bases de datos de referencia, los valores de los distintos ácidos grasos se suelen expresar como porcentajes de los ácidos grasos totales, puesto que ésta es la forma más común de presentación analítica. En las bases de datos de los usuarios se requieren valores por 100 g de alimento. Ambas formas de expresión son útiles para la evaluación comparativa en todos los niveles de gestión de los datos. Se requiere un factor de conversión derivado de la proporción de los

lípidos totales presentes como ácidos grasos (Paul y Southgate, 1978) para la conversión de los porcentajes de ácidos grasos totales en ácidos grasos/100 g de alimento (Cuadro 9.2). Para los ácidos grasos expresados en g/100 g de ácidos grasos totales, lo mejor es limitar la precisión al nivel de 0,1 g/100 g, habiéndose establecido las trazas en < 0,06 g/100 g de ácidos grasos totales.

**Otros componentes:** se mencionan mediante los términos químicos reconocidos, utilizando los nombres vulgares o sistemáticos en función de la práctica habitual.

**Valor energético:** se refiere a un valor de la energía metabolizable, obtenido por cálculo a partir de los componentes que producen energía mediante factores de conversión (véase el Capítulo 7). En las bases de datos de los usuarios los valores energéticos de los alimentos se obtienen con frecuencia mediante la aplicación de factores de conversión a los valores de los componentes proximales o productores de energía. La determinación directa de los valores brutos de la energía (es decir, el calor de combustión) puede ser útil para ciertos fines; sin embargo, estos valores no se pueden comparar con los de la energía metabolizable tal como se utilizan en la nutrición.

Es importante no dar por supuesta una gran precisión en la cita de los valores de la energía. El convenio se basa en las siguientes hipótesis cuestionables:

- a) la energía bruta (calor de combustión) de distintas proteínas, grasas y carbohidratos es constante para todos los alimentos;
- b) las mediciones de la digestibilidad aparente dan una indicación exacta de la energía disponible;
- c) los coeficientes de digestibilidad aparente son constantes para todos los alimentos;
- d) la digestibilidad no varía significativamente de una persona a otra.

Se ha intentado obtener factores específicos para los distintos alimentos o grupos de alimentos, admitiendo las hipótesis a) y c) (Merrill y Watt, 1955), pero no la b) o la d) (Southgate y Durnin, 1970).

No se deben citar valores energéticos con más de tres dígitos significativos con un límite de 1 kcal o kJ.

## Capítulo 10

### Consideraciones relativas a la calidad en la compilación de una base de datos de composición de alimentos

**E**n este capítulo se describen las etapas que forman parte de la compilación de una base de datos, desde la recopilación de la información hasta su incorporación a la base de datos informatizada (o publicada). En la mayor parte de los programas de bases de datos, éste es el proceso en el cual se combinan los propios procedimientos de muestreo y análisis del programa para la obtención de valores con operaciones indirectas basadas en la bibliografía.

El proceso de compilación no es una simple tarea burocrática de reunión de valores numéricos en un formato adecuado. La operación incluye la valoración de toda la información que entra en el sistema de gestión de la base de datos. En el proceso, cada elemento de los datos se evalúa según una serie de criterios. En muchos casos los compiladores deben consultar a personas con sólidos conocimientos sobre alimentos y nutrientes y una buena comprensión de los procedimientos analíticos antes de decidir la inclusión o no de ciertos valores.

La evaluación de los datos es un proceso iterativo entre las distintas etapas del sistema de bases de datos (Capítulo 1). Aunque el compilador examine los datos en todos los niveles, a medida que avanza el proceso surgen con frecuencia preguntas que obligan a regresar a la fuente primaria de datos. Por consiguiente, es imprescindible que el proceso de evaluación esté totalmente documentado.

Numerosos autores describen experiencias de compilación en el ámbito de un programa nacional de composición de alimentos, que también se publican en las actas de las reuniones de los centros regionales de datos de la INFOODS (por ejemplo, Aalbersberg, 1999) y en números especiales de revistas de las conferencias nacionales e internacionales sobre datos de los alimentos (Greenfield, 1995; *Food Chemistry*, 1996; *Journal of Food Composition and Analysis*, 2000, 2001, 2002, 2003a).

#### Fuentes de datos

Antes de exponer los criterios para el examen de los datos, hay que detenerse en sus fuentes primarias. Se puede considerar que quedan comprendidas en cuatro categorías amplias (Cuadro 10.1), cada una de ellas con una serie de características propias que el compilador debe tener



**Cuadro 10.1** Fuentes de datos de composición de alimentos

| <i>Fuente</i>             | <i>Descripción</i>  |
|---------------------------|---|
| Publicaciones primarias   | Artículos en la bibliografía científica que contienen datos de composición de alimentos   |
| Publicaciones secundarias | Reseñas o compilaciones publicadas, con inclusión de datos de composición   |
| Informes inéditos         | Informes que comprenden desde registros analíticos hasta informes preparados para uso interno en una organización, pero no publicados de manera oficial |
| Datos analíticos          |   |
| específicos               | Análisis realizados específicamente en el marco de un programa de bases de datos  |
| no específicos            | Labor analítica realizada con otros fines   |

en cuenta. Aunque en principio todos los datos deben evaluarse según los mismos criterios, hay que reconocer que gran parte de la información sobre composición de alimentos existente no cumple totalmente los criterios ideales. Las cuatro categorías principales de fuentes de datos son las que se exponen a continuación.

### **Publicaciones primarias**

En esta categoría se incluyen datos de composición procedentes de documentos publicados en revistas científicas. Además de las revistas sobre bromatología y nutrición, se incluyen, entre otras, las que se dedican al análisis de los subproductos de los alimentos, los estudios del tratamiento del suelo, la explotación animal y vegetal y la elaboración de métodos analíticos.

Aunque estos documentos suelen ser objeto de un examen colegiado y una valoración a cargo de expertos, el trabajo se tiene que evaluar en general con respecto al objetivo primario del estudio y no necesariamente en relación con la calidad de los valores de la composición como tales. Así pues, las secciones experimentales de los documentos pueden contener con frecuencia detalles insuficientes para permitir la utilización de estos valores sin la aplicación de los criterios oficiales que se examinan más adelante. No obstante, estos datos tienen una fuente inequívoca clara y, en general, se pueden relacionar directamente con una labor analítica y alimentos específicos.

### **Publicaciones secundarias**

Esta categoría incluye exámenes, otras compilaciones de datos de composición publicadas (en particular tablas de composición de alimentos y bases de datos informatizadas) y material publicado en libros o revistas sin un examen de expertos. Los valores obtenidos en esta categoría pueden ser más difíciles de evaluar según los criterios oficiales. Por ejemplo, los datos de otras tablas de composición de alimentos deben conducir en teoría al compilador a las fuentes de los datos, publicados o no, pero con frecuencia la fuente lleva sólo a otra serie

de tablas. Cuando los valores de la composición aparecen en publicaciones sin examen de expertos, el compilador tal vez tenga que consultar al autor o a los compiladores de la base de datos antes de poder evaluar los valores de manera correcta.

Algunos datos de composición se publican en su presentación original en tablas de composición de alimentos como, por ejemplo, en *The composition of foods* [La composición de los alimentos] (McCance y Widdowson, 1940, 1946, 1960; Paul y Southgate, 1978), donde se publicaron los valores analíticos primarios. En la edición de 1960, el material tomado de la bibliografía estaba totalmente referenciado. La edición de 1978 proporcionó claves para los laboratorios que habían proporcionado valores analíticos obtenidos específicamente para la edición, los métodos utilizados y referencias del material tomado de la biografía. En ediciones posteriores (Holland *et al.*, 1991; Food Standards Agency, 2002) y en los suplementos (Holland, Unwin y Buss, 1992; Holland *et al.*, 1991; Holland, Welch y Buss, 1992; Holland, Brown y Buss, 1993; Chan, Brown y Buss, 1994; Chan *et al.*, 1995, 1996; MAFF, 1998) de las tablas de composición de alimentos del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte –que constituyen los datos nutricionales primarios del país– la publicación de las claves se interrumpió por motivos económicos, aunque sigue siendo posible obtener la información de los editores. Muchos países siguen publicando detalles de su documentación sobre las muestras y los análisis, resumidos o completos, y hay que alentar esta práctica. Se publiquen o no de manera impresa, todos los centros de compilación de datos deben poder poner a disposición de los usuarios los detalles de la documentación cuando los soliciten.

### Informes inéditos

Esta categoría incluye datos de composición recogidos en un documento preparado para una difusión limitada, con frecuencia para uso interno en empresas comerciales, instituciones o departamentos oficiales. A menudo la aplicación de criterios oficiales a estos datos es difícil y depende de la naturaleza del documento. Estos informes suelen contener datos analíticos originales, por lo que pueden ser fuentes importantes de valores de la composición. Otra posibilidad es que los datos puedan utilizarse como confirmación o para obtener alguna indicación sobre la variación de un determinado componente. Si hay alguna duda o confusión acerca de los valores, hay que consultar a los autores siempre que sea posible.

### Datos analíticos

Esta categoría incluye dos tipos amplios de datos. En primer lugar están los datos analíticos que no se produjeron específicamente para una base de datos de nutrientes (cuando, por ejemplo, la recogida de muestras de alimentos no estaba concebida para ser representativa y la organización o el grupo encargado de la base de datos no controló ni supervisó los análisis). En estos casos, el compilador debe examinar cuidadosamente los procedimientos de muestreo y análisis y también debe tener el convencimiento de que se utilizaron procedimientos de control de calidad apropiados. Es particularmente valioso el acceso directo a los registros de las muestras de alimentos y los cuadernos analíticos. También se puede hacer una evaluación adecuada si el compilador puede examinar los valores con la persona encargada del muestreo y el análisis.

**Cuadro 10.2** Criterios para el examen de los datos

| <i>Parámetro</i>                                  | <i>Criterios</i>   |
|---|--|
| Identidad del alimento                            | Identificación inequívoca del alimento de la muestra                                       |
| Protocolo de muestreo                             | Recogida de una muestra representativa   |
| Preparación de la muestra de alimento             | Método de cocción<br>Precauciones adoptadas<br>Material rechazado como no comestible, etc. |
| Laboratorio y preparación de la muestra analítica | Naturaleza del material analizado<br>Métodos utilizados para la preparación de la muestra  |
| Procedimientos analíticos                         | Elección del método<br>Compatibilidad<br>Procedimientos de garantía de calidad             |
| Forma de expresión                                | Compatibilidad con la utilizada en la base de datos  |

El segundo tipo son los valores inéditos obtenidos específicamente para el programa de bases de datos. Estos valores han de examinarse a fondo, aun cuando la organización encargada de la compilación haya controlado los procedimientos de muestreo y análisis, aunque sea por contrato. En sentido estricto, estos nuevos datos analíticos simplemente se incorporan al conjunto existente de valores y deben compararse con otras fuentes de datos de composición. Sólo cuando haya pruebas convincentes de que un alimento ha cambiado (por ejemplo, si se ha introducido una nueva variedad o se han efectuado cambios en las prácticas agrícolas o de producción secundaria) o de que se han utilizado procedimientos analíticos mejorados se pueden rechazar los valores más antiguos (véanse las secciones sobre «Cambios de valores» y «Alimentos en desuso» en las páginas 205 y 206). Hay que investigar las diferencias que evidentemente no se deben a estos factores y a menudo es conveniente repetir el muestreo y el análisis como confirmación.

## Criterios que han de aplicarse durante el examen de los datos

Las bases para estos criterios se han examinado en los capítulos anteriores. Se resumen en el Cuadro 10.2.

### Identidad del alimento

El compilador debe estar seguro de la identidad del alimento cuya muestra se va a analizar. En los alimentos vegetales primarios puede ser necesario identificar tanto la especie como la variedad, mientras que para el pescado y las carnes en canal puede ser necesaria la identificación por la especie. Con frecuencia son también de interés para una identificación correcta la edad y la

madurez. Cuando el alimento consiste en parte de una planta o un animal, este rasgo ha de indicarse con claridad. Los productos patentados y los platos cocinados son particularmente difíciles de identificar. Los alimentos que no se puedan identificar de manera inequívoca deben quedar individuados como tales en la base de datos. Una imagen fotográfica o gráfica puede servir de ayuda para una identificación más clara en el futuro (Burlingame *et al.*, 1995a).

### **Naturaleza de la muestra del alimento**

Las muestras de alimentos deben ser representativas. Así pues, el examen incluye la evaluación del plan de muestreo utilizado para obtener el alimento en cuanto al número/peso de los elementos recogidos, la fecha y hora de la recolección, la localización geográfica, la manera de combinar los elementos, etc. (Capítulo 5).

### **Naturaleza del material analizado**

Se debe establecer con claridad la naturaleza del material analizado: crudo o cocinado (con el método de cocción), forma de preparación (por ejemplo, con piel o sin ella), descripción y peso de la porción comestible, descripción y peso de la porción rechazada, descripción de la porción normal (por ejemplo, una rebanada en el caso del pan) y peso.

### **Preparación de la muestra analítica y procedimientos de análisis**

En los informes se suelen describir de manera conjunta la preparación de la muestra analítica y los procedimientos de análisis. Su evaluación requiere buenos conocimientos sobre análisis de nutrientes. En primer lugar, el protocolo de preparación de la muestra analítica se ha de examinar con detalle para comprobar si cumple los criterios indicados en el Capítulo 5. En segundo lugar, hay que evaluar los métodos de análisis; se debe dar preferencia a los valores obtenidos por medio de métodos validados que sean compatibles con los de uso internacional (Capítulos 6 y 7) y a los valores cuyas fuentes indiquen que se aplicaban procedimientos apropiados de garantía de calidad (Capítulo 8).

### **Forma de expresión**

El compilador debe poder identificar con claridad la forma de expresión utilizada y, en particular, la base mediante la cual se han expresado los valores analíticos. Esto es particularmente importante cuando los valores publicados se han derivado de valores analíticos mediante el uso de factores de conversión.

En el Cuadro 10.3 se indica un sistema para dar carácter oficial a los criterios anteriores.

## **Proceso de compilación**

### **Agrupamiento de las fuentes de datos**

La primera etapa es el agrupamiento de las fuentes de datos, incluidas las tablas publicadas. Es esencial realizar una búsqueda rigurosa de la bibliografía. Hay que tener un cuidado espe-

Cuadro 10.3 Criterios para la aceptación de los valores de composición en una base de datos

| <i>Criterio</i> | <i>Claramente aceptable</i> | <i>Aceptabilidad progresivamente decreciente</i> | <i>Normalmente inaceptable<sup>1</sup></i> |
|-----------------|-----------------------------|--|--|
|-----------------|-----------------------------|--|--|

**Criterios de muestreo**

|                                     |   |  |   |
|-------------------------------------|---|--|---|
| Identidad del alimento              | Inequivoca  | Identidad cada vez menos clara   | Alguna ambigüedad   |
| Representatividad                   | Inherente al conjunto de la base de datos                             | Menos representativa de los alimentos consumidos                         | No declarada  |
| Número de muestras                  | Protocolo formulado para conseguir límites de confianza definidos     | Número de muestras elegido de manera arbitraria                          | Muestras selectivas o en número muy limitado  |
| Naturaleza del material analizado   | Claramente definida   | Definiciones cada vez menos claras                                       | No declarada o poco clara   |
| Preparación de la muestra analítica | Descrita con detalle y con la conservación de los nutrientes conocida | Descrita brevemente, pero con la conservación de los nutrientes conocida | No declarada o sin pruebas de la necesidad de proteger los nutrientes en la muestra |

**Criterios analíticos**

|                               |  |  |  |
|-------------------------------|--|--|--|
| Elección del método analítico | Bien establecido y compatible a nivel internacional  | No tan bien descrito o con modificaciones inéditas                   | No declarado   |
| Resultados del método         | Establecidos y validados en ensayos en colaboración  | Establecidos, pero sin validación interna                            | No declarados o desconocimiento de su idoneidad. Posiblemente sustituido por un método mejor |
| Garantía de calidad           | Con descripción o referencia. Uso de normas apropiadas y materiales de referencia normalizados | Sin registro de la garantía de calidad, sólo replicación de análisis | No declarada   |
| Forma de expresión            | Unidades y métodos de cálculo claramente indicados   | Descripción cada vez menos clara                                     | No se dan las unidades ni los factores   |

*Nota:*

<sup>1</sup> Cuando los valores son los únicos disponibles, puede ser útil archivar los datos.

cial en la formulación de las estrategias de búsqueda cuando se utilizan sistemas informatizados que dependen en gran medida de palabras clave, y puede ser útil realizar alguna búsqueda manual adicional. No hay que basarse en los resúmenes de los autores como fuentes de valores; es necesario examinar los documentos completos. La búsqueda bibliográfica suele comenzar con revistas de resúmenes, y cada referencia bibliográfica normalmente conduce a varias otras. Deben buscarse documentos recientes mediante la consulta sistemática de bibliografía y bases de datos de resúmenes. Las revistas no incluidas en un servicio de resúmenes deben consultarse directamente. También es recomendable establecer contacto con fuentes de datos inéditos: laboratorios universitarios, públicos y privados; centros de investigación; juntas de productos básicos y elaboradores de alimentos.

La página web de la INFOODS (2003) es una fuente de asesoramiento especialmente valiosa cuando se busca información sobre alimentos poco comunes, y por supuesto sobre todos los demás. Esta página da acceso a la lista de correo de la INFOODS, que permite consultar regularmente preguntas y respuestas y avisos de reuniones.

Puede ser necesario actuar con discreción para obtener y utilizar datos de los fabricantes, puesto que pueden insistir en que la información tenga carácter confidencial. No obstante, los datos pueden ser valiosos para confirmar la información procedente de otras fuentes.

Cuando los datos aparezcan en las fuentes como valores medios de varias determinaciones en muestras de alimentos replicadas, siempre que sea posible se solicitarán a los autores los valores replicados individuales.

### **Etapas de archivo**

Toda la información pertinente obtenida debe registrarse de manera sistemática utilizando uno de los muchos sistemas informatizados de gestión de bases de datos disponibles. El requisito primordial es que el sistema sea muy flexible con respecto al número de campos y la facilidad para intercambiar datos con otros sistemas informatizados. Se han propuesto formatos internacionales para el intercambio de datos de composición de alimentos (Klensin, 1992; Schlotke *et al.*, 2000), que siguen perfeccionándose como actividad internacional en el marco de la INFOODS.

Deben evaluarse los datos de cada fuente para determinar la calidad general y la coherencia e incorporarse al sistema para que resulten de fácil acceso. Los programas informáticos deben permitir la incorporación de todos los datos y metadatos a tablas relacionales específicas, con inclusión de detalles sobre las fuentes y notas sobre los métodos de análisis, los procedimientos de muestreo, etc.

Para la calidad de la base de datos es fundamental que la compilación en esta etapa sea amplia. Representa el archivo o almacén de todos los valores notificados para la composición de los alimentos. Es importante retener datos diacrónicos en la recopilación, porque proporcionan información que ayuda a evaluar si la composición de un alimento cambia a lo largo del tiempo o si tiene una composición estable. Mediante la comparación de los datos a lo largo del tiempo también se puede evaluar la importancia de los cambios metodológicos. Hay muchos usuarios que trabajan en el análisis de registros pasados de ingestas de alimentos y necesitan tener acceso a los datos de composición de mayor interés. A este respecto, se consi-

dera que una base de datos de archivo es el almacén informatizado de todos los datos disponibles, tanto recientes como pasados.

Toda la información sobre la identidad de los alimentos, el muestreo, el análisis, los procedimientos de garantía de calidad y las formas de expresión tiene que ser evidente para cada registro, porque se utilizará en la etapa siguiente. Los valores registrados en la fuente de datos han de convertirse a la forma en que se van a presentar en las bases de datos de referencia y del usuario.

La reunión de todos los valores de los alimentos pondrá de manifiesto discrepancias que obligarán a los compiladores a volver a la fuente original de los datos para reexaminarlos. Con mucha frecuencia se encuentran errores de transcripción, e incluso después de eliminarlos sigue habiendo a menudo discrepancias, las cuales pueden deberse a la falta de uniformidad en la identificación de los alimentos como, por ejemplo, diferencias en las variedades de plantas. La comparación de los valores de otros alimentos analizados dentro de la fuente de datos con los valores notificados en otra fuente puede dar alguna idea del grado de confianza que puede otorgarse a la credibilidad de la fuente.

Sin embargo, incluso después de un examen riguroso, persisten diferencias en los datos de composición, que pueden representar elementos extraños de los análisis o reflejar las variaciones naturales de la composición. En estos casos, lo ideal es establecer un protocolo de muestreo y análisis para confirmar los valores, siempre que los recursos lo permitan. En caso contrario, lo único que se puede hacer es mantener el valor dudoso y asignarle un código de confianza más bajo (Exler, 1982).

### **Etapas de referencia**

La etapa de archivo sirve de punto de partida para la preparación de la base de datos de referencia. En esta etapa todos los datos aceptables de cada alimento procedentes de los diferentes registros de archivo se combinan y presentan de una manera compatible que se enlaza con los registros de archivo y sus metadatos.

Para esto, los compiladores tienen que examinar todos los datos disponibles de cada alimento. La mayoría de las fuentes de datos no abarcan todos los componentes necesarios para la base de datos considerada en conjunto sino una serie limitada de ellos. Los compiladores deben examinar si las distintas muestras de alimentos son compatibles. Para ello hay que comparar el contenido de agua y de grasas y examinar si está justificado el ajuste de los valores a una base constante. Se deben documentar todas las etapas de la evaluación de los datos, de manera que más tarde pueda seguirse la lógica de las decisiones adoptadas o los cálculos utilizados en la elaboración de la base de datos de referencia.

Este examen puede obligar a volver a las fuentes de datos para comprobar diversos puntos o confirmar que los valores se han registrado de manera correcta.

Es asimismo necesario examinar cuáles son las técnicas estadísticas apropiadas para evaluar los datos del alimento.

En esta operación se identifican todos los datos aceptables procedentes de los registros de archivo y se registra la lógica de las combinaciones estadísticas, junto con el promedio (si

se considera apropiado), la mediana o un valor seleccionado basado en una evaluación de la fiabilidad de las fuentes (Paul y Southgate, 1978). Este último sistema se puede considerar subjetivo pero, si se tiene una serie de valores cuyo número es insuficiente para una combinación estadística oficial, los compiladores tienen que hacer estas valoraciones para preparar una base de datos útil. A este nivel se necesita un grado prudencial de desglose. Por ejemplo, no es apropiado un solo registro para «manzanas» cuando se dispone de datos de los distintos cultivares de manzanas. Se requiere una revisión final de la coherencia interna.

## Preparación de las bases de datos de los usuarios

Los dietistas pueden tener necesidad de una base de datos de los usuarios con ciertos tipos de alimentos y determinadas formas de presentación de los datos; los profesionales de la agricultura y la industria alimentaria tal vez necesiten otro tipo de base de datos de los usuarios. Se pueden preparar varias bases de datos de los usuarios y tablas diferentes a partir de una sola base de datos de referencia bien estructurada. La preparación de las bases de datos de los usuarios requiere el examen de los registros de alimentos en la base de datos de referencia y sus combinaciones (en caso necesario), así como verificaciones finales para determinar la coherencia interna. En muchos casos, la base de datos para todos los alimentos se proporciona en la «base de datos de referencia» para el país o la región. En este libro consideramos que las «bases de datos de los usuarios» son las que contienen una serie de datos para cada alimento y en las que los nutrientes y otros componentes tienen asignado un valor para cada artículo alimenticio. Puede ser necesario proporcionar dos o más entradas para un solo alimento, por ejemplo, cuando las diferencias estacionales en la composición sean suficientes como para justificar dos registros separados del producto alimenticio. La preparación de las bases de datos de los usuarios no debe entrañar una entrada real de datos. Todos los datos que se vayan a utilizar en la elaboración de las bases de datos de los usuarios se habrán debido incorporar durante las etapas de archivo y/o referencia.

### **Examen de los valores**

En primer lugar, los valores de cada uno de los nutrientes en cada alimento están sujetos a un nuevo examen que, como mínimo, debe ser equiparable al utilizado en las etapas anteriores de la compilación de la base de datos. Los valores notificados para cada uno de los nutrientes en cada alimento se examinan específicamente para comprobar la coherencia. Cuando se dispone de suficientes datos, es preferible el uso de técnicas estadísticas objetivas. Los valores discordantes pueden ser «valores atípicos» estadísticos surgidos en las fases de muestreo o análisis. Las pruebas para los valores atípicos (Youden y Steiner, 1975) están concebidas para eliminar dos categorías: los que quedan fuera de la variabilidad medida y los que las propias mediciones muestran con una variación excesiva. Una vez identificados los valores atípicos, se pueden volver a calcular las estadísticas de la media o la mediana y la varianza sin su inclusión.



Sin embargo, los valores atípicos como tales no se deben suprimir de la base de datos. Simplemente se pueden marcar para su exclusión de la media calculada en una base de datos de los usuarios o de referencia. Al volver a las fuentes de datos para investigar los valores, el compilador puede descubrir que los valores atípicos son metodológicamente distintos, y tal vez preferibles, quizás porque son el producto de un procedimiento más específico o porque la muestra analítica se manipuló mejor (por ejemplo, se utilizó un conservante).

### **Combinación de valores de distintas fuentes**

Dado que las fuentes de datos individuales rara vez incluyen la gama completa de nutrientes de un alimento determinado, con frecuencia es necesario combinar los valores procedentes de diversas fuentes. Al combinar estos valores es esencial tener la seguridad de que las distintas fuentes son compatibles y de que hay coherencia interna.

### **Uso de valores medios**

Cuando existen varios valores para el mismo alimento y nutriente, el compilador debe examinar los procedimientos utilizados en los registros de referencia y reconsiderar la mejor manera de obtener un valor único para utilizarlo en la base de datos. Si se dispone de un número elevado de valores, es preferible utilizar el sistema del valor de la media aritmética o, posiblemente, la mediana.

Cuando sólo se dispone de un pequeño número de valores, que muestran una amplia variación o gama, la situación es mucho más compleja. La variabilidad puede deberse a la presencia de valores atípicos, o bien a la escasa calidad o a la falta de representatividad de las muestras de alimentos. En muchos casos el compilador debe decidir qué valores tienen un nivel de confianza más alto (es decir, muestras de alimentos mejor documentadas, elección del método más apropiado o pruebas claras de un programa de garantía de calidad). En las tablas de composición de alimentos del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Paul y Southgate, 1978) se les dio el nombre de «valores seleccionados». En tales casos, el compilador debe registrar las pruebas utilizadas para seleccionar los valores, de manera que las decisiones se puedan volver a evaluar de manera independiente.

En algunos casos, el compilador debe emplear un procedimiento ponderado. Por ejemplo, si se requiere un valor para un alimento con variación estacional en el consumo o la composición, se puede calcular un valor que refleje la composición durante todo el año ponderando los valores en relación con los hábitos de consumo. La documentación de esta ponderación es también esencial.

### **Cálculos a partir de valores analíticos**

La base de datos incluye algunos valores derivados, calculados a partir de los datos analíticos, que se han examinado en el Capítulo 7. Sin embargo, hay que hacer mayor hincapié en algunos puntos que se describen a continuación.

**Valor energético.** En todas las bases de datos de nutrientes los valores son estimaciones de la «energía metabolizable», que se calcula aplicando factores de conversión de la energía a

los componentes productores de energía de los alimentos: proteínas, grasas, carbohidratos, alcohol y, en ocasiones, ácidos orgánicos u otros componentes. Los factores más utilizados son los de Atwater (Merrill y Watt, 1955; Southgate y Durnin, 1970; Allison y Senti, 1983), en sus versiones general o específica. Inicialmente se expresaban como kcal, pero ahora se suelen dar como kJ. Atwater redondeó los factores en kcal (Merrill y Watt, 1955), por lo que es preferible la utilización directa de los factores en kJ, para que este redondeo no se realice dos veces. En muchas bases de datos, la energía es un valor más dinámico que fijo. Esto permite al compilador preparar valores diferentes de la energía para las distintas bases de datos de los usuarios. Por ejemplo, un dietista puede preferir valores energéticos calculados a partir de factores específicos de Atwater, mientras que para fines de etiquetado de los alimentos el personal de la industria alimentaria puede preferir el cálculo de la energía a partir de factores generales de Atwater. Además, las recomendaciones para el cálculo de la energía pueden cambiar a lo largo del tiempo, requiriendo un nuevo cálculo de todos los valores energéticos de una base de datos. En las recomendaciones de la Consulta FAO/OMS de Expertos sobre Carbohidratos en la Nutrición Humana (1998) se indicó que se debían utilizar factores energéticos para la fibra dietética. El tratamiento de tales situaciones es una tarea sencilla de gestión de datos cuando existen los valores energéticos, con la programación de simples algoritmos en el sistema para poder calcular la energía cuando sea necesario. Los factores de conversión de la energía se deben tratar de la misma manera que otros datos numéricos y se deben incluir en la base de datos de referencia con sus identificadores de la INFOODS.

**Proteínas.** Los valores de las proteínas suelen calcularse mediante la aplicación de factores de conversión a los valores del nitrógeno orgánico total. Sin embargo, se obtienen valores más exactos si se aplican factores de conversión a los valores de los aminoácidos-nitrógeno (véase el Capítulo 9) o mediante la suma de los aminoácidos. Todos los datos y los factores utilizados en los cálculos han de incluirse en la base de datos de referencia.

**Equivalentes de vitaminas.** Las recomendaciones para derivar valores en equivalentes de vitaminas se describen en los convenios sobre nomenclatura (IUNS, 1978).

**Actividad de la vitamina A.** Para la actividad de la vitamina A suelen utilizarse valores derivados, dado que los valores de la vitamina A preformada (retinol y sus derivados) y de los carotenoides provitamínicos pueden combinarse mediante un algoritmo en las bases de datos de los usuarios. Se ha convenido en expresar la actividad de la vitamina A en  $\mu\text{g}$  de equivalentes de retinol iguales a la suma de los  $\mu\text{g}$  de retinol y los  $\mu\text{g}$  de beta-caroteno dividida por el factor 6, más el total de  $\mu\text{g}$  de otros carotenos dividido por el factor 12. Otros sistemas de conversión dan cabida a las aportaciones de otros carotenoides. En los datos para el retinol hay que registrar en la base de datos de referencia todos los distintos carotenoides provitamina A y todos los factores de conversión de la actividad con sus identificadores de la INFOODS. Hay que señalar que las investigaciones recientes (van het Hof *et al.*, 2000) no

respaldan los factores de conversión tradicionales y que en algunos países se han adoptado ya nuevos factores con los mismos fines (Murphy, 2002).

El nuevo cálculo de la actividad de la vitamina A con factores actualizados es sencillo cuando se dispone de los valores originales, como con la energía, y para los distintos carotenoides se debe dar preferencia a los valores en  $\mu\text{g}$ . Las conversiones de unidades internacionales para las vitaminas A y D figuran en el Capítulo 7. En la documentación de la base de datos se debe incluir el convenio adoptado para el cálculo de la actividad de la vitamina A.

**Actividad de la niacina.** También se utilizan ampliamente los valores equivalentes para la actividad de la niacina cuando se incluye la contribución del triptófano. Lo convenido es que la actividad de la niacina (mg) se exprese como la suma de los mg de niacina (o ácido nicotínico) más los mg de triptófano dividida por 60.

**Ácidos grasos.** El cálculo de los ácidos grasos por 100 g de alimento a partir de los datos de los ácidos grasos por 100 g de ácidos grasos totales se muestra en el Apéndice 5.

### **Cálculo de la composición de los platos preparados mixtos**

En ausencia de valores analíticos de muestras representativas de platos preparados mixtos, los valores estimados de la composición de estos platos pueden basarse en las recetas y en la composición de cada ingrediente. Debe conocerse el rendimiento o el cambio de peso durante la cocción (es decir, el peso del plato crudo y cocinado). Varios autores han publicado directrices sobre los procedimientos de cálculo (Rand *et al.*, 1991; Bognár y Piekarski, 2000). En la versión más sencilla del procedimiento de cálculo no se tiene en cuenta el aumento de grasa (por ejemplo, del aceite de freír) o la pérdida durante la cocción, porque en el cálculo se supone que los cambios de peso reflejan sólo una pérdida o ganancia de agua. Las estimaciones de la pérdida de vitaminas se pueden realizar utilizando factores de retención de nutrientes (Bergström, 1994; USDA, 2003c), pero a estos valores se les deben asignar niveles de confianza más bajos que a los valores analíticos. Una versión del cálculo tiene las etapas siguientes:

1. A partir del peso de los ingredientes crudos, se calculan las cantidades de agua y de nutrientes presentes en el alimento crudo completo antes de la cocción.
2. Se suman los nutrientes.
3. Se dividen las sumas de los nutrientes por el peso una vez cocinado, para obtener la composición del alimento cocinado por 100 g. Se calcula el contenido de agua del alimento cocinado (agua total en los ingredientes crudos-pérdida de peso en la cocción).

En el Apéndice 6 figura un ejemplo práctico de este cálculo. El Cuadro 3.3 de las páginas 44 y 45 contiene información adicional, que puede ayudar en la formulación de variaciones para este cálculo.

### **Verificaciones internas de determinados valores**

Las verificaciones internas de los perfiles de nutrientes elaborados para cada alimento son

especialmente importantes cuando se utilizan para un solo alimento valores procedentes de varias fuentes.

Para la composición proximal, la suma de los componentes debe ser en teoría igual a 100 g; en la práctica es admisible una variación de 97 g a 103 g. Si la suma de los valores queda fuera de este intervalo, hay que volver a examinar en primer lugar el cálculo de los valores de las proteínas («¿era apropiado el factor utilizado?») y la forma de expresión del almidón («¿como g de almidón o como monosacárido?»). Si la suma de los valores sigue quedando fuera del intervalo de 97 g a 103 g, las dudas han de concentrarse en determinados valores analizados, que deben volverse a examinar en los niveles de archivo y de la fuente de datos.

Los ácidos grasos no deben superar el 95 por ciento cuando se expresan como porcentaje de las grasas totales, debido al glicerol presente en los triacilgliceroles (triglicéridos); cuando se expresan como g por 100 g de alimento, no deben superar el valor de las grasas totales multiplicado por el factor apropiado (véase el Cuadro 9.2).

Los aminoácidos totales no deben superar los 6,25 g por g de nitrógeno, hasta un nivel superior a cualquier corrección para el agua incorporada durante la hidrólisis (véase el Capítulo 7). El total será considerablemente inferior a éste en los alimentos con niveles elevados de nitrógeno no proteico o con cantidades altas de amidas. Las verificaciones de la recuperación de aminoácidos pueden requerir un nuevo examen de la fuente de datos, porque en numerosos documentos publicados no se informa de la recuperación analítica, en particular del nitrógeno procedente de la columna de intercambio iónico.

## Resumen del proceso de compilación

En el Cuadro 10.4 se presenta un panorama general del proceso de compilación. Cada etapa de la preparación exige un examen detallado de las etapas precedentes y, con frecuencia, hay que volver a la fuente de datos. Las evaluaciones de la calidad quedan más claramente definidas y establecidas a medida que avanza la compilación iterativa.

## Obtención de una estimación integrada de la calidad de los datos

Muchos usuarios de datos solicitan indicaciones sobre la calidad de la información incluida en las distintas bases de datos, de manera que al combinar dichos datos se tenga la confianza de que su calidad es comparable en todas ellas. Esto es particularmente importante cuando hay un intercambio de datos por medios electrónicos entre bases de datos.

La realización de una evaluación integrada de la calidad de los datos conlleva una serie de juicios acerca de una fuente de datos y de la información sobre el alimento en cuestión.

Aunque en principio hay que considerar tanto los criterios de muestreo como los de análisis, en la práctica con frecuencia es mejor comenzar con los aspectos analíticos.

Cuadro 10.4 Resumen del proceso de compilación

| <i>Etapa</i>                  | <i>Resumen de las operaciones</i>   | <i>Tipo de examen aplicado</i>   | <i>Formato</i>  |
|-------------------------------|---|--|---|
| Fuente de datos               | Recopilación de fuentes que contienen datos de composición                                      | Análogo al examen de un documento científico; verificación de la coherencia de los datos; evaluación preliminar de la calidad de los datos                                 | En forma publicada: registro impreso o electrónico  |
| Registro de archivo           | Compilación de la información procedente de las fuentes de datos                                | Examen de las fuentes de datos conforme a criterios oficiales; perfeccionamiento de las evaluaciones de la calidad de los datos  | Presentación como base de datos, más los registros de los protocolos de muestreo; métodos analíticos; adopción de las formas de expresión habituales  |
| Base de datos de referencia   | Compilación de los datos procedentes de registros de archivo para cada alimento                 | Comparación de valores procedentes de distintas fuentes; nuevo examen de las fuentes de archivo y de datos para evaluar las incoherencias; cálculo de medidas estadísticas | Formato de base de datos, con una serie de todos los valores aceptables para cada artículo alimenticio; registros de los análisis estadísticos; evaluaciones oficiales de la calidad de los datos |
| Base de datos de los usuarios | Selección y compilación de series de valores para cada artículo alimenticio de la base de datos | Combinación de valores a fin de obtener un valor para cada nutriente por artículo alimenticio; media o mediana, más las mediciones adecuadas de la variabilidad            | En el formato requerido por los usuarios de las bases de datos  |

La utilización de un método bien documentado justifica la asignación de una puntuación alta a la calidad, mientras que con el uso de un método sin descripción o referencia los datos tienen una puntuación baja. Además, la prueba de que el método se verificó mediante un programa de garantía de calidad, con el uso de normas apropiadas o MRN, cuando se dispone de ellos, respalda ulteriormente la obtención de una puntuación alta, mientras que la ausencia de tales pruebas lleva a conseguir una puntuación más baja.

Una puntuación baja no significa en sí que los valores a los que se asigna sean incorrectos, sino simplemente que los autores (o la revista) no han presentado pruebas para que sus datos inspiren confianza.

Un protocolo de muestreo bien estructurado que se haya planificado para alcanzar ciertos límites de confianza (por ejemplo, el 95 por ciento, lo que supone que los valores del 95 por ciento de las muestras estarían dentro del 5 por ciento del valor dado) repre-

senta una calidad de muestreo muy elevada. Sin embargo, en la práctica tales protocolos son extraordinariamente raros y con frecuencia sólo se aplican a una serie limitada de nutrientes. Los protocolos de muestreo con límites de confianza del 90 por ciento son probablemente el nivel más alto que razonablemente cabe esperar, y por una cuestión de recursos, sólo se puede disponer de ellos para productos alimenticios que son componentes importantes de la alimentación.

La mayor parte de los protocolos de muestreo tienen límites de confianza más bajos y un número de entre 10 y 20 muestras da una medida razonable de la confianza, con la excepción de los nutrientes muy variables o inestables, como la vitamina C, los folatos y muchos oligoelementos inorgánicos.

El análisis de muestras aisladas, sin pruebas de un protocolo de muestreo salvo la comodidad, tiene un nivel de confianza muy bajo. Muchos usuarios consideran que para un alimento o nutriente que es un componente secundario de la alimentación es mejor «cualquier valor» que ninguno. Así pues, se puede alegar, por ejemplo, que los valores obtenidos de un pequeño número de muestras de caviar o champán se pueden utilizar en una base de datos. Asimismo, un pequeño número de análisis de un producto de marca registrada que esté sujeto a un control de calidad riguroso tiene un límite de confianza aceptable.

## Evaluaciones de la calidad y códigos de calidad

Los códigos de calidad o confianza son un sistema institucionalizado para la aceptación de los datos (véase el Cuadro 10.3); los propuso inicialmente Exler (1982) y se indican en los Cuadros 10.5 y 10.6. En este sistema se asigna un valor numérico a los datos para cada criterio y los valores se combinan y se convierten en un código de confianza. Como todos los sistemas, es arbitrario y se puede utilizar sólo como guía. El sistema preferido tiene una base estadística; se recoge un número apropiado de muestras de alimentos y se realizan análisis utilizando métodos bien documentados (con características de resultados definidas) que se hayan sometido a un ensayo en colaboración. Holden, Bhagwat y Patterson (2002) han descrito la evolución del sistema de Exler. En él se reconoce la calidad como una integración del muestreo y el análisis, con varias cuestiones objetivas para cada una de las cinco categorías originales: plan de muestreo, número de muestras, manipulación de las muestras, método de análisis y control de la calidad analítica (véase el Recuadro 10.1). Hay que subrayar que la documentación relativa al cálculo de los códigos de calidad debe estar disponible en la base de datos de archivo y/o de referencia.

Cada una de las categorías de la evaluación tiene por objeto plantear preguntas claras y objetivas cuyas respuestas sean Sí/No/No se conoce. Cada una de las cinco tiene una puntuación que puede llegar hasta 20 en una escala continua, con una puntuación máxima de 100. Los aspectos metodológicos se preparan utilizando el asesoramiento de grupos de expertos sobre la mejor práctica del momento. Los valores acumulados de las categorías de evaluación se utilizan para obtener los códigos de confianza.

**Cuadro 10.5** Códigos de confianza y sus criterios utilizados por Exler (1982) y adaptados

| <i>Evaluación</i> | <i>Documentación del método analítico</i>         | <i>Manipulación de la muestra analítica e idoneidad del método analítico</i> | <i>Control de calidad</i>   |
|-------------------|---|--|---|
| 0                 | Ninguna   | Manipulación totalmente incorrecta   | Sin duplicado   |
| 1                 | Inédita, pero con descripción                     | Sin documentación  | Porciones duplicadas  |
| 2                 | Publicada, pero modificada, modificación descrita | Técnica razonable, documentada, muy utilizada                                | Porciones duplicadas  |
| 3                 | Documentación completa y publicada                | Técnica apropiada, ampliamente documentada y verificada                      | Materiales de referencia normalizados, enriquecimientos, recuperaciones o réplicas a ciegas |

*Nota:* El valor más bajo para cada criterio se convierte en el índice de calidad limitante para los datos procedentes de cada serie de datos. Los códigos de confianza se asignan basándose en la suma de los índices de calidad tal y como se indica en el Cuadro 10.6.

**Cuadro 10.6** Códigos de confianza y sus criterios utilizados por Exler (1982) y adaptados

| <i>Suma de los índices de calidad</i> | <i>Código de confianza</i> | <i>Significado del código de confianza</i>   |
|---------------------------------------|----------------------------|--|
| >6                                    | a                          | El usuario puede tener confianza en el valor medio   |
| 3-5                                   | b                          | El usuario puede tener cierta confianza en el valor medio; sin embargo, se han planteado algunas cuestiones acerca de valor o la manera en que se obtuvo |
| 1-2                                   | c                          | Se han planteado cuestiones serias acerca de este valor. Se debe considerar sólo como la mejor estimación de este nutriente en este alimento             |

La elaboración de planes de evaluación es una actividad constante y, como es evidente, depende en gran medida de la documentación adecuada de los estudios de composición. Es importante recordar que los códigos de confianza no son números reales, sino guías para los usuarios de los datos. La confianza que puede asignarse a los valores analíticos queda determinada en el análisis final por la exactitud con la que el valor obtenido predice el del alimento; para ello, es esencial la caracterización estadística de la composición de los alimentos. Hay que recordar siempre que estos códigos son categorías y no deben manipularse aritméticamente como si fueran números reales.

**Recuadro 10.1** Categorías y criterios de evaluación**1. Plan de muestreo****Criterios de evaluación:**

- Selección aleatoria de los lugares de muestreo
- Número de regiones representadas
- Número de ciudades/regiones
- Número de muestras tomadas
- Número de estaciones incluidas

**2. Número de muestras**

(Nota: Se trata del número de muestras individuales del alimento analizadas independientemente, no del número de unidades de muestra recogidas)

**Criterios de evaluación:**

- Número de análisis independientes
- Los análisis múltiples de una sola muestra compuesta o de la misma muestra se consideran como uno solo

**3. Manipulación de las muestras****Criterios de evaluación:**

- Homogenización
  - Equipo utilizado
  - Validación de la homogeneidad
- Análisis de la porción comestible
- Condiciones de almacenamiento
- Datos sobre el contenido de humedad

**4. Método analítico****Criterios de evaluación:**

- Validez del método
  - Evaluación del método frente a una serie de criterios normalizados
- Validez del método utilizado en el laboratorio
  - Demostración de la capacidad del laboratorio para hacer un uso satisfactorio del método, normalmente mediante el análisis de materiales de referencia certificados

**5. Control de calidad analítica****Criterios de evaluación:**

- Resultados del control de calidad del material en el lote analítico
- Coeficiente de variación para el material de control de calidad
- Frecuencia de utilización del material de control de calidad
  - Con cada lote, diaria, semanal, ocasional
- Resultados de la recuperación para el lote

*Fuente:* Versión adaptada de Holden, Bhagwat y Patterson, 2002.

## Cambios de valores

Una vez que se ha difundido una base de datos de los usuarios y se están utilizando los datos, es importante mantener un registro de los valores incluso después de que hayan cambiado. Burlingame (1992) describe la importancia del carácter distintivo de los «cambios» de la base de datos de composición de alimentos de Nueva Zelanda. Hay como mínimo tres motivos para cambiar los valores de una base de datos: i) se pueden actualizar con la adquisición de más valores para el cálculo de una media; ii) se pueden corregir si se identifica un valor incorrecto, o iii) la necesidad de la modificación puede deberse a cambios reales en la composición del alimento (por ejemplo, debido a una nueva legislación en materia de enriquecimiento). En todos los casos es útil documentar el motivo del cambio y mantener los antiguos valores en una «base de datos de cambios», para un seguimiento de comprobación de la base de datos. Un ejemplo de su utilidad es cuando se realizan encuestas nacionales de composición de los alimentos a lo largo del tiempo; si la ingesta de nutrientes de la población varía



de una encuesta a la siguiente, la «base de datos de los cambios» permitirá establecer una diferencia entre los cambios reales en la ingesta y los simplemente relacionados con las correcciones y actualizaciones hechas en la base de datos.

## Alimentos en desuso

Como en el caso del carácter distintivo de los «cambios», es importante mantener un seguimiento de comprobación de los registros de los alimentos, incluso cuando un producto alimenticio ya no figura en el suministro de productos alimenticios. El código del alimento se suele utilizar como «clave» en un sistema de gestión de bases de datos relacionales. A menudo estos códigos se utilizan también en proyectos de evaluación dietética, en aplicaciones de paquetes informáticos y en otras actividades importantes en curso en las que se utilizan datos de composición. Por consiguiente, es prudente mantener de manera permanente los códigos originales de los alimentos y no reutilizarlos para otros, aun cuando los alimentos a los cuales se asignaron inicialmente hayan caído en desuso.

## Capítulo 11

# Directrices para la utilización de los datos de composición de alimentos

*Hay dos escuelas de pensamiento sobre las tablas de alimentos. Una tiende a considerar que las cifras que figuran en ellas tienen la exactitud de las determinaciones del peso atómico; la otra las rechaza como carentes de valor, basándose en que un producto alimenticio puede sufrir tales modificaciones por influencia del suelo, la estación o su ritmo de crecimiento que no hay ninguna cifra que pueda ser una guía fidedigna de su composición. Naturalmente, la verdad está en algún lugar intermedio entre estos dos puntos de vista.*

*(Widdowson y McCance, 1943)*

Una base de datos o tabla de composición de alimentos es un instrumento científico y se debe tratar como tal. Incluso la mejor tiene escaso valor si se utiliza de manera incorrecta. Los compiladores están obligados a garantizar que la base de datos satisfaga las necesidades de los usuarios y además deben definir para el usuario las limitaciones que tiene, de manera que los datos no se utilicen de forma inapropiada. Sin embargo, la utilización correcta es responsabilidad de quienes capacitan a los usuarios y de los propios usuarios.

Para una utilización eficaz se requiere una capacitación y pericia cuyo nivel depende de la complejidad de la base de datos o tabla correspondiente (véase en el Capítulo 1 un análisis de los niveles de gestión de los datos). Incluso las tablas de alimentos simplificadas destinadas a profanos requieren algún conocimiento básico de pesos y medidas y de términos como «kilojulios» y «energía». Las bases de datos más complejas exigen un conocimiento de las formas de expresión, los descriptores de alimentos y conceptos como «porción comestible». Un nutricionista o dietista profesional se puede familiarizar con los principios del muestreo, la metodología analítica y la gestión de datos y percatarse de las equivocaciones comunes que pueden cometerse durante el uso de la base de datos. El usuario profesional también necesita capacitación en la evaluación de la base de datos para aplicaciones especializadas (por ejemplo, un proyecto de investigación). Un programa de capacitación que abarcara todos estos aspectos constituiría probablemente una unidad en cualquier curso de formación superior o curso profesional de especialización en nutrición. La Universidad Agrícola de Wageningen y la FAO/UNU/INFOODS han impartido cursillos especializados de capacitación sobre la obtención, gestión y utilización de datos de composición de alimentos en centros de todo el mundo desde 1992; se puede encontrar información acerca de los próximos cursos

en la página web de la INFOODS (INFOODS, 2003). En conjunto, los encargados de capacitar a los usuarios de bases de datos de composición de alimentos siguen teniendo una responsabilidad considerable (Greenfield, 1991b).

En último término, es en los usuarios, especialmente en los usuarios profesionales, en quienes recae la responsabilidad de utilizar la base de datos correctamente, en particular en aquellos que están a cargo de la actualización o complementación de una base de datos ya existente para su propia organización. Así pues, deben familiarizarse con todos los aspectos de la base de datos o tabla, a saber, cobertura, métodos de análisis, métodos de compilación, fuentes de los valores, diversos tipos de valores, códigos, nomenclatura de los alimentos y formas de expresión. Deben asimismo conocer la manera de utilizar factores al calcular valores derivados (por ejemplo, equivalentes de proteínas, valor energético y vitaminas) y los distintos niveles de fiabilidad asignados a los valores para diferentes nutrientes. Han de efectuarse verificaciones aritméticas para comprobar la exactitud de los valores calculados (por ejemplo, los niveles de ácidos grasos en un alimento, calculados a partir del contenido de grasas del producto alimenticio y la composición de ácidos grasos [véase el Apéndice 5]). Cualquier programa informático preparado para utilizarlo con la base de datos se debe someter a una verificación cuidadosa. Por último, el usuario debe asegurarse de que cualquier informe de investigación en el que se haya recurrido a una base de datos o una serie de tablas documente plenamente la base de datos o las tablas usadas, así como cualquier valor complementario de los alimentos que se haya utilizado (Perloff, 1983). Varias revistas (*Journal of Food Composition and Analysis*, 2003a; *Journal of the American Dietetic Association*, 2003; y *Nutrition and Dietetics*, 2003) exigen ahora la identificación de las bases de datos de nutrientes y el programa informático en todos los artículos publicados, de acuerdo con la siguiente presentación normalizada propuesta por el Grupo de Trabajo sobre Citas, coincidiendo con la Conferencia del Banco de Datos de Nutrientes de los Estados Unidos:

*Citar en el texto entre paréntesis a los creadores del programa informático cuando se menciona por primera vez. En las citas de los programas informáticos deben figurar el nombre, el número de versión y la fecha de publicación del programa, así como el nombre y lugar de residencia (ciudad y estado) de su creador. Si el programa informático incorpora una base de datos de nutrientes, ha de facilitarse en el texto información acerca de dicha base. Ha de figurar la fecha en que se hizo pública la base de datos, una descripción de las modificaciones sustanciales introducidas en ella y una explicación de la manera en que se ha actuado cuando faltaban datos de nutrientes de los alimentos (es decir, indicar si se extrapolaron los valores y evaluar los efectos de los valores ausentes en los totales de la dieta para los nutrientes de interés).*

Sería conveniente que adoptaran esta práctica todas las revistas que publican estudios de alimentación humana. Si no se facilita dicha información, nunca se podrá replicar de manera independiente un estudio tal como se ha publicado.

La calidad de las bases de datos futuras solamente mejorará si todos los usuarios están bien capacitados y se mantienen alerta.

## Limitaciones de la utilización de las bases de datos de composición de alimentos

En varios estudios se han comparado los valores obtenidos del análisis químico de dietas mixtas con valores calculados utilizando tablas o bases de datos de composición de alimentos, con resultados muy desiguales (Stock y Wheeler, 1972; Acheson *et al.*, 1980; Stockley *et al.*, 1985; Wolf, 1981; McCullough *et al.*, 1999). Arab (1985) demostró lo difícil que resultaba establecer comparaciones internacionales, debido a las variaciones tanto en la nomenclatura como en la composición de los alimentos. Las limitaciones en el uso de las bases de datos de composición de alimentos se pueden resumir como sigue:

- a) variabilidad en la composición de los alimentos;
- b) cobertura parcial o limitada de productos alimenticios;
- c) cobertura parcial o limitada de nutrientes;
- d) bases de datos o valores de composición de alimentos inapropiados;
- e) errores surgidos durante la utilización de la base de datos;
- f) incompatibilidad entre bases de datos;
- g) diferencias en los programas informáticos;
- h) limitaciones de los métodos de medición de la ingesta de alimentos.

### Variabilidad en la composición de los alimentos

Por su condición de materiales biológicos, los alimentos muestran variaciones naturales en la cantidad de nutrientes que contienen. Esta variabilidad aumenta con los distintos métodos de explotación agrícola y ganadera, almacenamiento, transporte y comercialización. A pesar de estar sujetos a controles de calidad durante la producción, los alimentos elaborados también presentan variaciones, debido en parte a la diversa composición de ingredientes, pero también a los cambios en la formulación y la producción. Algunos alimentos compuestos, como las margarinas, se reformulan sistemáticamente con el procedimiento de menor costo que mantenga las cualidades tecnológicas del producto dentro de una gama de precios definida, pero se puede alterar el contenido de nutrientes.

Para muchos alimentos no están definidos los límites de la variación natural de los nutrientes. Asimismo, las variaciones introducidas a medida que el alimento pasa de la producción a la venta al por menor y al consumo no son conocidas para muchos nutrientes, debido a la escasa prioridad que se otorga a la investigación de la composición de los alimentos y a la consecuente falta de recursos. Sin embargo, existe suficiente información para respaldar algunas afirmaciones generales acerca de las principales fuentes de variación en la composición nutricional de los alimentos.

**Carnes.** Las principales fuentes de variación en los productos animales son la proporción de tejido magro con respecto al graso y la proporción de material comestible en relación con el no comestible (hueso, cartílagos). La distinción entre comestible y no comestible está sujeta a idiosincrasias culturales y personales. La razón magro:grasa afecta a los niveles de la

mayor parte de los demás nutrientes, que se distribuyen de manera diferente en las dos fracciones.

**Frutas y hortalizas.** En los alimentos de origen vegetal, la genética, las prácticas agrícolas y el almacenamiento son fuentes importantes de variación. El contenido de agua se ve particularmente afectado por las condiciones de almacenamiento y las variaciones en dicho contenido van acompañadas de cambios en todos los demás componentes, fundamentalmente como consecuencia de las variaciones en la densidad de nutrientes. Las condiciones de explotación, la geoquímica (composición del suelo) y la utilización de fertilizantes alteran el contenido de vitaminas y minerales, especialmente los oligoelementos; los niveles de iluminación influyen en la concentración de azúcares, ácidos orgánicos, carotenoides y vitamina C. El nivel de sustancias fitoquímicas varía aun más que los de nutrientes, debido a que depende en gran medida de factores como las plagas y los plaguicidas (Eldridge y Kwolek, 1983).

**Cereales.** Las harinas y granos varían menos que las frutas y hortalizas debido a que solamente se pueden almacenar si tienen un contenido muy bajo de agua. Sin embargo, su contenido de proteínas puede variar en un factor de dos, en función de la variedad y los fertilizantes aplicados. Naturalmente, el fertilizante y el tipo de suelo dan lugar a algunas variaciones en el contenido de minerales. Las prácticas de enriquecimiento de los cereales de algunos países influyen notablemente en el contenido de vitaminas B, hierro, calcio y folato.

**Leche.** La principal variación corresponde al contenido de grasas y vitaminas liposolubles. La mayoría de los países industrializados tienen normas rígidas sobre el contenido de grasas y la recogida de leche de grandes hatos reduce al mínimo las diferencias debidas a la etapa de lactación. Es considerable la variación en la composición de la leche de los hatos pequeños, la mayor parte de los cuales están en los países en desarrollo. Las concentraciones de carotenos en la leche pueden presentar variaciones notables, en función de la época del año y de que los hatos se alimenten a base de piensos concentrados o de pasto. En algunos países se enriquece la leche, por ejemplo, con vitaminas A y D.

**Alimentos elaborados.** Son habituales las variaciones en los ingredientes y la formulación, aunque la mayor parte de los fabricantes tienen especificaciones rigurosas en cuanto a los ingredientes y utilizan procedimientos de control de calidad que en ocasiones se refieren a los niveles de nutrientes. Sin embargo, lo que se exige en muchos casos es el mantenimiento de niveles específicos de nutrientes y la mayoría de las adiciones incluyen un «excedente» para cubrir las pérdidas durante la manipulación y el almacenamiento. A pesar del control de calidad, muchos alimentos elaborados muestran las mismas variaciones que se observan en los alimentos «naturales».

**Platos mixtos.** En la alimentación humana se utiliza una amplia variedad de platos mixtos, preparados por servicios de comidas (como restaurantes o comedores en los lugares de trabajo)

o en el hogar. Los platos mixtos muestran las mayores variaciones en cuanto a la composición, por lo que representan los datos menos fidedignos de una base de datos de alimentos. No obstante, si se va a utilizar una base de datos en estudios nutricionales de las personas como miembros de grupos, se necesitarán los datos relativos a estos alimentos. Las principales fuentes de variación son la formulación de las recetas y el método de cocción.

**Datos de composición calculados.** Los resultados de los cálculos incorporan a los datos analíticos de los ingredientes utilizadas variaciones como las enumeradas más arriba, así como variabilidad en los factores de rendimiento y de retención.

Las variaciones que se resumen más arriba constituyen un obstáculo importante para la utilización de las bases de datos de composición de alimentos. Es poco probable que una base de datos prediga dentro de unos límites estrechos la composición de una muestra particular de alimento, debido a que los límites varían en función del producto alimenticio y del nutriente. Además, los límites solamente se pueden definir si el valor de cada nutriente va acompañado de algún tipo de medida de la variación dentro de ese alimento. Beaton (1987) realizó cálculos de simulación con datos de composición de alimentos de los Estados Unidos (para los cuales se publicaron datos del error estándar) utilizando modelos de dieta. La variabilidad parecía producir un sesgo menor en la ingesta de nutrientes para la dieta formada por numerosos alimentos que para la formada por un pequeño número de ellos. Este estudio también puso de manifiesto la necesidad de analizar o replicar los análisis de los alimentos que suministran una cantidad importante de nutrientes en la dieta.

Lo ideal sería que todas las bases de datos de composición de alimentos contuvieran estimaciones de la variabilidad. Así pues, la base de datos de composición ideal se tendría que derivar de un número de valores analíticos suficiente para permitir la definición de los límites naturales de la variación y la distribución de la varianza. Se están preparando bases de datos que pueden cumplir estos requisitos estadísticos (ILSI, 2003). Sin embargo, incluso una base de datos ideal de esta índole sólo podría predecir el cambio previsto de composición para cada alimento en particular.

Es necesario, pues, que todos los usuarios conozcan las variaciones naturales de los alimentos en todos los sectores, ya que limitan la exactitud de las predicciones en los cálculos de la ingesta de nutrientes. Además, al utilizar una base de datos de composición con fines normativos o para definir patrones con los cuales se pueda comparar una muestra de alimento concreta, hay que tener presente esta variación natural.

Para algunos nutrientes, la base de datos es, en el mejor de los casos, una guía cuantitativa aproximada. Como ejemplo cabe mencionar la vitamina C y los folatos, así como el sodio (y el cloruro) debido a la amplia utilización de la sal como aditivo. En muchos casos solamente se puede hacer una predicción semicuantitativa de los oligoelementos.

### **Cobertura parcial o limitada de productos alimenticios**

En los países industrializados, el número de alimentos elaborados de marca disponibles es del

orden de 10 000; además, continuamente se introducen nuevos productos. El número total de alimentos consumidos, si se incluyen los platos mixtos, es probablemente del orden de 100 000. Por consiguiente, es poco probable que una base de datos pueda ser verdaderamente exhaustiva más allá de un breve período de tiempo. Es evidente que hay que evaluar las prioridades al seleccionar los alimentos para su inclusión. No obstante, los usuarios necesitan una cantidad creciente de datos sobre nombres de marcas en las bases de datos de composición de alimentos, debido a que muchos productos alimenticios manufacturados tienen características únicas de composición o bien carecen de un equivalente genérico (McDowell, 1993).

Si se aplican a la selección los criterios examinados en el Capítulo 3, la base de datos contendrá información de los alimentos genéricos o los principales tipos de productos. De esta manera las galletas se pueden identificar por el nombre de marca y el tipo (dulces, semi-dulces, etc.), y una galleta se puede asignar a un tipo si no está incluida la marca específica. En la mayor parte de los estudios nutricionales, el error debido a este sistema es aceptable. Para una aplicación de una base de datos informatizada, probablemente se pueda elaborar un programa informático que guíe al usuario hacia el artículo alternativo más apropiado. Un registro acumulativo de artículos para los cuales se buscaran alternativas serviría de ayuda para evaluar las prioridades con respecto a los artículos que han de incorporarse a la base de datos.

### **Cobertura parcial o limitada de nutrientes**

La asignación de prioridades a nutrientes específicos para su inclusión en una base de datos se ha examinado en el Capítulo 4. La cobertura completa de todos los nutrientes requiere un nivel elevado de dotación de instrumentos de laboratorio y muchos nutrientes siguen planteando problemas desde el punto de vista analítico. Por consiguiente, no es frecuente la cobertura completa de todos los nutrientes en muestras bien documentadas. Además, el interés por los nutrientes cambia con el tiempo. Así, por ejemplo, en 1967-68 la mayoría de los dietistas del Reino Unido no requerían valores de los «carbohidratos no disponibles» (fibra dietética), mientras que en 1974 todos trataban de conseguir esos datos con ahínco. En algunos casos el interés por los nutrientes sigue un camino paralelo a la metodología analítica; la llegada de los cromatógrafos de gases permitió conseguir una caracterización detallada de la composición de ácidos grasos, la cromatografía líquida automática hizo que aumentara el interés por los aminoácidos y la cromatografía líquida de alta presión por el análisis de los azúcares libres. Gracias a las mejoras del análisis inorgánico mediante el uso de la espectroscopia de absorción atómica ha aumentado el interés por los oligoelementos.

Si se concede la máxima prioridad a los nutrientes proximales e importantes (como se indica en el Capítulo 4), las nuevas bases de datos carecerán de ciertos datos correspondientes a algunos años. Aunque se intente aplicar un programa analítico amplio en gran escala, habrá que seguir asignando prioridades en función de la importancia de cada alimento en el suministro de un nutriente. La evaluación basada en la concentración probable no es suficiente por sí sola; los niveles de nutrientes bajos en un alimento que se consume habitualmente son más importantes que los niveles elevados en otro que se consume en raras ocasiones como

artículo de lujo. Hay que valorar tanto la frecuencia del consumo como la concentración del nutriente en comparación con la gama normal de ingesta total del nutriente de que se trate. Esta evaluación pone de manifiesto a menudo que un determinado alimento contribuye de manera prácticamente insignificante al consumo total del nutriente en cuestión, por lo que es difícil justificar la labor analítica sobre dicho alimento en relación con ese nutriente.

Sin embargo, los valores ausentes pueden ser fuente de errores graves. Stockley (1988) examinó diversos estudios de errores asociados con valores ausentes en las bases de datos, citando subestimaciones de la ingesta de vitamina B que iban del 1,5 por ciento al 14,3 por ciento. Además, solamente se obtenía el 69 por ciento de los ácidos poliinsaturados totales analizados en dietas duplicadas, mejorando hasta el 89 por ciento cuando se cumplimentaban las tablas con los valores ausentes. Cowin y Emmett (1999) compararon la ingesta de nutrientes de un estudio de ingesta de alimentos realizado en el Reino Unido calculada a partir de la quinta edición de las tablas del Reino Unido (Holland *et al.*, 1991) con la calculada a partir de la misma base de datos después de rellenar los valores ausentes con «estimaciones conjeturales». Comprobaron que de los 1 027 alimentos registrados en la encuesta alimentaria había 540 que carecían de datos para uno o varios nutrientes. La ingesta de nutrientes correspondiente a más del 90 por ciento de las personas estaba alterada por el uso de la base de datos rellenada con estimaciones conjeturales. La subestimación utilizando la base de datos sin corregir oscilaba entre el 0,04 por ciento y el 14,7 por ciento, siendo el efecto de la falta de datos proporcionalmente mayor en el extremo inferior de la distribución de la ingesta de nutrientes. Además, en el proyecto de Investigación prospectiva europea sobre cáncer y nutrición (EPIC) (Riboli *et al.*, 2002) se encontraron diferencias de hasta un 25 por ciento para la ingesta de fibra dietética cuando los valores ausentes se consideraban cero (Charrondiere, Vignat y Riboli, 2002). Este tipo de discrepancia da lugar a una clasificación errónea de las personas en una distribución de la ingesta de nutrientes.

Es evidente, pues, que no se debe utilizar el valor cero para los valores que faltan en los cálculos. Si los compiladores de la base de datos no han proporcionado estimaciones conjeturales, una alternativa práctica consistiría en que el usuario asignara valores estimados para llenar estas lagunas, o bien utilizara promedios derivados de valores conocidos para alimentos del mismo tipo. Las estimaciones preparadas mediante una interpretación cuidadosa de los datos sobre alimentos conexos son aceptables en los estudios nutricionales, siempre que se señale con claridad su utilización. Si se han de efectuar los cálculos de la ingesta utilizando el cero para los valores ausentes, en la suma debe señalarse mediante el signo «igual o mayor que» y el programa debe escribirse en consecuencia.

Slimani, Riboli y Greenfield (1995) han señalado que en los estudios de epidemiología nutricional son necesarias bases de datos específicamente adaptadas para ellos; entre los ejemplos de elaboración de dichas bases de datos se citaban las de Hankin *et al.* (1995) para las Islas del Pacífico (utilizando datos analíticos prestados, calculados y encargados), las de Salvini *et al.* (1996) para un estudio italiano y las de Schakel (2001). En un documento interesante de Buzzard, Schakel y Ditter-Johnson (1995) se describen procedimientos para el control de calidad en el mantenimiento y la utilización de las bases de datos.



### Valores inapropiados de las bases de datos o la composición de alimentos

Es posible que la base de datos que se utiliza sea inapropiada debido a la falta de conocimientos o de organización para un fin concreto. Las tablas de composición de alimentos de los Estados Unidos y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte son probablemente las más utilizadas «por defecto» en todo el mundo, debido a su disponibilidad en presentación informatizada y su amplia cobertura de alimentos y nutrientes.

En Australia se presentó una oportunidad de someter a prueba las bases de datos cuando se preparó, a mediados de los años ochenta, la primera base de datos totalmente australiana de datos analíticos originales para los alimentos australianos analizados en laboratorios australianos; antes se habían utilizando datos del Reino Unido o los Estados Unidos. En una comparación de los datos del suministro de alimentos para 1990-91 en las nuevas tablas australianas (Departamento de Servicios Comunitarios y Salud, 1989-91) con los de las tablas del Reino Unido y los Estados Unidos, se comprobó que en estas últimas se sobreestimaba la grasa de las carnes en un 60 por ciento y la grasa total en un 15–22 por ciento. En ellas también se sobreestimaban el hierro, el zinc, la actividad del retinol, la vitamina C y el magnesio en el suministro de alimentos de Australia, mientras que el calcio era un 35 por ciento más alto utilizando los datos del Reino Unido y la tiamina un 59 por ciento más elevada utilizando los datos de los Estados Unidos (Cashel y Greenfield, 1995). La disparidad se debía a diferencias en la composición bruta de los alimentos, así como en la composición de nutrientes.

Otro problema es la utilización de bases de datos de composición de alimentos con información atrasada. En un interesante estudio de Hulshof *et al.* (1996) se investigaron los motivos del cambio en la alimentación observado entre la primera Encuesta nacional neerlandesa sobre el consumo de alimentos, llevada a cabo en 1987-88, y la segunda, de 1992. La disminución aparente de 13 g en la ingesta de grasas por persona y día durante ese período se redujo a 11 g cuando se identificaron en la base de datos de composición de alimentos cambios debidos a elementos extraños. Aproximadamente la mitad de la reducción de la ingesta de grasas se debía a cambios verdaderos en la elección de los alimentos y la otra mitad a cambios verdaderos en los productos alimenticios. Todas las bases de datos de composición de alimentos tienden a quedar «atrasadas», a la vista de los inevitables retrasos entre las etapas de recolección de alimentos para el análisis y de introducción de los datos validados sobre composición de nutrientes en el sistema de gestión de la base de datos, y en el estudio mencionado se indicaba que era necesario preparar y actualizar cuidadosamente una base de datos antes de utilizarla para las referencias nacionales en los estudios sobre alimentación. También se ilustraba la utilidad de contar con un seguimiento de comprobación de los datos, es decir, un sistema de registro de los cambios en los datos y de los motivos de dichos cambios.

### Errores surgidos durante la utilización de las bases de datos

Danford (1981) y Hoover (1983a) describieron una serie de estudios en los que se encontraban diferencias considerables entre los resultados del consumo de nutrientes en un solo día si se elaboraban en varias bases de datos de composición de alimentos diferentes, aun cuando todas ellas estuvieran basadas en el manual de valores de la composición de los alimentos

del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Estos problemas se han reproducido en estudios más recientes, siendo ahora la situación aún más complicada debido a la proliferación de programas informáticos de cálculo en los Estados Unidos, cada uno de ellos con distintas modificaciones de la base de datos de nutrientes (Lee, Nieman y Rainwater, 1995; McCullough *et al.*, 1999). Así pues, a la lista indicada inicialmente por Hoover (1983a) hay que añadir las diferencias en los programas informáticos como fuente de error en la utilización de las bases de datos: diferencias en la conversión de las mediciones en los hogares a pesos normalizados, codificación errónea de los artículos alimenticios y problemas para su identificación exacta. En estudios análogos realizados en Francia (Herbeth *et al.*, 1991) se señalaron las diferencias en las bases de datos disponibles en el país como la principal fuente de error.

Hoover y Perloff (1983, 1984) prepararon una serie de procedimientos para verificar la exactitud de la utilización de una base de datos de composición de alimentos, a saber, procedimientos para la actualización de la base de datos, para el cálculo de nutrientes en una receta sencilla, para la notificación de los datos de referencia, para la notificación de los nutrientes correspondientes a diversos tamaños de porciones y para la realización del cálculo de un registro de ingesta dietética. Este instrumento de control de calidad se puede adaptar a distintos tipos de bases de datos de nutrientes. y constituye asimismo un modelo útil en campo didáctico.

La utilización de estos procedimientos normalizados puso de manifiesto que la inclusión de detalles descriptivos abundantes de los productos alimenticios reducía la discordancia entre los alimentos y los artículos alimenticios de la base de datos (Hoover y Perloff, 1983). Esta indicación de que la confusión en la nomenclatura alimentaria es una fuente importante de error al utilizar las bases de datos pone de relieve la necesidad de mejorar los métodos de nomenclatura alimentaria.

Entre los errores que surgen durante la utilización de las bases de datos cabe mencionar los siguientes:

- a) no registrar suficientes detalles relativos al alimento (por ejemplo, método de cocción o de elaboración);
- b) no indicar si se pesó el alimento total o solamente la porción comestible;
- c) utilizar datos de los nutrientes de los alimentos crudos en lugar de cocinados;
- d) errores en el cálculo de la ingesta de ácidos grasos debidos a la utilización de ácidos grasos por 100 g de ácidos grasos totales en lugar de por 100 g de alimento, o bien a la utilización de un factor de conversión incorrecto;
- e) no efectuar un ajuste para las pérdidas de agua, vitaminas y minerales al calcular la ingesta de nutrientes a partir de una receta;
- f) no indicar la identidad de las grasas y aceites utilizados en los alimentos de las recetas o los alimentos cocinados en grasa;
- g) no incluir los compuestos de la provitamina A al calcular la ingesta de vitamina A;
- h) no reconocer la diferencia de valores debida a las definiciones de los nutrientes, por ejemplo, carbohidratos disponibles en contraposición a los totales;

- i) errores en la equiparación de alimentos nutricionalmente diferentes al sustituir alimentos que faltan en las tablas o bases de datos;
- j) equivocaciones en las conversiones (de volumen a peso, de la descripción de la porción a peso).

### Incompatibilidades entre bases de datos

Los epidemiólogos se muestran a menudo preocupados por las comparaciones de la dieta entre países o entre poblaciones. La incompatibilidad de las bases de datos limita con frecuencia las conclusiones que se pueden extraer de dichas comparaciones. Deharveng *et al.* (1999) compararon las tablas de composición de alimentos de los nueve países europeos que participaron en el proyecto EPIC en cuanto a disponibilidad, definición, métodos analíticos y forma de expresión de los nutrientes de interés para el estudio epidemiológico. Aunque la mayor parte de los nutrientes de las tablas se habían analizado y expresado de manera compatible, algunos no eran comparables (por ejemplo, el folato, la fibra dietética, los carbohidratos, los carotenos). Otros problemas que se encontraron fueron los métodos analíticos anticuados y la inclusión de datos de alimentos recopilados hacía más de 20 años. Los autores llegaron a la conclusión de que se necesitaban tablas de composición de alimentos preparadas al efecto para analizar el elevado volumen de información sobre alimentación que figuraba en el proyecto EPIC.

### Diferencias en los programas informáticos

En la actualidad, la mayoría de los usuarios no pertenecientes a los principales centros de investigación que pueden permitirse crear sus propios programas de cálculo utilizan la base de datos de nutrientes integrada en el programa informático que compran. De ahí la necesidad de identificar el programa informático y la base de datos por separado en las publicaciones. Los productores de programas informáticos incorporan con frecuencia alimentos o componentes adicionales a sus bases de datos o pueden seleccionar ciertos datos de nutrientes (por ejemplo, la niacina exclusivamente, en lugar de los equivalentes de niacina, al calcular la situación de la niacina dietética). Esto significa que los usuarios deben estar capacitados para evaluar los programas informáticos antes de comprarlos, especialmente cuando los vaya a utilizar un número elevado de usuarios (por ejemplo, en todo un sistema de asistencia sanitaria, como un grupo de hospitales, o para una aplicación relacionada con la salud en toda una provincia o estado).

La variedad de funciones que se necesitan ahora en los instrumentos de análisis dietético es enorme y se examina con detalle en Weiss (2001) y Stumbo (2001). Entre ellas cabe mencionar las siguientes: incorporación de registros de clientes; instalaciones para actualizar las bases de datos de composición de alimentos; búsqueda y presentación de los alimentos indicando la composición de nutrientes por 100 g y por tamaños de las porciones normales; clasificación de los alimentos en función del suministro de nutrientes; cálculo del contenido de nutrientes en las recetas, las comidas, las dietas, las ingestas de alimentos (procedentes de registros dietéticos o de cuestionarios sobre la frecuencia de la alimentación) y los menús; multiplicación o división de la ingesta de alimentos y nutrientes por factores como días,

comidas u otras variables de interés; comparaciones de la ingesta de nutrientes con las recomendaciones dietéticas; realización de cálculos como, por ejemplo, promedios o división en deciles de los datos de la ingesta de grupos para los alimentos y nutrientes; impresión o presentación de los resultados en forma de tablas, listas o gráficos; almacenamiento de los registros calculados o su transferencia para realizar nuevos análisis estadísticos; cálculo e impresión de las etiquetas de los productos con los nutrientes, los ingredientes y las comparaciones con referencias dietéticas; cálculo de los costos de los productos, las comidas y las dietas; impresión de las etiquetas para las comidas y los clientes; preparación de dietas, menús y listas de compra de alimentos con fines de investigación, terapéuticos u hospitalarios en función de los distintos costos; ajuste de los menús para alcanzar los objetivos nutricionales.

### **Limitaciones de los métodos de medición de la ingesta de alimentos**

La manera más exacta de evaluar la ingesta de nutrientes de una persona es analizar un duplicado exacto de los alimentos consumidos durante el período del examen. Rara vez se utiliza este sistema, debido a problemas prácticos evidentes, además de los costos y el tiempo que se requieren para los análisis. El método normal consiste en la estimación de la ingesta de nutrientes mediante la aplicación de los datos del consumo de alimentos a los datos de su composición. En efecto, los cálculos de este tipo probablemente constituyan la principal aplicación de las bases de datos de composición de alimentos en la actualidad.

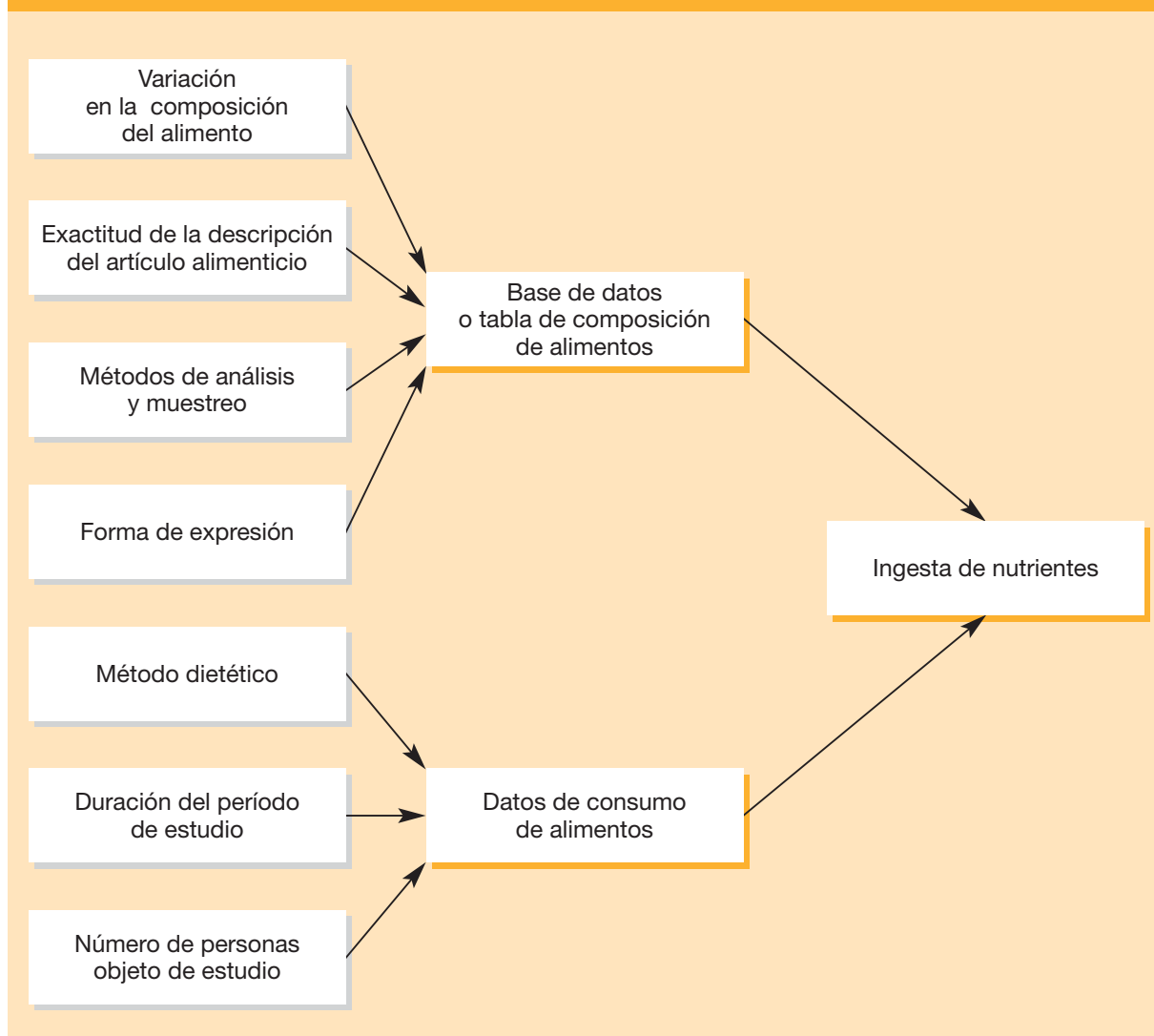
Todas las maneras de estimar las cantidades de alimentos consumidos están asociadas con algún grado de error. El examen completo de este tema queda fuera del ámbito de la presente obra, pero los lectores interesados pueden consultar varias publicaciones (Bingham, 1987, 1991; Gibson, 1990; Willett, 1998; Margetts y Nelson, 1997). Un problema que llama la atención en todos los métodos dietéticos es la elevada prevalencia de notificaciones incompletas, que según las estimaciones de Macdiarmid y Blundell (1998) llega al 70 por ciento en determinados grupos.

Es evidente que los errores en la medición de la ingesta de alimentos se suman a los que se derivan de las diferencias entre la composición del producto alimenticio consumido y los valores registrados en la base de datos. Al mismo tiempo, la exactitud de las ingestas de nutrientes calculadas a partir de los datos de composición de alimentos no se puede mejorar prestando atención exclusivamente a la base de datos. La calidad de los resultados depende de la calidad de la base de datos, la exactitud con la que se puedan identificar los alimentos, la calidad de los datos del consumo de productos alimenticios y la exactitud con la que se utilicen la base de datos de composición de alimentos y los programas (o los cálculos) (Figura 11.1).

### **Evaluación de la base de datos, las tablas o el programa informático**

Una tarea que inevitablemente corresponde al nutricionista profesional, en particular el que interviene en un proyecto de investigación, es la elección de una base de datos. Debido al elevado

**Figura 11.1** Factores que influyen en la exactitud de la estimación de la ingesta de nutrientes



número de programas comerciales de análisis de la dieta que existen ahora para el cálculo de la ingesta de nutrientes, los nutricionistas necesitan capacitación en la evaluación y selección de las bases de datos; es más, dicha capacitación debería formar parte de todos los cursos universitarios o de formación profesional sobre nutrición. En general, las opciones que tiene a su disposición el nutricionista son las siguientes (adaptadas de las propuestas por Perloff [1983]):

1. Informatizar una serie de tablas o crear una base de datos informatizada a partir de varias series de tablas que estén disponibles (en este caso se deben indicar los criterios para la selección de los valores. Los programas para el cálculo de la ingesta de nutrientes deben figurar por escrito).
2. Conectarse a una base de datos informatizada ya existente mediante un módem.
3. Comprar una base de datos informatizada en disco, CD o en línea y preparar programas de computadora para calcular la ingesta de nutrientes a partir de la base más los datos de consumo.

4. Comprar una base de datos y los programas.
5. Contratar el suministro de datos de consumo con un usuario de una base de datos que calcule los datos de la ingesta de nutrientes cobrando una tarifa.

Al examinar estas opciones, la principal preocupación del usuario ha de ser, en primer lugar, elegir una base de datos que sea apropiada, que contenga datos fidedignos para alimentos muy parecidos a los consumidos y que cuente con programas exactos.

La idoneidad de la base de datos puede determinarse utilizándola en tareas normalizadas basadas en las funciones expuestas más arriba (Hoover y Perloff, 1983, 1984). Otros aspectos relevantes serán el costo, la velocidad, la facilidad y comodidad de utilización, el grado de capacitación que necesita el operador y las necesidades de equipo informático.

## Capítulo 12

### Necesidades actuales y orientaciones para el futuro

Desde la publicación de la primera edición de este libro (Greenfield y Southgate, 1992), se han registrado en el mundo cambios espectaculares de gran importancia para los sectores de la producción, gestión y utilización de los alimentos. Estos cambios se exponen a continuación.

En primer lugar, merece especial mención el hecho de que en el informe final de la Conferencia Internacional sobre Nutrición (CIN) se incluyera una Declaración Mundial y un Plan de Acción para la Nutrición (FAO/OMS, 1992), con referencias constantes a la necesidad de datos de composición de nutrientes de los alimentos, especialmente en los apartados de la Sección IV, «Estrategias y acciones». En concreto, en la Sección IV, 9, j, se lee lo siguiente: «Respaldar y alentar [...] la elaboración y utilización de información local sobre composición de alimentos». Como seguimiento de la CIN, los países elaboraron sus planes de acción para la nutrición y posteriormente informes sobre la aplicación de estos planes. En el Plan de Acción Nacional de Nueva Zelandia para la Nutrición (MOH, 1996) se señalaba que «la composición de los alimentos proporciona información esencial para una vigilancia eficaz de la alimentación y la nutrición. Con el fin de mantenerse al día, es necesario seguir actualizando y ampliando los datos de composición de alimentos para incluir nuevos valores locales e internacionales que sean apropiados sobre dicha composición».

En segundo lugar, las actividades de la INFOODS han registrado ahora un desplazamiento, con la centralización de esta importante función en la FAO. La FAO había reducido anteriormente su participación en la labor relativa a la composición de alimentos tras la publicación de las tablas de composición de alimentos para el Cercano Oriente (FAO, 1982), pero en 1994 renovó su compromiso de mejorar la calidad y la disponibilidad de datos de composición de alimentos en los países en desarrollo. Como parte de esta nueva actividad, la FAO se unió a la UNU en la coordinación de la INFOODS. Con la fusión de las actividades de la UNU y la FAO, la INFOODS comenzó a funcionar desde la Sede de la FAO en Roma en 1998 (véase el Capítulo 1).

En tercer lugar, en 1993 se celebró en Sydney (Australia) la Primera Conferencia Internacional sobre Bases de Datos de Alimentos (vinculada oficialmente al Congreso Internacional de Nutrición de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición [IUNS]) y se publi-

caron las actas (Greenfield, 1995). La serie de conferencias internacionales sobre datos de alimentos ha proseguido y se han publicado las actas de cada una de ellas: Finlandia en 1995 (Finglas, 1996), Roma en 1999 (Burlingame, 2000), Eslovaquia en 2001 (Burlingame, 2002) y Estados Unidos en 2003 (Pennington y Stumbo, 2004). En 1997, la IUNS estableció un Grupo de Acción para la Conferencia Internacional sobre Datos de Alimentos, encargado de supervisar los mecanismos para la selección de los coordinadores y los lugares de celebración y prestar asistencia en relación con la publicidad y la dotación de recursos (IUNS, 2003). Estas conferencias y sus actas publicadas han contribuido mucho a promover la investigación internacional sobre composición de alimentos. La INFOODS (2003) acoge la página web de la Conferencia Internacional sobre Datos de Alimentos.

En cuarto lugar, se consiguió un acceso casi universal a computadoras personales; las amplias posibilidades de acceso a Internet a comienzos de los años noventa abrieron un número ilimitado de posibilidades en cuanto a la disponibilidad de información sobre composición de alimentos en todo el mundo. La primera edición de este libro (que se elaboró entre 1983 y 1992) se preparó en su mayor parte mediante el envío de mensajes por télex y el intercambio de proyectos por correo aéreo, mientras que la presente edición se ha preparado casi en su totalidad mediante el intercambio de correspondencia y anexos por correo electrónico. Ahora se tiene acceso a muchos datos o bases de datos de composición de alimentos o se pueden descargar de Internet. Algunos son gratuitos, por ejemplo, en el caso de la Sociedad de Nutrición de Malasia (2003), la LATINFOODS (2003) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2003a). Otros se pueden comprar en línea, por ejemplo, la base de datos alemana (Souci-Fachmann-Kraut, 2003). En Australia y Nueva Zelandia, se puede obtener gratuitamente por Internet una base de datos de composición de alimentos simplificada correspondiente a los productos alimenticios del país, que permite realizar cálculos con fines de etiquetado nutricional (FSANZ, 2003; Crop & Food Research, 2003), y muchos programas de composición de alimentos tienen sus propias páginas web, por ejemplo, el Banco de Datos de Composición de Alimentos Danés (Danish Veterinary and Food Administration, 2003). También se pueden comprar en la web programas informáticos de usuarios, con la posibilidad de descargarlos directamente. Las bases de datos y los programas informáticos se pueden descargar incluso en computadoras de bolsillo.

Aunque existe siempre el peligro de que la disponibilidad de datos de composición de alimentos en Internet pueda dar lugar a la descarga de datos inapropiados o la incorporación bien de datos de escasa calidad, bien de datos sin una fuente identificada, no obstante Internet representa una fuerza positiva potencial de alcance ilimitado en la esfera de la composición de los alimentos.

Burlingame *et al.* (1995a) fueron los primeros en documentar el enorme potencial de las imágenes de los productos alimenticios como instrumento de apoyo en la elaboración de datos de composición de alimentos. Sería particularmente útil ver en la web más datos unidos a imágenes tanto de alimentos como de etiquetas. Una página ejemplar es la de la *Regulatory fish encyclopedia* [Enciclopedia normativa de los peces] de la FDA, organismo de productos alimenticios y farmacéuticos de los Estados Unidos (FDA, 2003), que muestra



fotografías de los alimentos acuáticos en su estado natural crudo y crudos preparados para la venta al por menor, junto con información taxonómica e imágenes de las bandas en gel por focalización isoelectrica para una identificación única. Aunque esta página no está enlazada con datos de composición de los peces, demuestra las interesantes posibilidades que existen para los alimentos en general.

El siguiente paso esencial parece ser la organización de cursos de capacitación en línea sobre obtención, gestión y utilización de datos de composición de alimentos.

En quinto lugar, el creciente interés por la epidemiología nutricional sigue siendo una fuerza impulsora de la demanda de más y mejores datos de composición de alimentos. Los principales estudios epidemiológicos prospectivos están comenzando a dar resultados que demuestran la importancia de este enfoque para analizar las relaciones entre los alimentos y la salud. Para los estudios epidemiológicos es necesario preparar bases de datos adaptadas a este fin (Slimani, Riboli y Greenfield, 1995). Los estudios multinacionales realizados en centros múltiples requieren bases de datos de composición de alimentos específicas que permitan obtener resultados comparables, es decir, no atribuibles a diferencias artificiales entre las distintas bases de datos nacionales (Deharveng *et al.*, 1999; Charrondiere *et al.*, 2002).

En sexto lugar, la elaboración de normas internacionales y la creciente tendencia hacia la armonización de la reglamentación alimentaria en todo el mundo han tenido una influencia notable en la elaboración de métodos perfeccionados de análisis y programas de garantía de calidad para asegurarse de que los datos de todas las partes del mundo sean más fidedignos y compatibles. La Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius se ha convertido en el punto de referencia mundial para todos los países por lo que se refiere a formular y armonizar normas alimentarias y velar por su aplicación en todo el mundo (FAO/OMS, 1999). Otros acontecimientos, por ejemplo, la fusión de los mercados alimentarios en Europa, han dado lugar a la necesidad de armonizar la legislación alimentaria y observarla (Goenaga, 1994). Buss *et al.* (1998) determinaron las prioridades y los recursos para la composición de alimentos en relación con la Unión Europea, al mismo tiempo que un grupo trabajaba de manera muy activa en Europa comparando los métodos analíticos y preparando materiales de referencia certificados (Finglas, 1996; Vahteristo *et al.*, 1996; van den Berg *et al.*, 1996), y lo mismo ha hecho otro en Asia (Puwastien, 2000). Estas novedades han contribuido mucho a mejorar los resultados de laboratorio y la calidad de los datos.

El principal objetivo de la iniciativa de la INFOODS (con cuyo patrocinio se ha preparado este libro) es la creación de una red internacional de sistemas de datos de alimentos, dependiente de la elaboración y la integración potencial de colecciones locales, nacionales y regionales compatibles de datos de composición de alimentos. En el Apéndice 1 figura una lista de centros regionales de datos de la INFOODS.

La compatibilidad no exige la adopción del mismo formato ni la elaboración de un sistema de bases de datos único que satisfaga todas las necesidades presentes y futuras; simplemente significa que los datos pueden utilizarse juntos (Southgate, 1985) e intercambiarse e interpretarse sin ambigüedades ni pérdida de información (Klensin, 1992). Aunque hay algunas características esenciales que deben ser iguales, como las formas de expresión y la

nomenclatura de los alimentos y nutrientes, uno de los requisitos más importantes para la compatibilidad es que los datos sean de una calidad elevada: un usuario debe tener la seguridad de que se ajustan a la tarea de la que se ocupa.

La tesis que se exponía en la primera edición de este libro era que la obtención de datos de composición fidedignos dependía de una serie integrada de actividades, con la participación de los usuarios de los datos, los analistas que los generan y los compiladores de las bases de datos. La calidad de los datos fidedignos debe formar parte del programa desde su comienzo. Como se expone a lo largo de esta obra, se han realizado algunos avances considerables hacia la consecución de este objetivo.

## Necesidad de nuevos estudios

La preparación de la edición revisada de las presentes directrices puso de manifiesto varios temas cuyo estudio ulterior permitiría avanzar en el perfeccionamiento de las bases de datos de composición. Se exponen a continuación, siguiendo su orden de aparición en estas directrices.

### **Datos de composición de alimentos como base de estudios de nutrición cuantitativos**

Es esencial reconocer que una base de datos de composición fidedigna que sea exhaustiva y al mismo tiempo representativa de los alimentos disponibles es un instrumento básico fundamental prácticamente para todas las investigaciones cuantitativas de la nutrición, para la evaluación dietética y para la formulación de políticas en materia de alimentación y nutrición.

La validez de los estudios epidemiológicos nutricionales depende de la disponibilidad de datos exactos sobre el consumo de alimentos y la composición de los productos alimenticios. A menudo no se comprenden las relaciones entre dieta y salud o enfermedad debido a deficiencias en los datos de composición o consumo de alimentos. Así pues, un programa de bases de datos de composición de alimentos debe formar parte integrante de todo programa nacional de investigación sobre la nutrición tal y como ocurre, por ejemplo, con el Programa de Nutrición Humana del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2003d), donde se establece:

*El cometido del Programa de Nutrición Humana es realizar investigaciones básicas y aplicadas para determinar y comprender de qué manera afectan a la salud los nutrientes y otros componentes bioactivos de los alimentos. El objetivo último de esta investigación agrícola basada en los alimentos es determinar los alimentos y las dietas, junto con la genética y la actividad física, que mantienen y mejoran la salud a lo largo de todo el ciclo biológico. Entre los componentes de investigación de este programa cabe mencionar los siguientes: necesidades nutricionales; dieta, genética, estilo de vida y prevención de la obesidad y la enfermedad; vigilancia de la nutrición; composición de los alimentos; estrategias de intervención para la promoción de la salud destinadas a poblaciones específicas; propiedades de los alimentos de origen vegetal y animal para la promoción de la salud; biodisponibilidad de nutrientes y componentes de los alimentos (por ejemplo, fitonutrientes y productos fitoquímicos).*

### **Armonización internacional de los programas de composición de alimentos**

Los programas utilizados para la recopilación de datos de composición de alimentos presentan grandes variaciones entre los distintos países, reflejando a menudo diferencias históricas en la manera en que ha evolucionado la nutrición en cada una de las comunidades. La necesidad internacional de este gran volumen de información exigía cierto grado de armonización y la elaboración de normas compatibles sobre calidad de los datos, para lo cual era necesario a su vez formular algunos principios comunes aplicables a la organización de los estudios de composición de nutrientes de los alimentos.

Durante las lecturas y las consultas para la revisión de estas directrices, se puso de manifiesto que el principio estructural más importante seguía siendo la integración de las actividades de los usuarios (reales y potenciales), de quienes se ocupaban del muestreo y el análisis y de los compiladores. La participación de estos tres importantes elementos en todas las etapas del programa es probablemente la manera más efectiva de conseguir datos de una calidad elevada. Los compiladores pueden «incorporar» calidad a los datos en una etapa posterior, pero este sistema provoca invariablemente el rechazo de trabajo que si se hubiera incorporado antes se habría ajustado a las normas deseadas. Los programas de garantía de calidad en el laboratorio de análisis son esenciales, pero hay que incorporarlos al programa en conjunto. Esto es tan válido ahora como cuando se escribió la primera edición.

### **Alimentos que requieren investigación**

La cobertura de alimentos en todas las bases de datos existentes es muy limitada, en comparación con el número de productos alimenticios que se consumen. Es probable que esta situación persista en un futuro próximo, debido a que los recursos necesarios para preparar bases de datos realmente exhaustivas son considerables. Por consiguiente, es imprescindible que se evalúen debidamente las prioridades al planificar los estudios analíticos futuros y que sólo se realicen nuevos análisis cuando haya pruebas convincentes que indiquen cambios nutricionalmente significativos en la composición o cuando se necesite nueva información sobre los nutrientes.

Hay tres grandes grupos de alimentos para los cuales la información es manifiestamente limitada y que merecería la pena someter a una labor analítica.

**Alimentos no cultivados.** Estos alimentos ocupan un lugar destacado en muchas comunidades y pueden adquirir gran importancia en momentos de escasez de productos alimenticios tras la pérdida de cultivos. Los estudios sistemáticos de la composición de alimentos no cultivados sirven ahora de ayuda a los estudios sobre la nutrición de las poblaciones que los consumen (por ejemplo, Brand-Miller *et al.*, 1993; Kuhnlein, Calloway y Harland, 1979; Kuhnlein *et al.*, 2002). Tales estudios también pueden proporcionar información sobre especies que pueden ser idóneas para un mejoramiento ulterior (por ejemplo, Dawson, 1998).

**Cultivares individuales.** Muchos estudios han demostrado que los distintos cultivares de la misma especie pueden tener un contenido de nutrientes muy diferente (Huang, Tanudjaja y

Lum, 1999). Con los avances de la biotecnología alimentaria, la documentación de la composición de la biodiversidad alimentaria existente, cultivar por cultivar, debe tener carácter prioritario (Kennedy y Burlingame, 2003) y constituir un requisito previo antes de poner en marcha la obtención de cultivares modificados genéticamente, como recomendó recientemente la Comisión Internacional del Arroz (FAO, 2002; Kennedy, Burlingame y Nguyen, 2003).

**Alimentos cocinados y platos mixtos.** Los alimentos casi siempre se consumen de esta forma. En la mayoría de las bases de datos, la información analítica directa es limitada, por lo que se depende de cálculos a partir de las recetas. Si bien este sistema tiene sus aplicaciones, es necesario complementarlo y, a ser posible, sustituir los valores calculados por otros analíticos. Tales estudios requerirán una atención cuidadosa a la hora de formular los protocolos de muestreo.

### **Nutrientes que requieren investigación**

La generación de valores analíticos para llenar las lagunas que hay en la mayor parte de las bases de datos de nutrientes depende en parte de la disponibilidad de métodos idóneos, que se examinarán más adelante. Las prioridades nutricionales determinan qué nutrientes se deben estudiar. En la actualidad hay datos disponibles en todo el mundo para los carbohidratos y la fibra dietética, aunque sigue habiendo lagunas para muchos alimentos en la mayoría de los países. Los métodos para el análisis de los ácidos grasos ya están bien arraigados y se dispone de muchos nuevos datos de ácidos grasos y sus compilaciones (Quigley *et al.*, 1995; Exler, Lemar y Smith, 2003; Mann *et al.*, 2003). Sigue siendo absolutamente necesaria la obtención de información sobre los valores de los folatos en los alimentos, especialmente teniendo cuenta el reconocimiento de la importancia de los folatos en el desarrollo neurológico del feto y la introducción del enriquecimiento obligatorio o voluntario de los productos alimenticios con ácido fólico. En las bases de datos se ha compilado más información sobre los carotenoides (tanto los que tienen actividad provitamina A como otros que no son precursores de la vitamina A) (Chug-Ahuja *et al.*, 1993), así como sobre los fitoestrógenos, aunque tales datos proceden en su mayor parte sólo de un pequeño número de fuentes. Pennington (2002) ha resumido otros componentes bioactivos de gran interés y que requieren investigación.

Las investigaciones sobre la masa ósea y la osteoporosis han puesto de manifiesto la necesidad imperiosa de datos sobre la vitamina D en los alimentos. El interés por esta vitamina se ha reavivado en los últimos años y ahora se reconoce que algunas compilaciones de datos están anticuadas y que sólo se obtienen nuevos datos muy lentamente (J.M. Holden, Laboratorio de Datos de Nutrientes de los Estados Unidos, comunicación personal, 2002). También se necesitan más datos de la vitamina K en los alimentos, dada la creciente sensibilización acerca de la importancia de este nutriente en la salud de los huesos (Buttriss, Bundy y Hughes, 2000; Bolton-Smith *et al.*, 2000; Shearer y Bolton-Smith, 2000).

### **Estudios de investigación sobre el muestreo**

Para la formulación de protocolos de muestreo se requiere una base experimental. A pesar de la importancia de la variabilidad dentro de los alimentos, los estudios institucionales sobre

los factores que intervienen en la variabilidad de los componentes de los productos alimenticios y la magnitud de sus efectos se han limitado a un pequeño número de productos básicos importantes y rara vez se han realizado por motivos nutricionales. Sería provechoso incorporar dichos estudios a los que se realizan sobre los factores que influyen en la composición de nutrientes de numerosos productos alimenticios importantes.

Durante el estudio de la composición de los alimentos se examinan con frecuencia los efectos de la manipulación de las muestras, pero sería conveniente realizar estas investigaciones de manera más académica, preparando la información obtenida para su publicación. Dicha información sería útil para todos los que se ocupan de trabajos análogos.

### **Nomenclatura de los alimentos**

Los estudios detallados de la nomenclatura de los alimentos realizados por McCann *et al.* (1988) y por Truswell *et al.* (1991) y los estudios sistemáticos de clasificación de los alimentos realizados para el sistema Eurocode (Arab, 1985; Arab, Wittler y Schettler, 1987) fueron fundamentales para controlar una fuente importante de error en el uso de datos de nutrientes, a saber, la identificación de los artículos alimenticios. Este trabajo evolucionó ulteriormente con el sistema LanguaL (Pennington *et al.*, 1995; Møller e Ireland, 2000b). Estos sistemas pueden adquirir cierto grado de «complejidad elegante» que dificulta su utilización de manera exacta y coherente. Por consiguiente, es importante elaborar algunos procedimientos institucionales para evaluar los sistemas de nomenclatura a medida que evolucionan. Algunos autores consideran que un solo sistema de nomenclatura de los alimentos aceptable internacionalmente puede ser un objetivo inalcanzable (Burlingame, 1998). No obstante, esta importante labor prosigue por medio de un comité técnico internacional convocado por la INFOODS, con la tarea de supervisar y orientar el trabajo realizado sobre la clasificación y la descripción de los alimentos a fin de conseguir la mayor armonización posible (INFOODS, 2003).

### **Necesidad de métodos analíticos perfeccionados**

Desde la publicación de la primera edición de este libro en 1992, han proliferado los nuevos métodos analíticos, estimulados en particular por la aceptación actual en todo el mundo de las normas de composición para los alimentos y las prescripciones en materia de etiquetado nutricional en muchos países (Gobierno del Canadá, 2002; CE, 1990; United States Code of Federal Regulations, 2003; FAO/OMS, 2001). Debido a esta proliferación, es difícil que un analista aislado sea experto en todos los métodos, por lo que es más urgente que nunca que los analistas, compiladores y usuarios de bases de datos de nutrientes compartan sus conocimientos e información.

Se necesita con urgencia validar los métodos de análisis de las vitaminas, especialmente para los carotenoides (tanto los que tienen actividad de vitamina A como los que carecen de ella), los folatos y la vitamina D. En todos los casos se requieren procedimientos que permitan separar y medir las distintas formas. Esta información, junto con las estimaciones de la actividad biológica de distintos vitámeros, permitiría establecer estimaciones de la actividad vitamínica de los alimentos más apropiadas que las disponibles en la actualidad. Todos los métodos

de análisis de las vitaminas son prolongados y, en consecuencia, costosos; hay que conceder la máxima prioridad a la búsqueda de procedimientos específicos más rápidos.

Para algunos nutrientes inorgánicos, la especiación es un factor determinante importante de la biodisponibilidad y su medición puede resultar útil (por ejemplo, el hierro hemo y no hemo).

La metodología para la determinación de la fibra dietética está evolucionando con rapidez; es más, durante la preparación de las presentes directrices se han registrado progresos considerables. Sin embargo, todavía no se ha llegado a la etapa en la que puedan aplicarse sistemáticamente los métodos a una amplia variedad de matrices; éste es el objetivo lógico de la investigación.

En muchos métodos es preciso ampliar la gama de matrices alimentarias abarcadas, no necesariamente porque los métodos sean inapropiados, sino simplemente porque no se ha evaluado su aplicabilidad más amplia. Un estudio de composición de alimentos comprende con frecuencia una gran variedad de productos alimenticios, por lo que sería útil que la aplicabilidad de algunos métodos se pudiera extender a una variedad mayor de matrices. Se necesitan métodos bien verificados con una aplicabilidad amplia. A largo plazo, es de esperar que se puedan perfeccionar ulteriormente métodos instrumentales no destructivos o invasivos del alimento: los métodos como la RMN, la NIR, etc., son los que ofrecen mayores posibilidades en este sentido.

El análisis nutricional es una sección especializada del análisis de los alimentos y desde la publicación de la primera edición de esta obra han aparecido muchos nuevos libros de texto y manuales amplios y extraordinariamente útiles sobre los análisis (véase el Apéndice 7).

### **Garantía de calidad de los datos**

En el Capítulo 8 se ha explicado la importancia que reviste un programa de garantía de calidad en el laboratorio de análisis. Dichos programas se han beneficiado de más estudios en colaboración y de la mayor disponibilidad de normas y de MRN, como se ha señalado más arriba, pero es necesario seguir trabajando en esto.

Hay que seguir ampliando la gama de los MRN examinados en el Capítulo 8, en particular para los nutrientes más lábiles y para los «nuevos» componentes de interés, como los productos fitoquímicos.

### **Sistemas de gestión de las bases de datos**

Las tablas de composición de alimentos mecanografiadas y preparadas en hojas de cálculo, con su formato bidimensional que deja margen a una documentación escasa o nula para cada valor, se están sustituyendo. Los sistemas de gestión de bases de datos relacionales proporcionan mecanismos para la compilación de información sobre composición de alimentos perfectamente documentada, incorporando desde valores analíticos hasta el nivel más alto de desglose. Estos sistemas pueden proporcionar interfaces de usuarios flexibles para seleccionar, consultar y editar los datos y la información documental en formatos cómodos y válidos para los usuarios. La información se almacena en estructuras de datos diseñadas para reducir al

mínimo la redundancia y respaldar las ampliaciones de la información documental cuando se conviertan en directrices de gestión de datos. Asimismo, los mecanismos de cálculo y manipulación de los valores de los componentes se ampliarán de acuerdo con las necesidades de los usuarios, preferiblemente en forma de directrices aceptadas internacionalmente (Unwin y Becker, 2002). La aceptación en gran escala de normas internacionales para el intercambio de datos de composición de alimentos también facilitará el intercambio rápido y sencillo de dichos datos (Klensin, 1992).

### **Necesidades de investigación para el proceso de compilación**

Lo que se necesita con mayor urgencia es que se publiquen más datos de composición de alimentos en la bibliografía científica y se mejore el nivel de los datos publicados. Esto se podría conseguir solicitando más documentación de las muestras de alimentos analizadas y, de manera específica, una selección más rigurosa de los métodos analíticos en el proceso de examen por árbitros. También se deben dar detalles de las medidas adoptadas en relación con la garantía de calidad. En la actualidad, las secciones de muchas publicaciones relativas a los métodos casi nunca llegan a cumplir ni siquiera el criterio básico de proporcionar suficientes detalles para que un trabajador competente pueda repetir el procedimiento descrito. Es importante mantener este nivel mínimo y, a ser posible, mejorarlo.

Es necesario seguir perfeccionando los procedimientos institucionalizados para el examen de los datos analíticos procedentes de fuentes tanto publicadas como inéditas. De dicha investigación deberían derivarse índices más objetivos de la calidad de los datos para estimar la probabilidad de que los datos sean válidos. Ahora se pueden producir errores si se manipulan los índices intuitivos de la calidad de los datos como si fueran números reales. El análisis oficial de los juicios de valor aplicados en el proceso de compilación debe llevar a evaluaciones más objetivas y coherentes de la calidad de los datos. Ya se han dado algunos pasos hacia estos objetivos, por ejemplo, con la elaboración de sistemas de evaluación de datos de nutrientes múltiples (Holden, Bhagwat y Patterson, 2002).

La aplicación de los requisitos para unas buenas prácticas científicas al proceso de compilación proporcionará la base para conseguir datos de calidad. Dichos requisitos son los siguientes: replicación independiente de los datos; mantenimiento de normas profesionales; documentación de los datos; prácticas óptimas en la gestión de los datos; cuestionamiento de los propios datos, y documentación y conservación completas de todas las fuentes de datos (Office of Science and Technology, 1998; Office of Research Integrity, 1998).

### **Utilización de los datos de composición de alimentos**

Las bases de datos se pueden consultar de varias maneras; la más sencilla consiste en seleccionar la composición de un solo artículo alimenticio para obtener información o realizar un examen, pero en la mayoría de los casos se requieren datos de combinaciones de artículos alimenticios. La exactitud con la que una base de datos predice la composición de dichas combinaciones de alimentos es un aspecto que sigue siendo necesario investigar en la actualidad. Todas las bases de datos tienen límites en cuanto a la exactitud de las predicciones,

determinados por las variaciones de la composición de los alimentos. Es necesario seguir investigando para definir estos límites y superarlos. Además, para los estudios epidemiológicos en gran escala (Riboli, 1991) hay necesidades particulares en cuanto al uso de las bases de datos de composición de alimentos. Por ejemplo, la necesidad de analizar los datos de la ingesta de alimentos tomando como base los distintos ingredientes en lugar de los alimentos compuestos puede exigir aplicaciones especializadas.

En este momento, las evaluaciones intuitivas parecen indicar que los principales requisitos son la disponibilidad de mejores datos sobre las variaciones en la composición de nutrientes de los principales productos alimenticios, la eliminación de las lagunas de datos y la inclusión de más artículos alimenticios en la base de datos. Sin embargo, se requieren estudios oficiales para estimar la importancia de estos tres elementos antes de destinar un volumen sustancial de recursos a su solución.

En los países en los que es habitual el etiquetado nutricional de los alimentos, los datos fidedignos de la industria alimentaria pueden ser un factor importante para mejorar la exactitud de la base de datos que se utiliza.

### **Capacitación y educación**

Tal vez lo más importante sea que los objetivos de la armonización internacional de los datos de composición de alimentos y la gestión de los datos solamente se pueden alcanzar mediante la capacitación y la educación. Los programas de educación y capacitación crearán una red de trabajadores con objetivos y normas comunes que contribuirán a la elaboración de enfoques también comunes para la organización de los programas de composición de alimentos, la nomenclatura de los alimentos y el análisis y la expresión de los nutrientes, así como para los programas de muestreo y garantía de calidad de los datos de los alimentos. Los datos serán más compatibles a medida que mejore su calidad.

Para la capacitación de químicos analíticos, bromatólogos, nutricionistas y dietistas son cada vez más frecuentes los cursos sobre análisis de los nutrientes de los alimentos, incluso en la enseñanza universitaria. Además, el acercamiento de la INFOODS al programa de trabajo básico de la FAO ha dado lugar a la organización de cursillos internacionales sobre análisis de los alimentos y, en colaboración con la Universidad de Wageningen, sobre datos de composición de alimentos y su obtención, gestión y utilización.

La próxima novedad largamente esperada será la adopción del análisis de nutrientes de los alimentos como componente esencial de la capacitación básica de los profesionales de la alimentación, como los dietistas y nutricionistas, porque a menudo son éstos los compiladores de las bases de datos, así como sus principales usuarios. La capacitación en línea sería un nuevo elemento muy conveniente para el futuro, posible gracias a la evolución de Internet, la disponibilidad generalizada de computadoras y el hecho de que los conocimientos de informática forman ahora parte integrante de la educación escolar.



## Conclusión

Para acabar, puede afirmarse que sigue siendo necesario un cambio fundamental de actitud en relación con el lugar que ocupa el trabajo sobre composición de alimentos en las propias ciencias nutricionales. Los datos cuantitativos sobre la composición de los productos alimenticios constituyen prácticamente la base de toda la investigación cuantitativa sobre la nutrición humana y de la formulación de políticas alimentarias y nutricionales a nivel nacional e internacional. Las bases de datos de composición de alimentos representan el recurso científico primordial del que emanan otros estudios. Para que las ciencias nutricionales evolucionen es imprescindible que este recurso básico se mantenga y mejore como parte de la actividad de investigación sobre la nutrición considerada en conjunto.

**Apéndice 1****Centros regionales de datos de la Red internacional de datos sobre alimentos (INFOODS)**

*Para más información puede consultar el sitio web:*  
[http://www.fao.org/infoods/index\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/index_es.stm)

**INFOODS**

(Internacional)

*Coordinadora: Barbara Burlingame*  
 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

**AFROFOODS**

*Centros subregionales:*

**SOAFOODS**

(Botswana, Djibouti, Lesotho, Malawi, Mauricio, Namibia, Sudáfrica, Swazilandia, Zambia, Zimbabwe)

**ECAFOODS**

(Eritrea, Etiopía, Kenya, Madagascar, República Unida de Tanzania, Somalia, Sudán, Uganda)

**WAFOODS**

(Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gambia, Ghana, Liberia, Malí, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra Leona, Togo)

**CAFOODS**

(Burundi, Camerún, Chad, Congo, Gabón, República Centroafricana, República Democrática del Congo, Rwanda, Seychelles)

**LUSOFOODS**

(Angola, Mozambique y otros aún por establecer)

**NAFOODS**

(Argelia, Jamahiriya Árabe Libia, Marruecos, Mauritania, Túnez)

**ASEANFOODS**

(Brunei Darussalam, Camboya, Filipinas, Indonesia, Malasia, Myanmar, República Democrática Popular Lao, Singapur, Tailandia, Viet Nam)

**CARICOMFOODS**

(Anguila, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Bermudas, Dominica, Granada, Guyana, Islas Caimán, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes Británicas, Jamaica, Montserrat, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Suriname, Trinidad y Tabago)

**CARKFOODS**

(Afganistán, Azerbaiyán, Kazajstán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Uzbekistán)

**EUROFOODS**

(Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía)

*Centros subregionales:***CEECFOODS**

(Bulgaria, Croacia, Eslovaquia,  
Eslovenia, Hungría, Lituania, Polonia,  
República Checa, Rumania)

**LATINFOODS***Centros subregionales:***CAPFOODS**

(Costa Rica, El Salvador, Guatemala,  
Honduras, Nicaragua, Panamá)

**MEXCARIBFOODS**

(Cuba, México, República Dominicana)

**SAMFOODS**

(Argentina, Bolivia, Brasil, Chile,  
Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú,  
República Bolivariana de Venezuela,  
Uruguay)

**MEFOODS y GULFOODS**

(Chipre, Egipto, Jordania, Líbano,  
Palestina, República Árabe Siria y los  
Estados Árabes del Golfo)

**NEASIAFOODS (antes MASIAFOODS)**

(China, Japón, Mongolia, Provincia  
China de Taiwán, Región administrativa  
especial de Hong Kong [China],  
Región administrativa especial de  
Macao [China], República Popular  
Democrática de Corea)

**NORAMFOODS**

(Canadá, Estados Unidos de América,  
México)

**OCEANIAFOODS (24 países**

y territorios)

(Australia, Comunidad del Pacífico,  
Estados Federados de Micronesia, Fiji,  
Guam, Islas Cook, Islas Marianas

septentrionales, Islas Marshall, Islas  
Pitcairn, Islas Salomón, Islas Wallis y  
Futura, Kiribati, Nauru, Niue, Nueva  
Zelandia, Palau, Papua Nueva Guinea,  
Polinesia Francesa, Samoa, Samoa  
Americana, Tokelau, Tonga, Tuvalu,  
Vanuatu)

**SAARCFOODS**

(Bangladesh, Bhután, India, Maldivas,  
Nepal, Pakistán, Sri Lanka)

## Apéndice 2

### Cálculo del tamaño del muestreo

En el Capítulo 5 se planteó la cuestión del cálculo del tamaño del muestreo necesario para estimar la media del conjunto del alimento con un nivel razonable de confianza.

El tamaño óptimo del muestreo se basa oficialmente en el cálculo de la siguiente ecuación (Proctor y Meullenet, 1998):

$$t = \frac{x - \mu}{SD/\sqrt{n}}$$

donde

$x$  = media del muestreo

$\mu$  = media del conjunto

DE = desviación estándar de la media del muestreo

$n$  = tamaño del muestreo

La ecuación se puede reorganizar como sigue:

$$\text{Tamaño del muestreo} \geq (t_{\alpha, n-1})^2 DE^2 / (\text{exactitud} \times \text{media})^2$$

Para aplicar esta ecuación hay que conocer algunos parámetros que solamente estarán disponibles si el analista tiene alguna información preliminar acerca del alimento. Lo ideal sería obtenerla de estudios analíticos piloto para determinar la media y la desviación estándar, de datos de la bibliografía o, si no se dispone de tales datos, de conjeturas intuitivas.

Los valores de  $\alpha$  definen los límites de confianza necesarios. Si se requiere un intervalo de confianza del 95 por ciento,  $\alpha$  es igual al 5 por ciento, es decir, 0,05. El grado de libertad ( $gl$ ) se define como  $n - 1$ . Así pues, para un tamaño de muestreo de 10,  $gl = 10 - 1 = 9$ .

El valor de  $t$  se toma de las tablas estadísticas estándar (tabla de la  $t$  de Student), utilizando el valor necesario de  $\alpha$  y una estimación conjetural del tamaño del muestreo.

La exactitud es la proximidad necesaria del valor estimado al valor verdadero (desconocido). Una media del muestreo dentro del 10 por ciento de la media del conjunto representaría una exactitud de 0,1. En otras palabras, el intervalo de confianza necesario es  $x \pm 0,1x$ .

#### Ejemplos de valores de $t$ :

Para un tamaño del muestreo de 10,  $\alpha = 0,05$ ,  $gl = 9$ ,  $t = 2,262$ . Así pues,  $t^2 = 5,1166$ .

Para un tamaño del muestreo de 20,  $\alpha = 0,05$ ,  $gl = 19$ ,  $t = 2,093$ . Así pues,  $t^2 = 4,3806$ .

Cuadro A2.1 Cálculo del número de muestras

| Parámetro   | Humedad<br>(g/100 g) | Grasas<br>(g/100 g)  | Colesterol<br>(g/100 g) |
|---|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Tamaño real del muestreo                                | 24                   | 24                   | 24                      |
| Media real  | 49,9                 | 13,4                 | 16                      |
| Desviación estándar (DE) real                           | 8,5                  | 3,9                  | 6,7                     |
| DE <sup>2</sup>   | 72,25                | 15,21                | 44,89                   |
| $t_{(\alpha = 0,05)}$                                   | 2,069                | 2,069                | 2,069                   |
| $t^2$   | 4,2808               | 4,2808               | 4,2808                  |
| $t^2 \times DE^2$                                       | 309,285              | 65,11                | 192,165                 |
| Exactitud fijada en                                     | 0,1 (0,05)           | 0,1 (0,05)           | 0,1 (0,05)              |
| Exactitud x media                                       | 4,99 (2,495)         | 1,34 (0,67)          | 1,6 (0,8)               |
| (Exactitud x media) <sup>2</sup>                        | 24,9 (6,225)         | 1,7956 (0,4489)      | 2,56 (0,64)             |
| Tamaño del muestreo necesario para una exactitud = 0,1  | $309,285/24,9 = 13$  | $65,11/1,7956 = 37$  | $192,165/2,56 = 76$     |
| Tamaño del muestreo necesario para una exactitud = 0,05 | $309,285/6,225 = 50$ | $65,11/0,4489 = 146$ | $192,165/0,64 = 301$    |

### Ejemplos de tamaños de muestreos calculados a partir de valores de la bibliografía:

En los ejemplos que siguen se utilizan los datos notificados por Greenfield, Makinson y Wills (1984) para la humedad, las grasas y el colesterol en 24 muestras de papas fritas de venta al por menor. Estos datos ilustran el hecho de que para los distintos nutrientes se necesitan diversos tamaños de muestreo para conseguir el mismo nivel de confianza, debido a que muestran una varianza diferente.

En el Cuadro A2.1 se resumen los datos y los cálculos correspondientes.

Esto demuestra que, para una exactitud de 0,1, serían insuficientes 10 muestras (tamaño del muestreo utilizado habitualmente) para conseguir una media con la confianza necesaria en cualquiera de los tres casos. Para la humedad sería suficiente un tamaño del muestreo de alrededor de 13, para las grasas de 37, mientras que para el colesterol, que mostró la mayor variabilidad, se necesitaría un tamaño del muestreo de 76. Esto se puede explicar por el hecho de que algunas de esas papas se habían frito en aceites vegetales que prácticamente no tenían colesterol.

Si el cálculo se realiza con objeto de conseguir límites de confianza para una exactitud de 0,05, se necesitaría un tamaño del muestreo de 50 para el agua, de 146 para las grasas y de más de 300 para el colesterol.

Los ejemplos ponen de manifiesto que el tamaño del muestreo para los nutrientes que muestran una variabilidad mayor será superior al de los nutrientes con menor variabilidad. En la práctica, la mayoría de los creadores de protocolos de muestreo tienen que hacer apreciaciones intuitivas para calcular el tamaño del muestreo que se ha de realizar.

### Apéndice 3

## Métodos de preparación de los alimentos para el análisis

La documentación de la preparación de las muestras es tan importante como otros aspectos de los protocolos de análisis. Hay que tener cuidado para separar cuidadosamente las porciones comestibles de las que no lo son (residuos, desperdicios) y registrar la descripción y el peso de todas las partes. La preparación de la muestra es también el momento apropiado para registrar las medidas comunes o los tamaños de las porciones, con su descripción (por ejemplo, loncha), las dimensiones lineales y el peso. Por último, si es posible medir el volumen (por ejemplo, en todos los líquidos, polvos y sustancias granulares) se debe medir y registrar la densidad del alimento.

### Alimentos homogéneos

- **Sólidos:**
  - *Friables:* desmenuzar y mezclar.
  - *Viscosos:* congelar y triturar a baja temperatura.
  - *Higroscópicos:* tomar porciones con rapidez en recipientes tarados que se puedan cerrar herméticamente para pesarlas.
- **Emulsiones.** Se toman por peso mejor que por volumen; calentar y mezclar.
- **Líquidos con sólidos en suspensión.** Homogeneizar o tomar la muestra mientras se mezclan suavemente.

### Reducción mediante cuarteo

Si las piezas grandes son simétricas, su tamaño se puede reducir mediante esta técnica. El principio es que la cuarta parte debe ser representativa del todo. Cualquier alimento simétrico se debe cortar en cuatro partes y tomar un cuarto de cada lote para su tratamiento con fines de análisis. Los alimentos ovales o alargados (por ejemplo, papas o pepinos) se deben cortar en ocho partes y tomar dos octavos para formar un cuarto, debido a que cada extremo puede representar partes diferentes de la planta (por ejemplo, tallo y flor).

- **Alimentos en piezas grandes.** Los alimentos consistentes en porciones bastante grandes separadas, pero semejantes, como las barras de pan o las piezas de carne, se deben cuartear y tomar muestras para su tratamiento y posterior análisis.
- **Lotes de alimentos en piezas pequeñas** (harina, arroz, legumbres, frutos pequeños, mezclas de unidades cortadas). Estos alimentos se cuartean de la manera siguiente: se forma con el conjunto un montón uniforme sobre una superficie inerte limpia y se revuelve varias veces con una espátula de polietileno o de vidrio. Se allana el montón y luego se divide en

cuatro segmentos iguales. Se toman dos segmentos opuestos y se desechan los otros dos. Los segmentos que quedan se mezclan y se reducen de nuevo de la misma manera.

- **Alimentos segmentados** (el artículo comprado está formado por varias unidades individuales). Al tomar muestras de paquetes de galletas, cartones de huevos, lotes de panecillos, etc., se suele tomar una pieza de cada cuatro para formar una muestra compuesta. Para el pan en rebanadas, conviene tomar una rebanada de cada cuatro y la de un extremo, que se deben desmenuzar cuidadosamente antes de realizar una nueva reducción. En principio se debe mantener la misma proporción corteza-miga que en el pan original (véase *infra*).

### Preparación de muestras analíticas de tipos de alimentos particulares

- **Cereales:**
  - *Harinas y granos.* Las unidades se mezclan cuidadosamente con una espátula de polietileno o de vidrio sobre una superficie inerte limpia y seca. La masa combinada se puede dividir en cuatro partes (véase supra). Las muestras analíticas grandes para el análisis inorgánico (calcinación o digestión húmeda) se deben tomar en este momento. Luego puede ser necesario reducir los granos de tamaño grande (por ejemplo, de maíz) en una trituradora de martillos o de bolas. No debería ser necesaria ninguna reducción de las harinas finas.
  - *Pan sin cortar.* Las piezas enteras se cuarteán y se toma un cuarto de cada una; se pesa, se parte en rebanadas, se seca a temperatura ambiente y se pesa de nuevo. Los cuartos secados al aire se machacan en un mortero y luego se mezclan bien con una espátula en un cuenco.
  - *Tortas, pastas, pasteles, cereales cocinados, púdines a base de cereales.* Las piezas grandes se deben dividir en cuatro partes. Hay que picar los cuartos o las piezas pequeñas y mezclar todo cuidadosamente con una espátula en un cuenco. Para el análisis inorgánico se debe tomar una porción analítica grande y el resto se homogeneiza por medios mecánicos. Si hay que analizar la vitamina C (en pasteles de frutas, por ejemplo) se ha de poner una porción analítica no homogeneizada en ácido metafosfórico en unos segundos, pero la mezcla restante se puede homogeneizar cuidadosamente. Las piezas resistentes a la homogeneización se pueden congelar y machacar con un mazo dentro de una bolsa de polietileno (Osborne y Voogt, 1978).
  - *Bizcochos.* Se toma una pieza de cada cuatro del paquete o lote, se machacan en un mortero y se mezclan; luego se ha de tomar una porción analítica grande para el análisis inorgánico. Si hay nueces y/o frutos secos puede ser necesaria una trituradora para una reducción ulterior.
  - *Cereales para el desayuno.* Normalmente se dividen en cuatro partes y se machacan en un mortero; luego se pueden tomar porciones analíticas para el análisis inorgánico. Para los cereales con alto contenido de grasas y de azúcar puede ser necesario congelarlos y machacarlos en una bolsa de polietileno.
- **Carnes y pescados** (crudos, cocinados y elaborados). En algunas carnes es más práctico analizar la grasa y el músculo por separado y combinar los resultados para obtener los valores finales. La porción comestible de cada unidad se pica un poco con un cuchillo

afilado (el pescado se desmenuza con un tenedor) y se mezcla cuidadosamente con una espátula en un cuenco. Se retira una porción, se congela y se machaca en una bolsa de polietileno para utilizarla en los análisis inorgánicos. El resto de la muestra analítica se pica y se mezcla cuidadosamente de nuevo; se toman porciones para nuevos análisis. Hay que tener cuidado para evitar la separación de la grasa durante la mezcla.

- **Hortalizas:**

- *Legumbres secas.* Se pueden tratar como los granos, tomando una porción analítica grande para el análisis inorgánico antes de triturarlas. Los tegumentos sueltos de las semillas deben mezclarse cuidadosamente en la masa de la muestra del alimento.

- *Hortalizas de hoja e inflorescencias de hortalizas.* Las hortalizas de hoja de tamaño pequeño, como las coles de Bruselas, se mezclan en un cuenco, se pican un poco y se vuelven a mezclar brevemente. Hay que tomar una porción grande para el análisis inorgánico y poner otra porción en ácido metafosfórico para el análisis de la vitamina C. Las hortalizas grandes de hojas apretadas (por ejemplo, las coles, las lechugas «iceberg») se deben cuartear. Todas las hortalizas de hoja de tamaño grande tienen que picarse un poco y mezclarse de manera muy rápida. A continuación hay que tomar porciones analíticas para los análisis de la vitamina C, la vitamina A, los carotenos, la vitamina E y los nutrientes inorgánicos; el resto se pica más fino. Con frecuencia resulta difícil reducir los tallos y puede ser necesario picarlos por separado y reincorporarlos a la muestra del alimento.

- *Raíces y tubérculos.* Las piezas grandes se cuartean; los cuartos se trituran en una picadora mecánica durante unos 20 segundos y se mezclan con rapidez. Luego se pueden separar porciones para todos los análisis.

- *Otras.* Algunas hortalizas, como los pepinos y los tomates, deben tratarse como frutos.

- **Frutos.** Los frutos grandes (por ejemplo, las piñas o las sandías) y los de tamaño mediano (por ejemplo, las manzanas) se deben cuartear. Los frutos pequeños (por ejemplo, las cerezas) se deben cuartear siguiendo el método utilizado para los alimentos en partículas. Los cuartos se pican ligeramente, se combinan y se toman porciones analíticas no homogeneizadas para el análisis inmediato de la vitamina C y el inorgánico. La mezcla restante se puede homogeneizar para obtener una muestra analítica destinada a otros análisis. Los bananos no maduros, y posiblemente algunos otros frutos, no se deben someter a una homogeneización mecánica energética, porque el almidón se puede degradar a azúcares. Los frutos secos pueden ser difíciles de homogeneizar por medios mecánicos y puede ser necesario picarlos manualmente.

- **Leche y productos lácteos:**

- *Leche líquida y evaporada.* El contenido de las unidades debe juntarse y removerse suavemente en un recipiente de vidrio o de polietileno tapado.

- *Leche en polvo.* Se debe tratar como harina.

- *Queso.* El tratamiento dependerá de su textura. Las unidades de queso friable se pueden desmenuzar y mezclar; el queso de pasta blanda debe aplastarse y mezclarse; los quesos de pasta dura o elástica deben rallarse con un rallador de polietileno.



- *Yogur, nata (crema), helado, leche condensada, queso de pasta muy blanda.* Las unidades deben mezclarse en un cuenco con una espátula. Cuando contengan frutas y/o nueces deben homogeneizarse mecánicamente después de tomar una porción analítica grande para el análisis inorgánico.
- *Mantequilla.* Véanse las grasas *infra*.
- **Huevos:**
  - *Frescos.* Los huevos frescos sin cáscara se batien enérgicamente con un tenedor; después de tomar porciones analíticas para los análisis inorgánicos, el resto se homogeneiza por medios mecánicos.
  - *Deshidratados.* Los huevos deshidratados se deben tratar como harina.
- **Grasas y aceites:**
  - *Aceites.* Las unidades se deben calentar ligeramente en caso necesario y luego se agitan a 30 °C.
  - *Grasas.* Las unidades de mantequilla, margarina, manteca de cerdo o pringue se deben ablandar sobre un baño de agua caliente y luego se mezclan con cuidado. Las unidades de sebo se pueden desmenuzar y mezclar con un tenedor. Al homogeneizar las emulsiones para untar de bajo contenido de grasa hay que tener cuidado para impedir la descomposición de la emulsión grasa/agua.
- **Nueces.** Los lotes de nueces deben triturarse por separado en un mortero y luego mezclarse cuidadosamente en un cuenco. Hay que tomar una porción analítica para los análisis inorgánicos y la mezcla restante se debe homogeneizar por medios mecánicos para los demás análisis.
- **Azúcares, jarabes y productos de confitería:**
  - *Azúcares.* Los azúcares refinados se deben tratar como harina.
  - *Jarabes.* Los jarabes se han de tomar por peso y no por volumen. Los jarabes viscosos se deben calentar y mezclar bien con cuidado.
  - *Productos de confitería.* Las muestras de productos de confitería deben congelarse y machacarse sobre una superficie muy fría o mezclarse en nitrógeno líquido, que luego se deja evaporar en una cámara frigorífica. Cualquier mezcla de las unidades machacadas se debe hacer también en una habitación refrigerada.
- **Salsas:**
  - *Salsas viscosas.* Las unidades deben calentarse suavemente y mezclarse bien.
  - *Salsas fluidas.* Deben agitarse juntas.
  - *Salsas bifásicas* (por ejemplo, aderezos para ensaladas). Estos productos deben homogeneizarse y mezclarse bien. Hay que tomar porciones de prueba para los análisis inorgánicos y luego homogeneizar de nuevo la mezcla para los análisis ulteriores.
- **Bebidas.** Las bebidas carbónicas se pueden desgasificar mediante la aplicación de presión reducida o vertiéndolas de un vaso a otro. Hay que medir el peso específico pesando el volumen medido; las unidades se deben mezclar agitándolas.
- **Alimentos y platos mixtos preparados.** Es la forma en que se consumen la mayor parte de los alimentos. Las muestras se homogeneizan brevemente, se mezclan con cuidado y se

homogeneízan de nuevo. Cabe suponer que la homogeneización en el laboratorio no introducirá ninguna contaminación superior a la que se produce durante la preparación doméstica o comercial de los alimentos. Hay que tener cuidado para mezclar las piezas individuales de músculo, grasa, hortalizas, etc., que puedan encontrarse en los alimentos compuestos preparados. Las porciones para el análisis de la vitamina C se tomarán a ser posible del producto homogeneizado y mezclado, antes de homogeneizarlo de nuevo. Si los alimentos preparados están calientes, es fundamental actuar con rapidez para impedir la pérdida de humedad. Con las comidas o dietas completas se puede actuar de la misma manera.

### Algunas necesidades de equipo práctico para la manipulación y preparación de las muestras analíticas y de laboratorio

- **De tipo general:**

Bandejas (para transportar los alimentos)

Cuencos (de 0,5 l a 4 l de capacidad)

Espátulas

Tablas de picar (polietileno, madera)

Cuchillos de cocina, afilecuchillos

Abrelatas

Cucharas (diversos tamaños)

Tamices, coladores de plástico

Termómetro de horno, termómetro de carne

Termoselladora eléctrica (para bolsas de congelados)

Láminas grandes de plástico resistente (para cubrir superficies de trabajo, para mezclar alimentos en partículas)

Utensilios de cocina

- **Homogeneizadores**

- *Equipo doméstico normal:*

Batidora-picadora doméstica de alimentos (puede estar equipada con cuchillas de titanio u otras especiales)

Molinillo de café

Batidora-mezcladora de alimentos

Batidora de brazo (homogeneizador manual)

Picadora (manual, eléctrica)

Ralladores, especialmente con bordes cortantes no metálicos

- *Equipo de laboratorio:*

Homogeneizador Sorval Omnimix

Homogeneizador Turrax

Mezcladora Waring

Homogeneizador Ato-Mix

Mortero automático

Trituradora de cuchillos

Trituradora de bolas

Trituradora de martillos

Batidora-mezcladora Robot Coupe (disponible en tamaños apropiados para los alimentos)

## Apéndice 4

### Ejemplos de procedimientos para la preparación de muestras analíticas

#### Hortalizas de raíz

Procedimiento de recolección de muestras del alimento: Se compraron varios lotes de alrededor de 1 kg cada uno en las ciudades que eran los principales centros de distribución del país. En la ciudad, los lugares de compra se eligieron al azar en función del volumen de ventas de los diversos tipos de distribuidores (supermercado, verdulero, puesto en la finca, etc.).

#### Procedimiento de laboratorio:

1. Se picaron rápidamente cuartos opuestos en una batidora-picadora doméstica de alimentos y se mezclaron inmediatamente en un cuenco con una espátula de plástico
  - a)  $2 \times 20$  g se introdujeron en ácido metafosfórico para el análisis inmediato de la vitamina C
  - b)  $2 \times 5$  g se introdujeron en etanol caliente al 80 por ciento v/v para el análisis de los azúcares, el almidón y la fibra dietética
  - c)  $2 \times 10/20$  g (una porción mayor para el alimento con un contenido muy bajo de folato) se introdujeron en ascorbato tamponado al 1 por ciento p/v para el análisis del folato
  - d) se tomaron porciones más grandes para calcinarlas y analizar los componentes inorgánicos durante un período de varias semanas
  - e) se liofilizaron muestras analíticas y se conservaron para analizar los aminoácidos
  - f) el material restante se mezcló, se picó, se congeló, se conservó a  $-20$  °C y se analizaron en él las vitaminas B restantes en un plazo de dos semanas.
2. Los cuartos restantes se picaron, se homogeneizaron y se mezclaron cuidadosamente
  - a)  $2 \times 10$  g se tomaron para el análisis de la humedad durante una noche
  - b) el resto se congeló, se conservó a  $-20$  °C y se analizaron en él el nitrógeno total, el fósforo, el cloruro, el azufre, las grasas y los carotenoides.

#### Carne

Ejemplo: Se compraron 20 cortes de carne en 10 regiones, dos en cada una; las compras se distribuyeron entre carniceros y supermercados a razón de 7:3, con una distribución uniforme en todas las regiones. Un corte de cada región se conservó para analizarlo crudo y el otro se analizó asado.

#### Cruda

Cada corte se pesó y se midió, incluido el ancho de la grasa superficial, luego se dividió en

una porción comestible (grasa y músculo) y otra no comestible (hueso y cartílago) y se pesaron por separado.

1. Las 10 muestras de músculo se trocearon un poco y se mezclaron cuidadosamente en un cuenco
  - a) 100 g se separaron, se congelaron y se machacaron; la muestra machacada se agitó para mezclarla mejor
    - i) 2 × 20 g se tomaron para su calcinación y el análisis de los componentes inorgánicos
    - ii) el resto se conservó a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en una bolsa de polietileno termosellada con un espacio superior mínimo para los análisis de comprobación
  - b) la mezcla fresca restante se picó y se mezcló cuidadosamente
    - i) 2 × 10 g se tomaron para el análisis de la humedad
    - ii) 2 × 50 g se calentaron en una solución alcohólica de KOH y se congelaron para el análisis del retinol
    - iii) 2 × 50 g se tomaron inmediatamente para el análisis de la tiamina
    - iv) se estabilizaron muestras analíticas con un antioxidante y se conservaron a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el análisis de los ácidos grasos
    - v) se congelaron muestras analíticas para el análisis de otras vitaminas B (realizado en un plazo de dos semanas), las grasas, el nitrógeno total, otros minerales y las vitaminas D y E
    - vi) el colesterol y otros esteroides se conservaron a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un recipiente cerrado herméticamente en atmósfera de nitrógeno.
2. Las 10 muestras de grasa se sometieron a un tratamiento análogo.

### **Cocinada**

Los cortes se pesaron antes y después de asarlos, luego se trataron de la misma manera que los crudos, analizando por separado la parte magra y la grasa (Paul y Southgate, 1977).

## Apéndice 5

### Cálculo de los ácidos grasos en 100 g de alimentos y en 100 g de ácidos grasos totales

Cuando se calculan los ácidos grasos que contiene un peso determinado de un alimento, hay que tener en cuenta el hecho de que las grasas totales de un producto alimenticio comprenden los triglicéridos (una proporción de los cuales es glicerol, es decir, un ácido no graso), los fosfolípidos y los componentes no saponificables como los esteroides.

En los alimentos cuyo contenido total de grasas está formado prácticamente en su totalidad por triglicéridos, es conveniente introducir un factor de corrección basado en la longitud media de la cadena de los ácidos grasos presentes. Los factores para los alimentos que contienen cantidades apreciables de fosfolípidos y materia no saponificable dependen de la clase de producto alimenticio. En el Cuadro A5.1 se dan valores propuestos para estos factores.

**Cuadro A5.1** Factores de conversión aplicables a las grasas totales para obtener los valores de los ácidos grasos totales en las grasas

| <i>Alimento</i>                             | <i>Factor</i> | <i>Alimento</i>                      | <i>Factor</i> |
|---|---------------|--------------------------------------|---------------|
| Trigo, cebada y centeno <sup>1</sup>        |               | Carne de bovino <sup>3</sup>         |               |
| grano entero                                | 0,72          | magra                                | 0,916         |
| harina                                      | 0,67          | grasa                                | 0,953         |
| salvado                                     | 0,82          | Cordero, tomado como carne de bovino |               |
| Avena entera <sup>1</sup>                   | 0,94          | Carne de porcino <sup>4</sup>        |               |
| Arroz elaborado <sup>1</sup>                | 0,85          | magra                                | 0,910         |
| Leche y productos lácteos                   | 0,945         | grasa                                | 0,953         |
| Huevos <sup>2</sup>                         | 0,83          | Aves de corral                       | 0,945         |
| Grasas y aceites, todos excepto los de coco | 0,956         | Sesos <sup>4</sup>                   | 0,561         |
| Aceite de coco                              | 0,942         | Corazón <sup>4</sup>                 | 0,789         |
| Hortalizas y frutas                         | 0,80          | Riñones <sup>4</sup>                 | 0,747         |
| Aguacates                                   | 0,956         | Hígado <sup>4</sup>                  | 0,741         |
| Nueces                                      | 0,956         | Pescado <sup>5</sup>                 |               |
|   |               | azul                                 | 0,90          |
|   |               | blanco                               | 0,70          |

*Fuentes:*

<sup>1</sup> Weihrauch, Kinsella y Watt, 1976.

<sup>2</sup> Posati, Kinsella y Watt, 1975.

<sup>3</sup> Anderson, Kinsella y Watt, 1975.

<sup>4</sup> Anderson, 1976.

<sup>5</sup> Exler, Kinsella y Watt, 1975.

Estos factores se utilizan como se hace en los siguientes ejemplos:

Si 100 g de leche de cabra contienen 4,5 g de grasa,  
entonces

$$4,5 \times 0,945 = 4,25 \text{ g de ácidos grasos totales en 100 g de leche de cabra}$$

Cuando se dispone de datos sobre cada uno de los ácidos grasos, los valores se pueden convertir de g/100 g de alimento a g/100 g de ácidos grasos totales. Por ejemplo, si 100 g de leche de cabra contienen 1,15 g de ácido palmítico, para calcular dicho ácido en g/100 g de ácidos grasos totales se aplica la siguiente ecuación:

$$100/4,25 \times 1,15 = 27 \text{ g/100 g de ácidos grasos totales}$$

Cuando se dispone de datos sobre los ácidos grasos por 100 g de ácidos grasos totales y sobre los ácidos grasos totales, se pueden convertir a g/100 g de alimento. Por ejemplo, si sabemos que la concentración de ácido palmítico en la leche de cabra es de 27 g/100 g de ácidos grasos totales y el valor de los ácidos grasos totales es de 4,25 g/100 g de alimento, se aplica la siguiente ecuación para calcular el ácido palmítico en g/100 g de alimento:

$$4,25 \times 27/100 = 1,15 \text{ g/100 g de alimento}$$

## Apéndice 6

### Cálculo de la composición de los platos preparados a partir de recetas

El método de cálculo es el siguiente. Se utiliza el peso de los ingredientes crudos para calcular las cantidades totales de nutrientes del plato. En esta etapa se aplica un factor de corrección para las pérdidas debidas a los ingredientes que quedan en los utensilios y en los recipientes utilizados en la preparación. Luego se determina el peso del plato crudo utilizando una báscula con una precisión aproximada de 1 g (si el peso total de los ingredientes es superior a 500 g se puede utilizar una báscula menos exacta). Luego se cocina el plato y se pesa de nuevo. (No suele ser necesario introducir una pequeña corrección para compensar la diferencia entre el peso del plato caliente y a temperatura ambiente). Se considera que la diferencia de peso corresponde al agua, y la composición del plato cocinado se calcula de la manera siguiente. Los nutrientes totales del plato calculados en los ingredientes crudos se dividen por el peso del plato cocinado y el resultado se multiplica por 100. El contenido de agua de los ingredientes crudos menos la pérdida de peso durante la cocción dividido por el peso del plato cocinado da el contenido de agua de éste, si se necesita. A continuación se expone el procedimiento detallado del cálculo del contenido de nutrientes de un alimento con ingredientes múltiples.

1. Seleccionar o idear una receta apropiada.
2. Anotar el peso y los datos del contenido de nutrientes de cada ingrediente.
3. Corregir los niveles de nutrientes de los ingredientes para el peso de las porciones comestibles, cuando proceda.
4. Corregir los ingredientes para los efectos de la cocción:
  - o bien*
  - si se dispone de datos de los ingredientes cocinados, utilizar los factores de rendimiento para realizar un ajuste del peso crudo al peso cocinado;
  - o bien*
  - si no se dispone de datos de los ingredientes cocinados, utilizar los correspondientes a los ingredientes sin cocinar y aplicar factores de rendimiento para realizar un ajuste correspondiente a los cambios de peso y los factores de retención para las pérdidas o ganancias de nutrientes durante la cocción.
5. Sumar los pesos de los ingredientes para obtener el peso de la receta.
6. Sumar los valores de los nutrientes de los ingredientes para obtener el valor de los nutrientes de la receta.
7. Ajustar el peso de la receta y los niveles de nutrientes para reflejar los cambios en el contenido de grasa/agua cuando se cocina la mezcla completa; realizar cualquier posible ajuste



adicional por los desperdicios; aplicar factores de retención para la receta completa, si se tienen.

8. Determinar la cantidad de alimento preparado obtenido con la receta.
9. Determinar los valores finales por peso (por ejemplo, por 100 g), por volumen (por ejemplo, por taza) o por porción servida, según se desee.

*Fuente:* Rand *et al.*, 1991.

## Apéndice 7

### Bibliografía esencial sobre bases de datos de composición de alimentos

- AOAC. 1990. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15ª edición. Washington, DC, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
- AOAC International. 1995. *Official methods of analysis of AOAC International*. 2 vols. 16ª edición. Arlington, VA, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- AOAC International. 2000. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17ª edición. Gaithersburg, MD, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- AOAC International. 2002. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17ª edición. 1ª revisión. Gaithersburg, MD, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- AOAC International. 2003. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17ª edición. 2ª revisión. Gaithersburg, MD, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- Ball, G.F.M. 1994. *Water-soluble vitamin assays in human nutrition*. Londres, Chapman & Hall.
- Ball, G.F.M. 1998. *Bioavailability and analysis of vitamins in foods*. Londres, Chapman & Hall.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1999. *Food chemistry*. 4ª edición. Berlín. Springer.
- Christie, W.W. 2003. *Lipid analysis*. Bridgwater, UK, The Oily Press.
- De Leenheer, A.P., Lambert, W.E. y Van Bocxlaer, J., eds. 2000. *Modern chromatographic analysis of vitamins*. 3ª edición. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Efiok, B.J.S. 1993. *Basic calculations for chemical and biological analysis*. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Eitenmiller, R.R. y Landen, Jr, W.O. 1998. *Vitamin analysis for the health and food sciences*. Cambridge, UK, Woodhead Publishing.
- Gilbert, J., ed. 1984. *Analysis of food contaminants*. Nueva York, USA, Elsevier Science Publishing.
- Greenfield, H., ed. 1995. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Harris, D.C. 1997. *Exploring chemical analysis*. Nueva York, USA, W.H. Freeman and Company.

- James, C.S. 1995. *Analytical chemistry of foods*. Londres, Blackie Academic & Professional.
- Journal of AOAC International*. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Journal of Food Composition and Analysis*. Londres, Elsevier.
- Kirk, R.S. y Sawyer, R. 1991. *Pearson's chemical analysis of foods*. 9ª edición. Harlow, UK, Longman Scientific and Technical.
- Klensin, J.C. 1992. *INFOODS food composition data interchange handbook*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80774e/80774E00.htm>).
- Klensin, J.C., Feskanich, D., Lin, V. Truswell, A.S. y Southgate, D.A.T. 1989. *Identification of food components for INFOODS data interchange*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80734e/80734E00.htm>).
- Kramer, R. 1998. *Chemometric techniques for quantitative analysis*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Lawn, R.E., Thompson, M. y Walker, R.F. 1997. *Proficiency testing in analytical chemistry*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Macrae, R., ed. 1988. *HPLC in food analysis*. 2ª edición. Londres, Academic Press.
- McCleary, B.V. y Prosky, L., eds. 2001. *Advanced dietary fibre technology*. Oxford, UK, Blackwell Science.
- Meier, P.C. y Zund, R.E. 2000. *Statistical methods in analytical chemistry*. 2ª edición. Nueva York, USA, y Chichester, UK, Wiley.
- Miller, D.D. 1998. *Food chemistry: a laboratory manual*. Nueva York, USA, Wiley.
- Nielsen, S.S., ed. 1998. *Food analysis*. 2ª edición. Gaithersburg, MD, USA, Aspen Publishers
- Nollet, L.M., ed. 1996. *Handbook of food analysis*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Nollet, L.M., ed. 2000. *Food analysis by HPLC*. 2ª edición. Nueva York, USA, Marcel Dekker
- Pare, J.R. y Belanger, J.M.R., eds. 1997. *Instrumental methods in food analysis*. Ámsterdam, Elsevier.
- Pomeranz, Y. y Meloan, C.E. 1994. *Food analysis: theory and practice*. 3ª edición. Nueva York, USA, Chapman & Hall.
- Rand, W.M., Pennington, J.A.T., Murphy, S.P. y Klensin, J.C. 1991. *Compiling data for food composition data bases*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80772e/80772E00.htm>).
- Ratliff, T.A. 2003. *The laboratory quality assurance system: a manual of quality procedures and forms*. 3ª edición. Nueva York, USA, y Chichester, UK, Wiley.
- Rucker, R.B., Suttie, J.W., McCormick, D.B. y Machlin, L.J., eds. 2001. *Handbook of vitamins*. 3ª edición. Nueva York, USA, Marcel Dekker.

- Schlotke, F., Becker, W., Ireland, J., Møller, A., Ovaskainen, M.L., Monspart, J. y Unwin I. 2000. *EUROFOODS recommendations for food composition database management and data interchange*. COST Report EUR19538. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Scott, A.O. ed. 1998. *Biosensors for food analysis*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Shaw, P.E. ed. 1988. *Handbook of sugar separations in foods by high performance liquid chromatography*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Skoog, D.A. y Leary, J.J. 1998. *Principles of instrumental analysis*. 4ª edición. Nueva York, USA, Saunders College Publishing.
- Sørensen, H., Sørensen, S., Bjerregaard, C. y Michaelsen, S. 1998. *Chromatography and capillary electrophoresis in food analysis*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Southgate, D.A.T. 1991. *Determination of food carbohydrates*. 2ª edición. Barking, UK, Elsevier Applied Science.
- Southgate, D.A.T. 1995. *Dietary fibre analysis*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Stoeppler, M., Wolf, W.R. y Jenks, P.J., eds. 2000. *Reference materials for chemical analysis: certification, availability, and proper usage*. Chichester, UK, Wiley.
- Sullivan, D.M. y Carpenter, D.E., eds. 1993. *Methods of analysis for nutrition labeling*. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Taylor, J.K. 1987. *Quality assurance of chemical measurements*. Chelsea, MI, USA, Lewis Publishers.
- Wernimont, G.T. 1985. *Use of statistics to develop and evaluate analytical methods*. Washington, DC, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- Wetzel, D.L.B y Charalambous, G. 1998. *Instrumental methods in food and beverage analysis*. Nueva York, USA y Oxford, UK, Elsevier.
- Wood, R., Nilsson, A. y Wallin, H. 1998. *Quality in the food analysis laboratory*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry Information Services.

## Bibliografía

- AACC Technical Committee Report.** 1981. Collaborative study of an analytical method for insoluble dietary fiber in cereals. *Cereal Foods World*, 26: 295–297.
- Aalbersberg, W.** 1999. *Proceedings of the Fifth OCEANIAFOODS Conference*, Noumea, Nueva Caledonia, 25–27 mayo 1998. Noumea, Nueva Caledonia, University of the South Pacific y Secretaría para la Comunidad del Pacífico.
- Acheson, K.J., Campbell, I.T., Edholm, O.G., Miller, D.S. y Stock, M.J.** 1980. The measurement of food and energy intake in man – an evaluation of some techniques. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33: 1147–1154.
- AICR.** 1996. *Dietary phytochemicals and cancer prevention and treatment*. American Institute for Cancer Research. Nueva York, USA, Plenum Press.
- Allison, R.G. y Senti, F.R.** 1983. *A perspective on the application of the Atwater System of Food Energy Assessment*. Bethesda, MD, USA, Life Sciences Research Office, Federation of American Societies for Experimental Biology.
- Ames, B.N.** 1983. Dietary carcinogens and anticarcinogens. *Science*, 221: 1256–1264.
- Anastassiadis, P.A. y Common, R.H.** 1968. Some aspects of the reliability of chemical analyses. *Anal. Biochem.*, 22: 409–423.
- Anderson, B.A.** 1976. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. VII. Pork products. *J. Am. Diet. Assoc.*, 69: 44–49.
- Anderson, B.A., Kinsella, J.A. y Watt, B.K.** 1975. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. II. Beef products. *J. Am. Diet. Assoc.*, 67: 35–41.
- Ang, C.Y. y Moseley, F.A.** 1980. Determination of thiamin and riboflavin in meat and meat products by high-pressure liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 483–486.
- Anklam, E., Burke, A. e Isengard, H.D., eds.** 2001. Water determination in food – a challenge for the analysts. A selection of papers from the 1st international workshop, Ispra, Italia, 6–7 abril 2000. *Food Control*, 12(7): 393–498.
- Ansell, G.B., Hawthorne, J.N. y Dawkins, R.M.C., eds.** 1973. *Form and function of phospholipids*. Ámsterdam, Elsevier Scientific Publishing.
- AOAC.** 1980. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 13ª edición. Washington, DC, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
- AOAC.** 1984. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14ª edición. Washington, DC, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
- AOAC.** 1990. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15ª edición. Washington, DC, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

- AOAC International. 1995. *Official methods of analysis of AOAC International*. 2 vols. 16ª edición. Arlington, VA, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- AOAC International. 2002. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17ª edición, 1ª revisión. Gaithersburg, MD, USA, Asociación de Comunidades Analíticas.
- AOAC International. 2003. *Method validation programs* (disponible en inglés en <http://www.aoac.org/vmeth/page1.htm>).
- AOCS. 1998. *Official methods and recommended practices of the AOCS*. 5ª edición. Champaign, IL, USA, American Oil Chemists' Society.
- Appelqvist, L.A. y Nair, B.M. 1976. An improved technique for the gas-liquid chromatographic separation of the N-trifluoroacetyl n-intyl derivatives of amino acids. *J. Chromatogr.*, 124: 239–425.
- Arab, L. 1985. Summary of survey of food composition tables and nutrient data banks in Europe. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl. 1): 39–45.
- Arab, L., Wittler, M. y Schettler, G. 1987. Eurocode 2 system. En L. Arab, ed. *European food composition tables in translation*, pp. 132–154. Berlín, Springer Verlag.
- Arcot, J. Shrestha, A.K. y Gusanov, U. 2002. Enzyme protein binding assay for determining folic acid in fortified cereal foods and stability of folic acid under different extraction conditions. *Food Control*, 13(4-5): 245-252.
- Arella, F., Lahély, S., Bourguignon, J.B. y Hasselmann, C. 1996. Liquid chromatographic determination of B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> in foods. A collaborative study. *Food Chem.*, 56: 81–86.
- Aro, A., Kosmeijer-Schuil, T., van de Bovenkamp, P., Hulshof, P., Zock, P. y Katan, M.B. 1998. Analysis of C-18:1 *cis* and *trans* fatty acid isomers by the combination of gas-liquid chromatography of 4,4-dimethyloxazoline derivatives and methyl esters. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75: 977–985.
- Ashworth, R.B. 1987. Ion-exchange separation of amino acids with postcolumn orthophthalaldehyde detection. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70: 248–252.
- Asp, N.G. y Johanssen, C.G. 1984. Dietary fibre analysis. *Nutr. Abstr. Rev.*, 54A: 735–752.
- Asp, N.G., Johanssen, C.G., Hallmer, H. y Siljestrom, M. 1983. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 476–482.
- ASQC. 1973. *Statistical Committee. Glossary and tables for statistical quality control*. Milwaukee, WI, USA, American Society for Quality Control.
- Atwater, W.O. y Bryant, A.P. 1900. The availability and fuel value of food materials. *Conn. (Storrs) Agricultural Experiment Stations 12th Annual Report 1899*, pp. 73–110. Storrs, CT, USA.
- Atwater, W.O. y Woods, C.D. 1896. *The chemical composition of American food materials*. United States Department of Agriculture Office of Experiment Stations, Bulletin 28. Washington, DC, Government Printing Office.
- Aulik, D.J. 1974. Sample preparation for nutrient analysis. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 57: 1190–1192.

- Bailey, J. 1991. Country report. South Pacific Commission. *Proceedings of the Second OCEANIAFOODS Conference*, pp. 21–26. Canberra, Australian Government Publishing Service.
- Ball, G.F.M. 1994. *Water-soluble vitamin assays in human nutrition*. Londres, Chapman and Hall.
- Ball, G.F.M. 1998. *Bioavailability and analysis of vitamins in foods*. Londres, Chapman and Hall.
- Barnes, S., Coward, L., Kirk, M. y Smith, M. 1998. A highly sensitive HPLC-mass spectrometry method to analyze isoflavone phytoestrogens and their metabolites. *Polyphenols Actualites*, 18: 26–29.
- Barnett, S.A., Frick, L.W. y Baine, H.M. 1980. Simultaneous determination of vitamins A, D<sub>2</sub> or D<sub>3</sub>, E, and K<sub>1</sub> in infant formulas and dairy products by reversed-phase liquid chromatography. *Anal. Chem.*, 52: 610-614.
- Bates, C.J. 1997. Vitamin analysis. *Ann. Clin. Biochem.*, 34: 599–626.
- Bates, C.J. 2000. Vitamins: fat and water soluble: analysis. En R.A. Meyers, ed. *Encyclopaedia of analytical chemistry*, pp. 7390–7425. Chichester, UK, John Wiley.
- Bate-Smith, E.C. 1973. Haemanalysis of tannins: the concept of relative astringency. *Phytochemistry*, 12: 907–912.
- Bauernfeind, J.C. 1972. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *J. Agric. Food Chem.*, 20: 456–473.
- Bauernfeind, J.C., Brubacher, G.B., Klaui, H.M. y Marusich, W.L. 1971. Use of carotenoids. En O. Isler, ed. *Carotenoids*, pp. 743–770. Basilea, Birkhäuser Verlag.
- BCR. 1990. *Food and agricultural measurements*. Bruselas, Oficina Comunitaria de Referencia, Comisión de las Comunidades Europeas.
- Beare-Rogers, J.L. y Dieffenbacher, A. 1990. Determination of n-3 and n-6 unsaturated fatty acids in vegetable oils and fats by capillary gas liquid chromatography. *Pure Appl. Chem.*, 62: 795–802.
- Beaton, G.H. 1982. Evaluation of nutrition interventions: methodologic considerations. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35: 1280–1289.
- Beaton, G.H. 1987. Consideration of food composition variability: what is the variance of the estimate of one-day intakes? Implications for setting priorities. En W.M. Rand, C.T. Windham, B.W. Wyse y V.R. Young, eds. *Food composition data: a user's perspective*, pp. 194–205. Tokyo, Universidad de las Naciones Unidas.
- Becker, W. 2002. Norfoods – recent activities. *J. Food Compos. Anal.*, 15(4): 485–489.
- Beecher, G.R. 1991. Sources of variability in the carotenoid level and vitamin A activity of foods. *Proceedings of the Fifteenth National Nutrient Databank Conference*, pp. 33–42. Blacksburg, VA, USA, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Beecher, G.R. y Khachik, F. 1984. Evaluation of vitamin A and carotenoid data in food composition tables. *J. Nat. Cancer Inst.*, 73: 1397–1404.

- Beecher, G.R. y Vanderslice, J.T. 1984. Determination of nutrients in foods: factors that must be considered. *En* K.K. Stewart y J.R. Whitaker, eds. *Modern methods of food analysis*, pp. 29–55. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.
- Bell, J.G. 1971. Separation of oil-soluble vitamins by partition chromatography on Sephadex LH20. *Chem. Ind. (Londres)*, 7: 201–202.
- Bell, J.G. 1974. Microbiological assay of vitamins of the B-group in foodstuffs. *Laboratory Practice*, 23: 235–242, 252.
- Bell, J.G. y Christie, A.A. 1974. Gas-liquid chromatographic determination of vitamin D<sub>2</sub> in fortified full-cream dried milk. *Analyst*, 99: 385–396.
- Bell, P.M. 1963. A critical study of methods for the determination of nonprotein nitrogen. *Anal. Biochem.*, 5: 443–451.
- Bellomonte, G., Costantini, A. y Giammarioli, S. 1987. Comparison of modified automatic Dumas method and the traditional Kjeldahl method for nitrogen determination in infant food. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70: 227–229.
- Bender, A.E. 1978. *Food processing and nutrition*. Londres, Academic Press.
- Bender, A.E. y Nik-Daud, N.J. 1984. Folic acid: assay and stability. *En* P. Zeuthen, J.C. Cheftel, C. Eriksson, M. Jul, H. Leniger, P. Linko, G. Varela y G. Vos, eds. *Thermal processing and quality of foods*, pp. 880–884. Londres, Elsevier Applied Science Publishers.
- Benson, J.V. y Patterson, J.A. 1973. Chromatographic advances in amino acids and peptide analysis using spherical resins and their applications in biochemistry and medicine. *En* A. Niederwieser y G. Pataki, eds. *New techniques in amino acids, peptide, and protein analysis*, pp. 1–73. Ann Arbor MI, USA, Ann Arbor Science Publishers.
- Bergaentzlé, M., Arella, A., Bourguignon, J.B. y Hasselman, C. 1995. Determination of vitamin B<sub>6</sub> – a collaborative study. *Food Chem.*, 52: 81–86.
- Bergmeyer, H.U., ed. 1974. *Methods of enzymatic analysis*. 2ª edición. Weinheim, Germany, Verlag Chemie.
- Bergström, L. 1985. Activities of Norfoods: the Nordic project on food composition tables and nutrient data banks. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl.1): 11–13.
- Bergström, L. 1994. *Nutrient losses and gains in the preparation of foods*. Report 32. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Bernstein, L. y Woodhill, J.M. 1981. Food composition tables: a review by dietitians. *En* H. Greenfield y R.B.H. Wills, eds. *Tables of food composition: an Australian perspective*. *Food Technol. Aust.*, 33: 115–117.
- Bilde, B. y Leth, T. 1990. The Danish food monitoring system. Status after the first 5-year period. *En* W. Becker y S. Danfors, eds. *Proceedings of the 4th EUROFOODS Meeting*, pp. 109–129. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Bingham, S.A. 1987. The dietary assessment of individuals: methods, accuracy, new techniques and recommendations. *Nutrition Abstracts and Reviews*, A57: 705–742.
- Bingham, S.A. 1991. Limitations of the various methods for collecting dietary intake data. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 35: 117–127.



- BIPM. 1998. *The International System of Units (SI)*. 7ª edición. París, Oficina Internacional de Pesas y Medidas.
- BIPM. 2003. *The International System of Units (SI)*. Oficina Internacional de Pesas y Medidas (disponible en inglés en <http://www.bipm.org/en/si/> y en francés en <http://www.bipm.org/fr/si/>).
- Birch, G.G. y Parker, K.J., eds. 1983. *Dietary fibre*. Londres, Applied Science Publishers.
- Blackburn, S. 1968. *Amino acid determination. Methods and techniques*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Blaxter, K. 1989. *Energy metabolism in animals and man*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Bligh, E.G. y Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911–917.
- Bognár, A. 1981. Determination of thiamine and riboflavin in food by using HPLC. *Deutsche Lebensm. Rundschau*, 77: 431–436.
- Bognár, A. y Piekarski, J. 2000. Guidelines for recipe information and calculation of nutrient composition of prepared foods (dishes). *J. Food Compos. Anal.*, 13(4): 391–410.
- Bolton-Smith, C., Price, R.J.G., Fenton, S.T., Harrington, D.J. y Shearer, M.J. 2000. Compilation of a provisional UK database for the phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) content of foods. *Br. J. Nutr.*, 83: 389–399.
- Booth, V.H. 1971. Problems in the determination of FDNB-available lysine. *J. Sci. Food Agric.*, 22: 658–666.
- Bowen, H.J.M. 1959. The determination of chlorine, bromine and iodine in biological material by activation analysis. *Biochem. J.*, 73: 381–384.
- Bradley, R.L. 1998. Moisture and total solids. En S.S. Nielsen, ed. *Food analysis*. 2ª edición, pp. 119–139. Gaithersburg, MD, USA, Aspen.
- Brand, J.C., Cherikoff, V. y Truswell, A.S. 1985. The nutritional composition of Australian Aboriginal bushfoods. 3. Seeds and nuts. *Food Technol. Aust.*, 37: 275–279.
- Brand, J.C., Rae, C., McDonell, J., Lee, A., Cherikoff, V. y Truswell, A.S. 1983. The nutritional composition of Australian Aboriginal bushfoods. 1. *Food Technol. Aust.*, 35: 293–298.
- Brand-Miller, J., James, K.W. y Maggiore, P.M.A. 1993. *Tables of composition of Australian Aboriginal foods*. Canberra, Aboriginal Studies Press.
- Brand-Miller, J.C., Wolever, T.M.S., Colagiuri, S. y Foster-Powell, K. 1999. *The glucose revolution: the authoritative guide to the glycemic index, the ground breaking medical discovery*. Nueva York, USA, Marlowe & Co.
- Brauer, G., ed. 1963. *Handbook of preparative inorganic chemistry*. Vol. 1. Nueva York, USA, Academic Press.
- Bressani, R. 1983. The data required for a food data system. *Food Nutr. Bull.*, 5: 69–76.
- Brown, G.M. y Reynolds, J.J. 1963. Biogenesis of water-soluble vitamins. *Ann. Rev. Biochem.*, 32: 419–462.

- Brown J.C., Faulks, R.M. y Livesey G. 1993. Developing an international food energy system. *Food Technology International (Europe)*, pp. 29–33.
- Brown, S.S., Büttner, J., Mitchell, F.L., Rubin, M. y Cooper, G.R. 1976. When is a reference method a reference method? Reply. *Clin. Chem.*, 22: 285–286.
- Brubacher, G., Müller-Mulot, W. y Southgate, D.A.T., eds. 1985. *Methods for the determination of vitamins in foods*. Londres, Elsevier Applied Science Publishers.
- Bruce, Å. y Bergström, L. 1983. User requirements for databases and applications – nutrition research. *Food Nutr. Bull.*, 5: 24–29.
- Bueno, M.P. 1997. Collaborative study: determination of retinol and carotene by highperformance liquid chromatography. *Food Chem.*, 59: 165–170.
- Burkitt, D.P. y Trowell, H.C. 1975. *Refined carbohydrates foods and disease. The implications of dietary fibre*. Nueva York, USA, Academic Press.
- Burlingame, B.A. 1992. Country reports, New Zealand. *Proceedings of the third OCEANIAFOODS Conference*, diciembre 1991, Auckland, pp. 14–20. Palmerston North, New Zealand Institute for Crop and Food Research.
- Burlingame, B.A. 1996. Development of food composition data base management systems: the New Zealand experience. *Food Chem.*, 57(1): 127–131.
- Burlingame, B.A. 1998. Food nomenclature and terminology: standards and harmonisation for food composition databases and food trade. En D.W. Fitzpatrick, J.E. Anderson y M.L. L'Abbe, eds. *16th International Congress of Nutrition Proceedings: from nutritional science to nutrition practice for better global health*, Montreal, Canadá, pp. 304–307. Ottawa, Canadian Federation of Biological Societies.
- Burlingame, B., ed. 2000. Special Issue: Third International Food Data Conference: Back to Basics, Roma, 1999. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 283–762.
- Burlingame, B. 2001. Analysing the total diet. *J. Food Compos. Anal.*, 14: 451–452.
- Burlingame, B., ed. 2002. Special Issue: Fourth International Food Data Conference, Bratislava, agosto 2001. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 335–530.
- Burlingame, B.A., Cook, F.M., Duxfield, G.M. y Milligan, G.C. 1995a. Food data: numbers, words and images. En H. Greenfield, ed. *Quality and accessibility of foodrelated data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference, pp. 175–182. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Burlingame, B.A., Milligan, G.C., Quigley, R.J. y Spriggs, T.W. 1995b. *FOODfiles manual*. Palmerston North, New Zealand Institute for Crop and Food Research.
- Burns, R.E. 1963. *Methods of tannin analysis for forage crop evaluation*. Technical Bulletin NC 32. Athens, GA, USA, Georgia Agricultural Experiment Stations, University of Georgia, College of Agriculture.
- Burns, R.E. 1971. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agron. J.*, 63: 511–512.
- Bushway, R.J. 1985. Separation of carotenoids in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography. *J. Liq. Chromatogr.*, 8: 1527–1547.

- Buss, D.H. 1981. The requirements for and use of compositional data at the national level. SCI Symposium on Uses and Abuses of Food Tables. Manuscrito inédito.
- Buss, D., Finglas, P., West, C. y Serra, F. 1998. Analytical priorities for national food composition databases in Europe: results from COST Action 99 questionnaires. *Food Chem.*, 63: 103–114.
- Büttner, J., Borth, R., Boutwell, J.H. y Broughton, P.M.G. 1975. International Federation of Clinical Chemistry. Provisional recommendation on quality control in clinical chemistry. Part 1. General principles and terminology. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.*, 13: 523–531.
- Buttriss, J., Bundy, R. y Hughes, J. 2000. An update on vitamin K: contribution of MAFF-funded research. *Nutrition Bulletin – British Nutrition Foundation*, 25: 125–134.
- Buzzard, I.M., Schakel, S.F. y Ditter-Johnson, J. 1995. Quality control in the use of food and nutrient databases for epidemiologic studies. En H. Greenfield, ed. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference, pp. 241–252. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Cáceres, I., Barahona, F. y Polo, C. 1986. El análisis íntegro de los vinos. IV. Cromatografía de líquidos de alta eficacia. *Aliment. Equip. Tecnol.*, 5: 141–152.
- Cameron, M.E. y van Staveren, W.A., eds. 1988. *Manual of methodology for food consumption studies*. Oxford, UK, Oxford Medical Publications.
- Campbell, V.A. y Dodds, M.L. 1967. Collecting dietary information from groups of older people. *J. Am. Diet. Assoc.*, 51: 29–33.
- Cantle, J.E., ed. 1982. *Atomic absorption spectrometry. Techniques and instrumentation in analytical chemistry*. Vol. 5. Ámsterdam, Elsevier Scientific Publishing.
- Carmody, J. 1987. Development of the Australian Nutrient Data Bank – computer aspects. En R. English e I. Lester, eds. *Proceedings of the First OCEANIAFOODS Conference*, pp. 51–61. Canberra, Australian Government Publishing Service.
- Carpenter, D.E., Ngeh-Ngwainbi, J. y Lee, S. 1993. Lipid analysis. En D.M. Sullivan y D.E. Carpenter, eds. *Methods of analysis for nutritional labeling*, pp. 85–104. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Carpenter, K.J. 1960. The estimation of the available lysine in animal-protein foods. *Biochem. J.*, 77: 604–610.
- Carpenter, K.J. 1986. *The history of scurvy and vitamin C*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Carr, F.H. y Price, E.A. 1926. Colour reactions attributed to vitamin A. *Biochem. J.*, 20: 497–501.
- Caselunge, M.B. y Lindeberg, J. 2000. Biosensor-based determination of folic acid in fortified foods. *Food Chem.*, 70: 523–532.

- Casey, P.J., Speckman, K.R., Ebert, F.J. y Hobbs, W.E. 1982. Radioisotope dilution technique for determination of vitamin B<sub>12</sub> in foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 65: 85–88.
- Cashel, K. 1990. Compilation and scrutiny of food composition data. *Food Aust.*, (Suppl.) 42: S21–24, 28.
- Cashel, K.M. y Greenfield, H. 1995. The effects of Australian, US and UK food composition tables on estimates of food and nutrient availability in Australia. En H. Greenfield, ed. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference, pp. 225–239. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Champ, M. 1992. Determination of resistant starch in foods and food products: interlaboratory study. *European J. Clin. Nutr.*, 46 (Suppl. 2): S51–S67.
- Chan, W., Brown, J. y Buss, D.H. 1994. *Miscellaneous foods*. Cuarto suplemento a la 5ª edición de McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Chan, W., Brown, J., Church, S.M. y Buss, D.H. 1996. *Meat products and dishes*. Sixth supplement to the fifth edición of McCance and Widdowson's *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Chan, W., Brown, J., Lee, S. y Buss, D.H. 1995. *Meat, poultry and game*. Fifth supplement to the fifth edición of McCance and Widdowson's *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Chang, S.K.C. 1998. Protein analysis. En S.S. Nielsen, ed. *Food analysis*. 2ª edición, pp. 237–249. Gaithersburg, MD, USA, Aspen.
- Charalambous, G., ed. 1984. *Analysis of foods and beverages*. Nueva York, USA, Academic Press.
- Charrondiere, U.R., Vignat, J. y Riboli, E. 2002. Differences in calculating fibre intake of a British diet when applying the British, Danish and French food composition tables. *IARC Sci. Publ.*, 156: 39–40.
- Charrondiere, U.R., Vignat, J., Moller, A., Ireland, J., Becker, W., Church, S., Farran, A., Holden, J., Klemm, C., Linardou, A., Mueller, D., Salvini, S., Serra-Majem, L., Skeie, G., van Staveren, W., Unwin, I., Westenbrink, S., Slimani, N. y Riboli, E. 2002. The European Nutrient Database (ENDB) for Nutritional Epidemiology. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 435–451.
- Cherikoff, V., Brand, J.C. y Truswell, A.S. 1985. The nutritional composition of Australian Aboriginal bushfoods. 2. Animal foods. *Food Technol. Aust.*, 37: 208–211.
- Choi, K.K. y Fung, K.W. 1980. Determination of nitrate and nitrite in meat products by using a nitrate ion-selective electrode. *Analyst*, 105: 241–245.
- Christian, G.D. y Feldman, F.J. 1970. Methods of sample preparation. En *Atomic absorption spectroscopy. Applications in agriculture, biology, and medicine*, pp. 187–214. Nueva York, USA, Wiley-Interscience.

- Christie, A.A. y Wiggins, R.A. 1978. Developments in vitamin analysis. En R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol.1, pp. 1–42. Londres, Applied Science Publishers.
- Christie, A.A., Dean, A.C. y Millburn, B.A. 1973. The determination of vitamin E in food by colorimetry and gas-liquid chromatography. *Analyst*, 98: 161–167.
- Christie, W.W. 2003. *Lipid analysis: isolation, separation, identification and structural analysis of lipids*. Bridgwater, UK, The Oily Press.
- Chug-Ahuja, J.K., Holden, J.M., Forman, M.R., Mangels, A.R., Beecher, G.R. y Lanza, E. 1993. The development and application of a carotenoid database for fruits, vegetables and selected multicomponent foods. *Amer. J. Diet. Assoc.*, 93: 318–323.
- Clarke, R., Hilakivi-Clarke, L., Cho, E., James, M.R. y Leonessa, F. 1996. Estrogens, phytoestrogens and breast cancer. En *Dietary phytochemicals and cancer prevention and treatment*, pp. 63–85. American Institute for Cancer Research. Nueva York, USA, Plenum Press.
- Cohen, S.A. y Strydom, D.J. 1988. Amino acid analysis utilizing phenylisothiocyanate derivatives. *Anal. Biochem.*, 174: 1–16.
- Comisión de las Comunidades Europeas. 2003. *Measurement and testing* (disponible en inglés en <http://europa.eu.int/comm/research/growth/gccl/ga03.html#top>).
- Comisión del Pacífico Sur. 1982. *Report from South Pacific Working Group on Pacific food (composition) tables*. Noumea, Nueva Caledonia.
- Coni, E., Caroli, S., Ianni D. y Bocca, A. 1994. A methodological approach to the assessment of trace elements in milk and dairy products. *Food Chem.*, 50: 205–210.
- Consejo de las Comunidades Europeas. 1990. Directiva 90/496/CEE del Consejo, de 24 de septiembre de 1990, relativa al etiquetado de propiedades nutritivas de los productos alimenticios. Diario Oficial L 276 de 6.10.1990, pp. 40-44 (disponible en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L0496:ES:HTML>).
- Cook, K.K., Mitchell, G.V., Grundel, E. y Rader, J.I. 1999. HPLC analysis for *trans* vitamin K<sub>1</sub> and dihydro-vitamin K<sub>1</sub> in margarines and margarine-like products using C30 stationary phase. *Food Chem.*, 67: 79–88.
- Cooke, J.R. y Moxon, R.E.D. 1981. The detection and measurement of vitamin C. En J.N. Counsell y D.H. Hornig, eds. *Vitamin C (ascorbic acid)*. Londres, Applied Science Publishers.
- Coppock, J.B.M., Knight, R.A. y Vaughan, M.C. 1958. The moisture content of white bread. *Nutrition (Londres)*, 12: 63–66.
- Corner, J. 1978. The application of ion selective electrodes to food analysis. En R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*, Vol. 1, pp. 197–222. Londres, Applied Science Publishers.
- Cotlove, E., Trantham, R.A. y Bowman, R.L. 1958. An instrument and method for the automatic, rapid, accurate and sensitive titration of chloride in biologic samples. *J. Lab. Clin. Med.*, 51: 461–468.

- Coulter, J.R. y Hann, C.S. 1973. Gas chromatography of amino acids. *En* A. Niederwieser y G. Pataki, eds. *New techniques in amino acid, peptide and protein analysis*, pp. 75–128. Ann Arbor, MI, USA, Ann Arbor Science Publishers.
- Coward, L., Kirk, M., Albib, N. y Barnes, S. 1996. Analysis of plasma isoflavones by reversed phase HPLC-multiple reaction ion monitoring mass-spectrometry. *Clin. Chim. Acta*, 247: 121–142.
- Cowin, I. y Emmett, P. 1999. The effect of missing data in the supplements to McCance and Widdowson's food tables on calculated nutrient intakes. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 53: 891–894.
- Crable, J.V. y Smith, R.G. 1975. Classification of analytical methods. *J. Am. Ind. Hyg. Assoc.*, 36: 149-153.
- Cronin, D.A. y McKenzie, K. 1990. A rapid method for the determination of fat in foodstuffs by infrared spectrometry. *Food Chem.*, 35: 39–49.
- Crop & Food Research. 2003. New Zealand food composition data for nutrition information panels (página principal disponible en inglés en <http://www.crop.cri.nz/home/index.jsp>)
- Crowell, E.P. y Burnett, B.B. 1967. Determination of the carbohydrate composition of wood pulps by gas chromatography of the alditol acetates. *Anal. Chem.*, 39: 121–124.
- Cullen, M., Lambe, J., Kearney, J. y Gibney, M. 1999. An analysis of the incremental value of retaining brand-level information in food consumption databases in estimating food additive intake. *Food Additives and Contaminants*, 16: 93–97.
- Cummings, J.H., Englyst, H.N. y Wood, R. 1985. Determination of dietary fibre in cereals and cereal products – collaborative trials. Part I. Initial trial. *J. Assoc. Public Anal.*, 23: 1–35.
- Currie, L.A. y Svehla, G. 1990. *Recommendations for the presentation of results of chemical analysis*. International Union of Pure and Applied Chemistry. Analytical Chemistry Division, Commission on Analytical Nomenclature. Borrador inédito, julio 1990.
- Dam, H. y Sondergaard, E. 1967. The determination of vitamin K. *En* P. Gyorgy y W.N. Pearson, eds, *The vitamins*. 2ª edición, Vol. 6, pp. 245–260. Nueva York, USA, Academic Press.
- Danford, D.E. 1981. Computer applications to medical nutrition problems. *J. Parent. Ent. Nutr.*, 5: 441-446.
- Danish Veterinary and Food Administration. 2003. Danish food composition databank (disponible en inglés en [http://www.foodcomp.dk/fcdb\\_default.htm](http://www.foodcomp.dk/fcdb_default.htm)).
- Davey, J.P. y Ersser, R.S. 1990. Amino acid analysis of physiological fluids by highperformance liquid chromatography with phenylisothiocyanate derivatization and comparison with ion-exchange chromatography. *J. Chromatogr.*, 528: 9–23.
- Dawson, I. 1998. *New salad and vegetable crops from Australia's sub-Antarctic Islands*. Publication No. 98/145. Canberra, Rural Industries R&D Corporation.

- Dawson, R.M.C., Elliott, D.C., Elliott, W.H. y Jones, K.M. 1969. *Data for biochemical research*. 2ª edición. Londres, Oxford University Press.
- Day, B.P.F. y Gregory, J.F. 1981. Determination of folacin derivatives in selected foods by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 29: 374–377.
- Day, K.C. 1980. Recipe, a computer programme for calculating the nutrient content of foods. *J. Hum. Nutr.*, 34: 181–187.
- Day, K.C. 1985. Nutrition data banks from the point of view of the computer programmer. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl. 1): 54–59.
- Dean, A.C. 1978. Method for the estimation of available carbohydrates in foods. *Food Chem.*, 3: 241–250.
- De Clercq, H.L., Mertens, J. y Massart, D.L. 1974. Analysis of chloride in milk with a specific ion electrode. *J. Agric. Food Chem.*, 22: 153–154.
- De Geeter, H. y Huyghebaert, A. 1992. Amino acid analysis. En L.M.L. Nollet, ed. *Food analysis by HPLC*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Deharveng, G., Charrondiere, U.R., Slimani, N., Southgate, D.A. y Riboli, E. 1999. Comparison of nutrients in the food composition tables available in the nine European countries participating in EPIC [European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition]. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 53: 60–79.
- De Leenheer, A.P., Lambert, W.E. y De Ruyter, M.G.M. 1985. *Modern chromatographic analysis of the vitamins*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Dennison, D.B. y Kirk, J.R. 1977. Quantitative analysis of vitamin A in cereal products by high speed liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 42: 1376–1379.
- de Pablo, S. 1999. *Tabla de composición de alimentos de América Latina* (disponible en <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/default.htm>).
- de Pablo, S. 2001. *LATINFOODS: presente y futuro*. IV Congreso Latinoamericano de Ciencia de Alimentos, 12–15 de noviembre de 2001. Campinas, Brasil. Resumen P101. Libro de resúmenes, 28.
- de Pablo, S. 2002. SAMFOODS: Food composition activities in Latin American countries, 1999–2000. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 481–484.
- Department of Community Services and Health. 1989–91. *Composition of foods, Australia*. Vols 1–5. Canberra, Australian Government Publishing Service.
- Deshpande, S.S., Cheryan, M. y Salunkhe, D.K. 1986. Tannin analysis of food products. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 24: 401–449.
- Deutsch, M.J. y Weeks, C.E. 1965. Microfluorimetric assay for vitamin C. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 48: 1249–1256.
- Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. 1990. (Souci, Fachmann y Kraut) *Food composition and nutrition tables*. 4ª edición. Stuttgart, Alemania, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
- Dialameh, G.H. y Olson, R.E. 1969. Gas-liquid chromatography of phytyl ubiquinone, vitamin E, vitamin K<sub>1</sub> and homologs of vitamin K<sub>2</sub>. *Anal. Biochem.*, 32: 263–272.

- Dignan, C.A., Burlingame, B.A., Arthur, J.M., Quigley, R.J. y Milligan, G.C. 1994. *The Pacific Islands Food Composition Tables*. Palmerston North, South Pacific Commission, New Zealand Institute for Crop and Food Research y Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (INFOODS).
- Dische, Z. 1955. New color reactions for determination of sugars in polysaccharides. En D. Glick, ed. *Methods of biochemical analysis*. Vol. 2, pp. 313–358. Nueva York, USA, Interscience Publishers.
- Dutton, G.G.S. 1973. Applications of gas-liquid chromatography to carbohydrates. Part I. *Adv. Carbohydr. Chem.*, 28: 11–160.
- Dvorak, J., Rubeska, I. y Rezac, Z. 1971. *Flame photometry: laboratory practice*. Londres, Iliffe.
- Eckschlager, K. 1961. *Errors, measurement and results in chemical analysis*. Londres, Van Nostrand Reinhold.
- Egan, H. 1971. Problems and progress in analytical methods. *Food Cosmet. Toxicol.*, 9: 81–90.
- Egan, H. 1974. *Report of the Government Chemist*. Londres, Her Majesty's Stationery Office.
- Egan, H. 1977. Methods of analysis: an analysis of methods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 60: 260–267.
- Egan, H., Kirk, R.S. y Sawyer, R. 1981. *Pearson's chemical analysis of foods*. Edimburgo, UK, Churchill Livingstone.
- Egan, H., Kirk, R.S. y Sawyer, R.S. 1987. *Pearson's chemical analysis of foods*. 8ª edición. Harlow, UK, Longman Scientific and Technical.
- Egberg, D.C. 1979. Semi-automated method for niacin and niacinamide in food products: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 62: 1027–1030.
- Egberg, D.C., Heroff, J.C. y Potter, R.H. 1977. Determination of all-*trans* and 13-*cis* vitamin A in food products by high-pressure liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 25: 1127–1132.
- Eisses, J. y De Vries, H. 1969. Chemical method for the determination of vitamin D in evaporated milk with elimination of cholesterol by digitonin precipitation. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 52: 1189–1195.
- Eitenmiller, R.R. y Landen, Jr, W.O. 1998. *Vitamin analysis for the health and food sciences*. Cambridge, UK, Woodhead Publishing.
- Ekström, L-G., Fuchs, G., Johnsson, H., Larsson, B., Mattson, P., Torelm, I. y Schröder, T. 1984. *Livsmedelkontroll. Handbok för Livsmedellaboratorier. Part 1*. Uppsala, Suecia, Statens Livsmedelsverk.
- Eldridge, A.C. y Kwolek, W.F. 1983. Soybean isoflavones: effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 394–396.
- Ellefson, W. 1993. Provisions of the Nutrition Labeling and Education Act (1993). En D.M. Sullivan y D.E. Carpenter, eds, *Methods of analysis for nutritional labeling*, pp. 3–331. Arlington, VA, USA, AOAC International.



- Elliott, G.R., Odam, E.M. y Townsend, M.G. 1976. An assay procedure for the vitamin K<sub>1</sub> 2,3-epoxide-reducing system of rat liver involving high-performance liquid chromatography. *Biochem. Soc. Trans.*, 4: 615–617.
- Elsevier. 2003. *Journal of Food Composition and Analysis*. Londres (disponible en inglés en <http://www.elsevier.com/locate/issn/0889-1575>).
- English, R. 1990. Composition of foods, Australia. *Food Aust.*, 42: S5–S7.
- English, R. y Lester, I. 1987. *Proceedings of the First OCEANIAFOODS Meeting*. Canberra, Australian Government Publishing Service.
- English, R. y Lewis, J. 1991. *Nutritional values of Australian foods*. Canberra, Australian Government Publishing Service.
- Englyst, H.N. y Cummings, J.H. 1988. Improved method for measurement of dietary fiber as non-polysaccharides in plant foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71: 808–814.
- Englyst, H.N. y Hudson, G.J. 1987. Colorimetric method for routine measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography. *Food Chem.*, 24: 63–76.
- Englyst, H.N. y Hudson, G.J. 1996. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem.*, 57: 15–21.
- Englyst, H.N., Anderson, V. y Cummings, J.H. 1983. Starch and non-starch polysaccharides in some cereal foods. *J. Sci. Food Agric.*, 34: 1434–1440.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. y Cummings, J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European J. Clin. Nutr.*, 46, Supplement 2: S33–S50.
- Englyst, H.N., Quigley, M.E. y Hudson, G.J. 1994. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides with gas-liquid chromatography, high-performance liquid chromatography, or spectrophotometric measurement of component sugars. *Analyst*, 119: 1497–1509.
- Englyst, H.N., Wiggins, H.S. y Cummings, J.H. 1982. Determination of non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, 107: 307–318.
- Englyst, K.N., Englyst, H.N., Hudson, G.J., Cole, T.J. y Cummings, J.H. 1999. Rapidly available glucose in foods: an *in vitro* measurement that reflects the glycemic response. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 448–454.
- Enig, M.G., Pallansch, L.A., Sampugna, J. y Keeney, M. 1983. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on *trans* components. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60: 1788–1795.
- Exler, J. 1982. *Iron content of food*. Home Economics Research Report No. 45. Washington, DC, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).
- Exler, J., Kinsella, J.E. y Watt, B.K. 1975. Lipids and fatty acids of important finfish. New data for nutrient tables. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 52: 154–159.

- Exler, J., Lemar, L. y Smith, J. 2003. *Fat and fatty acid content of selected foods containing trans-fatty acids*. Special Purpose Table No. 1, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (disponible en inglés en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/index.html#trans>).
- FAO. 1972. *Food composition table for use in East Asia*. United States Department of Health, Education, and Welfare y FAO (disponible en inglés en <http://www.fao.org/docrep/003/X6878E/X6878E00.htm>).
- FAO. 1982. *Food composition tables for the Near East*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y FAO (disponible en inglés en <http://www.fao.org/docrep/003/X6879E/X6879E00.htm>).
- FAO. 1986. *Manuales de control de calidad de los alimentos 1. El laboratorio de control de los alimentos* por P.G. Martin. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 14/1 Rev. 1. Roma.
- FAO. 1994. *Codex Alimentarius*. Vol. 13. Methods of analysis and sampling. Roma.
- FAO. 1996. *Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación*. Roma (disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/003/W3613S/W3613S00.HTM>).
- FAO. 2002. *Report of the International Rice Commission*. 20ª sesión, 23–26 julio 2002, Bangkok, Tailandia.
- FAO. 2003. Bases de datos estadísticos de la FAO (disponible en <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es>).
- FAO/LATINFOODS. 2002. *Tabla de composición de alimentos de América Latina* (disponible en <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/default.htm>).
- FAO/OMS. 1967. *Requirements of vitamin A, thiamine, riboflavine and niacin*. WHO Technical Report Series No. 362; FAO Report Series No. 41. Roma, FAO.
- FAO/OMS. 1973. *Energy and protein requirements*. Report of a Joint FAO/OMS Ad Hoc Expert Committee. FAO Nutrition Meetings Report Series No. 52/WHO Technical Report Series No.522. Roma, FAO/Ginebra, Suiza, OMS.
- FAO/OMS. 1992. Conferencia Internacional sobre Nutrición. *Declaración Mundial sobre la Nutrición y Plan de Acción para la Nutrición*. Roma.
- FAO/OMS. 1994. *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Consulta FAO/OMS de expertos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 57. Roma (disponible en <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s00.htm>).
- FAO/OMS. 1998. *Carbohydrates in human nutrition*. Report of a Joint FAO/OMS Expert Consultation, Roma, 14-18 abril 1997. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 66. Roma (disponible en inglés en <http://www.fao.org/docrep/W8079E/W8079E00.htm>).
- FAO/OMS. 1999. *Qué es el Codex Alimentarius*. Codex Alimentarius - Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias (disponible en <http://www.fao.org/docrep/W9114S/W9114S00.htm>).

- FAO/OMS. 2001. *Codex Alimentarius: Etiquetado de los alimentos – Textos completos*. Codex Alimentarius - Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Roma (disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2770S/Y2770S00.HTM>)
- FAO/OMS. 2003a. *Comisión del Codex Alimentarius* (disponible en [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp)).
- FAO/OMS. 2003b. *Codex Alimentarius: normas oficiales del Codex* (disponible en [http://www.codexalimentarius.net/web/standard\\_list.do?lang=es](http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es)).
- FAO/OMS/UNU. 1985. *Necesidades de energía y proteínas*. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. Serie de Informes Técnicos n.º 724, Ginebra, OMS.
- Faulks, R.M. y Timms, S.B. 1985. A rapid method for determining the carbohydrate fraction of dietary fibre. *Food Chem.*, 17: 273–287.
- FDA. 2001. *Code of Federal Regulations*. Title 21, Vol. 2, revised as of 1 April 2001. 21CFR101.9. Washington, DC, United States Government Printing Office.
- FDA. 2003. Regulatory fish encyclopedia (disponible en <http://www.cfsan.fda.gov/~frf/rfe0.html>).
- Federal Register*. 1990. 55: 29487, Washington, DC, National Archives and Records Administration.
- Federal Register*. 1993. 58: 2070, Washington, DC, National Archives and Records Administration.
- Fehily, A.M. y Bird, O. 1986. The dietary intakes of women in Caerphilly, South Wales: a weighed and a photographic method compared. *Hum. Nutr. Appl. Nutr.*, 40A: 300–307.
- Feinberg, M., Ireland-Ripert, J. y Favier, J.-C. 1991. LANGUAL: un language international pour la description structurée des aliments. *Sci. Aliments*, 11: 193–214.
- Feinberg, M., Ireland-Ripert, J. y Favier, J.-C. 1992. Validated databanks on food composition: concepts for modeling information. *World Rev. Nutr. Diet.*, 68: 49–93.
- Fellman, J.K., Artz, W.E., Tassinari, P.D., Cole, C.L. y Augustin, J. 1982. Simultaneous determination of thiamin and riboflavin in selected foods by highperformance liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 47: 2048-2050, 2067.
- Fennell, R.W. y West, T.S. 1969. Recommendations for the presentation of the results of chemical analysis. *Pure Appl. Chem.*, 18: 439–442.
- Ferren, W.P. y Shane, N.A. 1969. Potentiometric determination of fluoride in beverages by means of the ion selective solid state electrode. *J. Food Sci.*, 34: 317–319.
- Finglas, P.M. 1996. Special Issue: The Second International Food Data Base Conference: Food Composition Research – The Broader Context., 28–30 August 1995, Lahti, Finland. *Food Chem.*, 57: 127-131.
- Finglas, P.M. y Faulks, R.M. 1984. HPLC analysis of thiamin and riboflavin in potatoes. *Food Chem.*, 15: 37–44.
- Finglas, P.M. y Faulks, R.M. 1987. Critical review of HPLC methods for the determination of thiamin, riboflavin and niacin in foods. *J. Micronutrient Anal.*, 3: 251–283.

- Finglas, P.M., Wigertz, K., Vahteristo, L., Witthoft, C., Southon, S. y de Froidmont-Gortz, I. 1999. Standardisation of HPLC techniques for the determination of naturally occurring folates in food. *Food Chem.*, 64: 245–255.
- Finley, J.W. y Duang, E. 1981. Resolution of ascorbic, dehydroascorbic and diketogulonic acids by paired-ion reversed-phase chromatography. *J. Chromatogr.*, 207: 449–453.
- Firestone, D. y Horwitz, W. 1979. IUPAC gas chromatographic method for determination of fatty acid composition: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 62: 709-721.
- Fiske, C.H. y Subbarow, Y. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66: 375-400.
- Fleck, A. y Munro, H.N. 1965. The determination of organic nitrogen in biological materials. A review. *Clin. Chim. Acta*, 11: 2–12.
- Florentino, R.F., Lontoc, A.V., Portugal, T.R. y Aguinaldo, A.R. 1986. *The need for food reference materials in Asia*. 2nd International Symposium on Biological Reference Materials, Neuherberg, Alemania.
- Folch, J., Lees, M. y Stanley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497–509.
- Folkes, D.J. y Taylor, P.W. 1982. Determination of carbohydrates. En R. Macrae, ed. *HPLC in food analysis*, pp. 149–166. Londres, Academic Press.
- Food and Nutrition Research Institute/National Research Council of the Philippines. 1985. *Proceedings of the First National Workshop on Food Composition Data, Generation, Compilation and Use*. Laguna, Filipinas.
- Food Chemistry. 1996. Special issue: The Second International Food Data Base Conference, 57, 1. Great Yarmouth, UK, Elsevier Applied Science.
- Food Standards Agency. 2002a. *McCance and Widdowson's The Composition of Foods*. Sixth summary edition. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Food Standards Agency. 2002b. *Report on the Review of Analytical Method Development under the Food Standards Agency's Research Programme N08* (disponible en inglés en <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/N08review.pdf/>).
- Foster, L.H. y Sumar, S. 1996. Selenium concentrations in soya based milks and infant formulae available in the United Kingdom. *Food Chem.*, 65: 93–98.
- Foster-Powell, K. y Miller, J.B. 1995. International tables of glycemic index. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62: 871S–890S.
- Frank, G.C., Farris, R.P. y Berenson, G.S. 1984. Comparison of dietary intake by 2 computerized analysis systems. *J. Am. Diet. Assoc.*, 84: 818–820.
- Frankel, E.N. y Meyer, A.S. 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional foods and biological antioxidants. *J. Sci. Food. Agric.*, 80: 1925–1941.
- Frappier, F. y Gaudry, M. 1985. Biotin. En A.P. De Leenheer, W.E. Lambert y De Ruyter, M.G.M., eds. *Modern chromatographic analysis of the vitamins*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.

- Fraser, T.R., Brendon-Bravo, M. y Holmes, D.C. 1956. Proximate analysis of wheat flour carbohydrates. 1. Methods and scheme of analysis. *J. Sci. Food. Agric.*, 7: 577–589.
- FSANZ. 2003. *Nutrition panel calculator*. Food Standards Australia New Zealand (disponible en inglés en <http://www.foodstandards.gov.au/thecode/nutritionpanelcalculator/>)
- Gaitan, E. 1990. Goitrogens in food and water. *Ann. Rev. Nutr.*, 10: 21–39.
- Galeazzi, M.A.M., Lima, D.M., Colugnati, F.A.B., Padovani, R.M. y Rodriguez- Amaya, D.B. 2002. Sampling plan for the Brazilian TACO project. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 4, 499–505.
- Garfield, F.M. 1984. *Quality assurance principles for analytical laboratories*. Arlington, VA, USA, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- Gebhardt, S.E., Elkins, E.R. y Humphrey, J. 1977. Comparison of two methods for determining the vitamin A value of clingstone peaches. *J. Agric. Food Chem.*, 25: 629–632.
- Gehrke, C.W. y Leimer, K. 1971. Trimethylsilylation of amino acids. Derivatization and chromatography. *J. Chromatogr.*, 57: 219–238.
- Gibson, R.S. 1990. *Principles of nutritional assessment*. Nueva York, USA, Oxford University Press.
- Gilbert, J., ed. 1984. *Analysis of food contaminants*. Nueva York, USA, Elsevier Science Publishing.
- Gobierno de Canadá. 2002. *Regulations amending the Food and Drug Regulations (Nutrition Labelling, Nutrient Content Claims and Health Claims)*. FOOD AND DRUGS ACT SOR/2003-11 (disponible en inglés en <http://canadagazette.gc.ca/partII/2003/20030101/html/sor11-e.html> y en francés en <http://canadagazette.gc.ca/partII/2003/20030101/html/sor11-f.html>).
- Goenaga, X. 1994. The role of the Community Bureau of Reference in harmonizing compliance with the laws of the Commission of the European Communities. *Food Additives and Contaminants*, 11: 169–176.
- Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970. *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. United States Department of Agriculture Handbook No. 379. Washington, DC, USA.
- González, A.G., Pablos, F., Martin, M.J. y León-Camacho, M.S. 2001. HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. *Food Chem.*, 73: 93–101.
- González-Llano, D., Polo, C. y Ramos, M. 1990. Update of HPLC and FPLC analysis of nitrogen compounds in dairy products. *Lait*, 70: 255–277.
- Greenfield, H., ed. 1987a. The nutrient composition of Australian meats and poultry. *Food Technol. Aust.*, 39: 181–240.
- Greenfield, H. 1987b. Improving the quality of food composition data in the Oceania region. En R. English e I. Lester, eds. *Proceedings of the First OCEANIAFOODS Conference*, pp. 34–38. Canberra, Australian Government Publishing Service.

- Greenfield, H. 1989. Opportunities and constraints in a regional food composition programme for the Pacific islands. En *Food Forums Proceedings*, pp. 217–220. Chemistry International. Brisbane, Queensland Government Analytical Laboratory.
- Greenfield, H. 1990a. The Oceaniafoods regional food composition network. En W. Becker y S. Danfors, eds. *Proceedings of the 4th EUROFOODS Meeting*, pp. 25–35. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Greenfield, H., ed. 1990b. Uses and abuses of food composition data. *Food Aust.* (Suppl.), 42: S1–S44.
- Greenfield, H. 1991a. *Study of nutritive composition of foods in Indonesia*. Report series no. SEA/NUT/126. Nueva Delhi. OMS-SEARO.
- Greenfield, H. 1991b. Experiences of food composition studies at the national and international level. *Proc. Nutr. Soc. Aust.*, 16: 96–103.
- Greenfield, H., ed. 1995. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Greenfield, H. y Badcock, J., eds. 1988. *First Technical Workshop on Pacific Food Composition Tables. Report and Proceedings*. Noumea, Nueva Caledonia, South Pacific Commission.
- Greenfield, H. y Kusolwat, S. 1991. The nutrient composition of Australian fresh retail sausages and the effects of cooking on fat content. *J. Sci. Food Agric.*, 57: 65–75.
- Greenfield, H. y Southgate, D.A.T. 1985. A pragmatic approach to the production of good quality food composition data. *ASEAN Food J.*, 1: 47–54.
- Greenfield, H. y Southgate, D.A.T. 1992. *Food composition data: production, management and use*. Barking, UK, Elsevier Science Publishers.
- Greenfield, H. y Wills, R.B.H. 1979. Composition of Australian foods. 1. Tables of food composition and the need for comprehensive Australian tables. *Food Technol. Aust.*, 31: 458–463.
- Greenfield, H. y Wills, R.B.H., eds. 1981. Tables of food composition: an Australian perspective. *Food Technol. Aust.*, 33: 101–130.
- Greenfield, H., Kuo, Y.L., Hutchison, G.I. y Wills, R.B.H. 1987. Composition of Australian foods. 33. Lamb. *Food Technol. Aust.*, 39: 202–207.
- Greenfield, H., Loong, C.Y., Smith, A.M. y Wills, R.B.H. 1990. Sodium and potassium contents of home-cooked and cafeteria foods. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 3: 107–116.
- Greenfield, H., Makinson, J. y Wills, R.B.H. 1984. Lipids in French fries: a retail and laboratory study. *J. Food Technol.*, 19: 239–245.
- Gregory, J.F. 1980. Comparison of high-performance liquid chromatographic and *Saccharomyces uvarum* methods for the determination of vitamin B<sub>6</sub> in fortified breakfast cereals. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 486–489.
- Gregory, J.F. y Feldstein, D. 1985. Determination of vitamin B<sub>6</sub> in foods and other biological materials by paired-ion high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 33: 359–363.

- Gregory, J.F. y Kirk, J.R. 1978. Assessment of storage effects on vitamin B<sub>6</sub> stability and bioavailability in dehydrated food systems. *J. Food. Sci.*, 43: 1801–1808; 1815.
- Gregory, J.F., Day, B.P.F. y Ristow, K.A. 1982. Comparison of high performance liquid chromatographic, radiometric and *Lactobacillus casei* methods for the determination of folacin in selected foods. *J. Food Sci.*, 47: 1568–1571.
- Gross, J., Gabai, M. y Lifshitz, A. 1971. Carotenoids in juice of Shamouti orange. *J. Food Sci.*, 36: 466–473.
- Guanghan, L., Qiongling, W., Xiaogang, W., Tong, Z. y Xin, Y. 1999. Polarographic determination of trace fluoride in foods. *Food Chem.*, 66, 519–523.
- Gudmand-Hoyer, E., ed. 1991. *Methodological aspects of in vivo measurements of starch digestibility*. Euresta Report Flair AGRF /0027. Copenhage, Euresta.
- Guilarte, T.R. 1985. Analysis of biotin levels in selected foods using a radiometric microbiological method. *Nutr. Rep. Int.*, 32: 837–845.
- Guilarte, T.R., McIntyre, P.A. y Tsan, M.F. 1980. Growth response of the yeasts *Saccharomyces uvarum* and *Kloeckera brevis* to the free biologically active forms of vitamin B<sub>6</sub>. *J. Nutr.*, 110: 954–958.
- Guilarte, T.R., Shane, B. y McIntyre, P.A. 1981. Radiometric-microbiologic assay of vitamin B<sub>6</sub> application to food analysis. *J. Nutr.*, 111: 1869–1875.
- Guillon, F., Amadú, R., Amaral-Collao, M.T., Andersson, H., Asp, N., Bach, G., Knudsen, K.E., Champ, M., Mathers, J., Robertson, J.A., Rowland, I. y Van Loo, J., eds. 1998. *Functional properties of non-digestible carbohydrates*. Nantes, Francia, Imprimeria Parentheses.
- Gunstone, F.D., Harwood, J.L. y Padley, F.B. 1994. *The lipid handbook*. 2ª edición. Londres, Chapman and Hall.
- Gurr, M.I. 1992. *Role of fats in food and nutrition*. 2ª edición. Londres, Elsevier Applied Science.
- Gurr, M.I., Harwood J.L. y Frayn, K.N. 2002. *Lipid biochemistry*. 4ª edición. Oxford, UK, Blackwell Science.
- Gustavson, K.H. 1956. *The chemistry of tanning processes*. Nueva York, USA, Academic Press.
- Hagerman, A.E. y Butler, L.S. 1978. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food Chem.*, 26: 809–812.
- Hallberg, L. y Rossander, L. 1982. Effect of different drinks on the absorption of non-heme iron from composite meals. *Hum. Nutr. Appl. Nutr.*, 36A: 116–123.
- Hammond, E.W. 1982. Determination of lipids. En R. Macrae, ed. *HPLC in food analysis*, pp. 167–185. Londres, Academic Press.
- Hankin, J.H., Le Marchand, L., Kolonel, L.N., Henderson, B.E. y Beecher, G. 1995. Developing a food composition data base for studies in the Pacific Islands. *Proceedings of the First International Food Data Base Conference*, pp. 217–224. Arlington, VA, USA, AOAC International.

- Harnly, J.M. y Wolf, W.R. 1984. Quality assurance for atomic spectroscopy. *En* G. Charalambous, ed. *Analysis of foods and beverages*, pp. 483–504. Nueva York, USA, Academic Press.
- Harris, R.S. y Karmas, E., eds. 1988. *Nutritional evaluation of food processing*. 3ª edición. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- Harris, W.E. y Kratchovil, B. 1974. Sampling variance in analysis for trace components in solids. *Anal. Chem.*, 46: 313–315.
- Hassan, S.S.M., Abd El Fattah, M.M. y Zaki, M.T.M. 1975. Spectrophotometric determination of vitamin K3. *Z. Anal. Chem.*, 275: 115–117.
- Hauser, E. y Weber, U. 1978. Der Einsatz der Infrarot-Reflexions-Analyse bei der schnellen Ermittlung der wertbestimmenden Anteile von Fleisch und Fleischwaren. *Fleisch-wirtschaft*, 58: 452–459.
- Haytowitz, D.B., Pehrsson, P.R. y Holden, J.M. 2000. Setting priorities for nutrient analysis in diverse populations. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 425–433.
- Haytowitz, D.B., Pehrsson, P.R. y Holden, J.M. 2002. The identification of key foods for food composition research. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 2, 183–194.
- Haytowitz, D.B., Pehrsson, P.R., Smith, J., Gebhardt, S.E., Matthews, R.H. y Anderson, B.A. 1996. Key foods: setting priorities for nutrient analysis. *J. Food Compos. Anal.*, 9(4): 331–364.
- Head, M.K. y Gibbs, E. 1977. Determination of vitamin A in food composites by high speed liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 42: 395–398.
- Hegenauer, J. y Saltman, P. 1972. Resolution of ascorbic, dehydroascorbic, and diketogulonic acids by anion-exchange column chromatography. *J. Chromatogr.*, 74: 133–137.
- Heidelbaugh, N.D., Huber, S.C., Bednavzk, J.F., Smith, M.C., Rambaut, P.C. y Wheeler, H.O. 1975. Comparison of three methods of calculating protein content of foods. *J. Agric. Food Chem.*, 23: 611–613.
- Hellendoorn, E.W., Noordhoff, M.G. y Slagman, J. 1975. Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of human food. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1461–1468.
- Henneberg, W. y Stohmann, F. 1859. Über das Erhaltungsfutter volljährigen Rindviehs. *J. Landwirtsch.*, 3: 485–551
- Henneberg, W. y Stohmann, F. 1860, 1864. *Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer I & II*. Braunschweig.
- Henry, C.J.K. y Chapman, C., eds. 2002. *The nutritional handbook for food processors*. Cambridge, UK, Woodhead Publishing.
- Hepburn, F.N. 1982. The USDA National Nutrient Databank. *Am. J. Clin.*, 35: 1297–1301.
- Herbeth, B., Musse, N., Cubeau, J., Fabien-Soule, V., Faivre, J., Fantin, M., Giachetti, L., Herberg, S., Lemoine, A., Mejean, L., Pequignot, G., Romon-Rousseaux, M., Schlienger, J.L., Tichet, J. y Walker, P. 1991. Base de données sur la composition des aliments. Etude comparative de 11 systèmes informatisés. *Bull. FFN*, 41: 24–34.



- Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. y Venema, D.P. 1992. Optimization of quantitative HPLC determination of potential anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 40: 1591–1598.
- Hertzler, A.A. y Hoover, L.W. 1977. Development of food tables and use with computers. *J. Am. Diet. Assoc.*, 70: 20–31.
- Hester, R.E. y Quine, D.E.C. 1976. Quantitative analysis of food products by pulsed NMR. *J. Food Technol.*, 11: 331–339.
- Hipsley, E.H. 1953. Dietary “fibre” and pregnancy toxæmia. *Br. Med. J.*, ii: 420–422.
- Hitchcock, C. y Hammond, E.W. 1980. The determination of lipids in foods. En R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 2, pp. 185–224. Londres, Applied Science Publishers.
- Hofsass, H., Grant, A., Alcino, N.J. y Greenbaum, S.B. 1976. High-pressure liquid chromatographic determination of vitamin D<sub>3</sub> in resins, oils, dry concentrates, and dry concentrates containing vitamin A. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 59: 251–260.
- Holden, J.M. y Davis, C.S. 1990. Use of cholesterol reference materials in a nation wide study of the cholesterol content of eggs. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 338: 476–478.
- Holden, J.M., Bhagwat, S.A. y Patterson, K.Y. 2002. Development of a multinutrient data quality evaluation system. *J. Food Compos. Anal.*, 15(4): 339–348.
- Holland, B., Brown, J. y Buss, D.H. 1993. Fish and fish products. Tercer suplemento a la quinta edición de McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Unwin, I.D. y Buss, D.H. 1988. *Cereals and cereal products*. Tercer suplemento a McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Unwin, I.D. y Buss, D.H. 1989. *Milk products and eggs*. Cuarto suplemento a McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Unwin, I.D. y Buss, D.H. 1991. *Vegetables, herbs and spices*. Quinto suplemento a McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Unwin, I.D. y Buss, D.H. 1992. *Fruit and nuts*. Primer suplemento a la quinta edición de McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Welch, A.A. y Buss, D.H. 1992. *Vegetable dishes*. Segundo suplemento a la quinta edición de McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Holland, B., Welch, A.A., Unwin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. 1991. McCance and Widdowson's *The composition of foods*. 5ª edición. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Hollman, P.C.H. y Katan, M.B. 1988. Bias and error in the determination of common macronutrients in foods: interlaboratory trial. *J. Am. Diet. Assoc.*, 88: 556–563.

- Hollman, P.C.H. y Wagstaffe, P.J. 1990. BCR reference materials for major nutritional properties – intercomparison of methods. En W. Becker y S. Danfors, eds. *Proceedings of the 4th EUROFOODS Meeting*, pp. 154–155. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Hollman, P.C.H., Slangen, J.H., Wagstaffe, P.J., Faure, U., Southgate, D.A.T. y Finglas, P.M. 1993. Intercomparison of methods for the determination of vitamins in foods. Part 2. Water-soluble vitamins. *Analyst*, 118, 481–488.
- Hood, R.L. 1975. A radiochemical assay for biotin in biological materials. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1847-1852.
- Hoover, L.W. 1983a. Computerized nutrient data bases. I. Comparison of nutrient analysis systems. *J. Am. Diet. Assoc.*, 82: 501–505.
- Hoover, L.W. 1983b. Computers in nutrition, dietetics and food service management: a bibliography. 2ª edición. Columbia, MO, USA, University of Missouri.
- Hoover, L.W. y Perloff, B.P. 1983. Computerized nutrient data bases. II. Development of model for appraisal of nutrient data base capabilities. *J. Am. Diet. Assoc.*, 82: 506–508.
- Hoover, L.W. y Perloff, B.P. 1984. *Model for review of nutrient data base capabilities*. 2ª edición. Columbia, MO, USA, University of Missouri-Columbia Printing Services.
- Hoover, W.L., Melton, J.R. y Howard, P.A. 1971. Determination of iodide in feeds and plants by ion-selective electrode analysis. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 54: 760–763.
- Hornig, D. 1972. Glass-fibre paper chromatography of ascorbic acid and related compounds. *J. Chromatogr.*, 71: 169–170.
- Horn-Ross, P.L., Lee, M., John, E.M. y Koo, J. 2000. Source of phytoestrogens exposure among non-Asian women in California. *Cancer Causes and Control*, 11: 299–302.
- Horn-Ross, P.L., Barnes, S., Kirk, M., Coward, L., Parsonnet, J. y Hiatt, R.A. 1997. Urinary phytoestrogen levels in young women from a multiethnic population. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 6: 339–345.
- Horwitz, W. 1976. The inevitability of variability. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 59: 238–242.
- Horwitz, W. 1990. Nomenclature for sampling in analytical chemistry (Recommendations 1990). *Pure Appl. Chem.*, 62: 1193–1208.
- Horwitz, W. Kamps, L.R. y Boyer, K.W. 1980. Quality assurance in the analysis of foods and trace constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 63(6): 1344–1354.
- Horwitz, W., Cohen, S., Hankin, L., Krett, J., Perrin, C.H. y Thornburg, W. 1978. Analytical food chemistry. En S.L. Inhorn, ed. *Quality assurance practices for health laboratories*, pp. 545–646. Washington, DC, American Public Health Association.
- House, S.D. 1997. Determination of total, saturated and monounsaturated fats in foodstuffs by hydrolytic extraction and gas chromatographic quantitation: collaborative study. *J. AOAC International*, 80(3): 555–563.

- Huang, A.S., Tanudjaja, L. y Lum, D. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. *J. Food Compos. Anal.*, 12(2): 147–151.
- Huang, J., Marshall, R.T., Anderson, M.E. y Charoen, C. 1976. Automated modified Lowry method for protein analysis of milks. *J. Food Sci.*, 41: 1219–1221
- Hubbard, W.D., Sheppard, A.J., Newkirk, D.R. y Osgood, T. 1977. Comparison of various methods for the extraction of total lipids, fatty acids, cholesterol and other sterols from food products. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 54: 81–83.
- Hudson, G.J. y Bailey, B.S. 1980. Mutual interference effects in the colorimetric methods used to determine the sugar composition of dietary fibre. *Food Chem.*, 5: 201–206.
- Hudson, G.J., John, P.M.V. y Paul, A.A. 1980. Variation in the composition of Gambian foods: the importance of water in relation to energy and protein content. *Ecol. Food Nutr.*, 10: 9–17.
- Hudson, G.J., John, P.J., Bailey, B.S y Southgate, D.A.T. 1976. The automated determination of carbohydrates. The development of a method for available carbohydrates and its application to foodstuffs. *J. Sci. Food Agric.*, 27: 681–687.
- Hulshof, K.F.A.M., Beemster, C.J.M., Westenbrink, S. y Lowik, M.R.H. 1996. Reduction of fat intake in the Netherlands: the influence of food composition data. *Food Chem.*, 57: 67–70.
- Hunt, D.C., Jackson, P.A., Mortlock, R.E. y Kirk, R.S. 1977. Quantitative determination of sugars in foodstuffs by high-performance liquid chromatography. *Analyst*, 102: 917–920.
- Hunt, W.H., Falk, D.W., Eldon, B. y Norris, K.H. 1977. Collaborative study on infrared reflectance devices for the determination for the determination of protein and oil in soya beans. *Cereal Foods World*, 22: 534–536.
- Hutabarat, L.S., Greenfield, H. y Mulholland, M. 2000. Quantitative determination of isoflavones and coumestrol in soybean by column liquid chromatography. *J. Chromatogr. A.*, 886: 55–63.
- Hutchison, G.I., Nga, H.H., Kuo, Y.L. y Greenfield, H. 1987. Composition of Australian foods. 36. Beef, lamb and veal offal. *Food Technol. Aust.*, 39: 223–237.
- ICUMSA. 2004. Comisión Internacional de Métodos Uniformes para el Análisis del Azúcar (página principal disponible en inglés en <http://www.icumsa.org/>).
- Ihnat, M. 1982. Application of atomic absorption spectrometry to the analysis of foodstuffs. En J.E. Cattle, ed. *Atomic absorption spectrometry*, pp. 139–220. Ámsterdam, Elsevier Scientific Publishing.
- Ihnat, M. 1984. Atomic absorption and plasma atomic emission spectrometry. En K.K. Stewart y J.R. Whitaker, eds. *Modern methods of food analysis*, pp. 129–66. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- ILSI. 2003. ILSI crop composition database. Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (disponible en inglés en <http://www.cropcomposition.org/>).

- Inam, R. y Somer, G. 2000. A direct method for the determination of selenium and lead in cow's milk by differential pulse stripping voltammetry. *Food Chem.*, 69: 345–350.
- Indyk, H.E. y Wollard, D.C. 1997. Vitamin K in milk and infant formulas. Determination of phylloquinone and menaquinone-4. *Analyst*, 122: 465–469.
- INFOODS. 2003. Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (disponible en [http://www.fao.org/infoods/index\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/index_es.stm)).
- Centros regionales de datos INFOODS (disponible en [http://www.fao.org/infoods/data\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/data_es.stm)).
- Normas (disponible en [http://www.fao.org/infoods/projects\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/projects_es.stm)).
- Normas: Sistemas de nomenclatura, terminología y clasificación de los alimentos (disponible en [http://www.fao.org/infoods/nomenclature\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/nomenclature_es.stm)).
- Normas: Intercambio de datos sobre la composición de alimentos (disponible en [http://www.fao.org/infoods/interchange\\_es.stm](http://www.fao.org/infoods/interchange_es.stm)).
- Inhorn, S.L., ed. 1978. *Quality assurance practices for health laboratories*. Washington, DC, American Public Health Association.
- IPE. 2003. *The Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories*. Intercambio internacional de análisis de plantas (disponible en inglés en <http://www.wepal.nl/wepal/ipe.htm>).
- Ireland, J.D. y Møller, A. 2000. Review of international food classification and description. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 529–538.
- IRMM. 2003. Institute for Reference Materials and Measurements (página principal disponible en inglés en <http://www.irmm.jrc.be/>).
- Irreverre, F. y Sullivan, M.X. 1941. A colorimetric test for vitamin K<sub>1</sub>. *Science*, 94: 497–498.
- Isaac, R.A. y Johnson, W.C. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue, using a block digester. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 59: 98–100.
- Isaksson, B. 1980. Urinary nitrogen output as a validity test in dietary surveys. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33: 4–5.
- Isherwood, S.A. y King, R.T. 1976. Determination of calcium, potassium, chlorine, sulphur and phosphorus in meat and meat products by X-ray fluorescence spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.*, 27: 831–837.
- ISO. 2003. Organización Internacional de Normalización (página principal disponible en inglés en <http://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.frontpage> y en francés en <http://www.iso.ch/iso/fr/ISOOnline.frontpage>).
- ISO 5725-1: 1994. *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions*.
- ISO 7870: 1993. *Control charts. General guide and introduction*.
- ISO 8466-1: 1990. *Water quality. Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics. Part 1. Statistical evaluation of linear calibration function*.
- ISO 9000. *Compendium. International standards for quality management*.

- ISO 9000: 1987. *Quality management and quality assurance standards. Guidelines for selection and use.*
- ISO 9000: 2005. *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary.*
- ISO 9000-3: 1997. *Quality management and quality assurance standards. Part 3. Guidelines for the application of ISO 9001:1994 to the development, supply, installation and maintenance of computer software.*
- ISO 9000-4: 1993. *Quality management and quality assurance standards. Part 4. Guide to dependability programme management.*
- ISO 9004. *Quality management and quality system elements.*
- ISO 9004: 2000. *Quality management systems – Guidelines for performance improvements*
- ISO Guide 49. *Guidelines for the development of a quality manual for testing laboratories.*
- ISO-IEC Guide 51. *Guidelines for the inclusion of safety aspects in standards.*
- IUNS. 1978. Generic descriptors and trivial names for vitamins and related compounds. Recommendations Committee 1/1. *Nutr. Absr. Rev.*, 48A: 831–835. Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición.
- IUNS. 2003. International Union of Nutritional Sciences Task Forces. Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición (disponible en inglés en <http://www.iuns.org/taskforces.htm>).
- Iyengar, G.V., Tanner, J.J., Wolf, W.R. y Zeisler, R. 1987. Preparation of a mixed diet reference material for the determination of nutrient elements, selected toxic elements, and organic nutrients. A preliminary report. *Sci. Total Env.*, 62: 235–252.
- Jacobs, D.R., Elmer, P.J., Gordon, D., Hall, Y. y Moss, D. 1985. Comparison of nutrient calculation systems. *Am. J. Epidemiol.*, 121: 580–592.
- Jakob, E. y Elmadfa, I. 1996. Application of a simplified HPLC assay for determination of phyloquinone vitamin K<sub>1</sub> in animal and plant food items. *Food Chem.*, 56: 87–91.
- James, W.P.T., Bingham, S.A. y Cole, T.J. 1981. Epidemiological assessment of dietary intake. *Nutr. Cancer*, 2: 203–212.
- Jay, J.M. 1984. Microbiological assays. En K.K. Stewart y J.R. Whitaker, eds. *Modern methods of food analysis*, pp. 227–263. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- Jekel, A.A., Vaessen, H.A.M.G. y Schothorst, R.C. 1998. Capillary gas chromatographic method for determining non-derivatised sterols – some results of analysing duplicate 24-h-diet samples collected in 1994. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 360: 595–600.
- Jelliffe, D.B. y Jelliffe, E.F.P. 1989. *Community nutritional assessment*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Jones, D.B. 1931; actualizado en 1941. *Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins*. Circular USDA n.º 183, Washington, DC.
- Jones, D.B., Munsey, V.E. y Walker, L.E. 1942. Report of Committee on Protein Factors. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 25: 118–120.

- Jonker, D., Van der Hoek, G.D., Glatz, J.F.C., Homan, C., Posthumus, M.A. y Katan, M.B. 1985. Combined determination of free, esterified and glycosylated plant sterols in foods. *Nutr. Rep. Int.*, 32: 943-951.
- Joslyn, M. 1970. *Methods in food analysis*. 2ª edición. Nueva York, USA, Academic Press.
- Journal of Food Composition and Analysis*. 2000. Special Issue: 3rd International Food Data Conference 13, 4. Londres, Academic Press,.
- Journal of Food Composition and Analysis*. 2001. Special Issue: 24th National Nutrient Databank Conference 14, 3. Londres, Academic Press.
- Journal of Food Composition and Analysis*. 2002. Special Issue: 4th International Food Data Conference 15, 4. Londres, Academic Press.
- Journal of Food Composition and Analysis*. 2003a. Guide for authors (disponible en inglés en <http://www.elsevier.com/locate/issn/08891575>).
- Journal of Food Composition and Analysis*. 2003b. Special Issue: 26th National Nutrient Databank Conference 16, 3. Londres, Elsevier.
- Journal of the American Dietetic Association*. 2003 (disponible en inglés en <http://www.adajournal.org>).
- Kamman, J.F., Labuza, T.P. y Warthesen, J.J. 1980. Thiamin and riboflavin analysis by high performance liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 45: 1497-1499, 1504.
- Kane, P.F. 1987. Comparison of HgO and CuSO<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> as catalysts in manual Kjeldahl digestion for determination of crude protein in animal feed: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70: 907-911.
- Karkeck, J. 1976. *Proceedings of the (First) National Nutrient Databank Conference*. Seattle, WA, USA.
- Karlstrom, B., Asp, N.-G., Torelm, I. y Vessby, B. 1988. Comparison between calculations and chemical analyses of nutrients in three different seven-day menus with special reference to dietary fibre. En B. Karlstrom. *Dietary treatment of type 2 diabetes mellitus*. Uppsala University (tesis).
- Keating, R.W. y Haddad, P.R. 1982. Simultaneous determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by reversed-phase ion-pair high-performance liquid chromatography with pre-column derivatisation. *J. Chromatogr.*, 245: 249-255.
- Keely, P.B., Martinsen, C.S., Hunn, E.S. y Norton, H.H. 1982. Composition of native American fruits in the Pacific Northwest. *J. Am. Diet. Assoc.*, 81: 568-572.
- Kennedy, G. y Burlingame, B. 2003. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chem.*, 80: 589-596.
- Kennedy, G., Burlingame, B. y Nguyen, N. 2003. Nutritional contribution of rice and impact of biotechnology and biodiversity in rice-consuming countries. *Proceedings of the 20th Session of the International Rice Committee*, Bangkok, Tailandia, pp. 59-69. Roma, FAO.
- Khachik, F., Beecher, G.R., Goli, M.B. y Lusby, W.R. 1992. Separation and quantification of carotenoids in foods. En L. Packer, ed. *Methods of enzymology, carotenoids*, pp. 347-359. Nueva York, USA, Academic Press.

- Khayat, A. 1974. Rapid moisture determination in meat by gas chromatography. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 7: 25–28.
- Khayat, A., Redenz, P.K. y Gorman, L.A. 1982. Quantitative determination of amino acids in foods by high-pressure liquid chromatography. *Food Technol.*, 36: 46–50.
- King, R.A. y Bignell, C.M. 2000. Concentrations of phytoestrogens and their glycosides in Australian soya beans and soya foods. *Aust. J. Nutr. Diet.*, 57: 70–78.
- King, R.D., ed. 1978. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 1. Londres. Applied Science Publishers.
- King, R.D., ed. 1980. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 2. Londres. Applied Science Publishers.
- King, R.D., ed. 1984. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 3. Londres. Applied Science Publishers.
- King-Brink, M. y Sebranek, J.G. 1993. Combustion method for determination of crude protein in meat and meat products: collaborative study. *J. AOAC International*, 76(4): 787–793.
- Kinsella, J.E., Posati, L., Weihrauch, J. y Anderson, B. 1975. Lipids in foods: problems and procedures in collating data. *CRC Crit. Rev. Food Technol.*, 5: 299–324.
- Kirchhoff, E. 2002. Online-publication of the German food composition table “Souci-Fachmann-Kraut” on the Internet. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 465–472.
- Kirk, J.R. y Ting, N. 1975. Fluorometric assay for total vitamin C using continuous flow analysis. *J. Food Sci.*, 40: 463–466.
- Kjeldahl, J. 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Z. Anal. Chem.*, 22: 366.
- Kjellevalde-Malde, M., Bjorvatn, K. y Julshamn, K. 2001. Determination of fluoride in foods by the use of alkali fusion and fluoride ion-selective electrode. *Food Chem.*, 73: 373–379.
- Klapper, D.C. 1982. New low-cost fully automated amino acid analyses using gradient HPLC. En M. Elzinga, ed. *Methods in protein sequence analysis*. Vol. 25, pp. 509–515. Clifton, NJ, USA, Humana Press.
- Klensin, J.C. 1987. Systems considerations in the design of INFOODS. En W.M. Rand, C.T. Windham, B.W. Wyse y V.R. Young, eds. *Food composition data: a user's perspective*, pp. 212–223. Tokyo, United Nations University Press.
- Klensin, J.C. 1992. *INFOODS: food composition data interchange handbook*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80774e/80774E00.htm>).
- Klensin, J.C., Feskanich, D., Lin, V., Truswell, A.S. y Southgate, D.A.T. 1989. *Identification of food components for INFOODS data interchange*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80734e/80734E00.htm>).

- Klump, S.P., Allred, M.C., MacDonald, J.L. y Ballam, J.M. 2001. Determination of isoflavones in soy and selected foods containing soy by extraction, saponification, and liquid chromatography: collaborative study. *J. AOAC International*, 84: 1865–1883.
- Kodicek, E. y Lawson, D.E.M. 1967. Vitamin D. In W.H. Sebrell y R.S. Harris, eds. *The vitamins*. 2ª edición, Vol. 3, pp. 211–244. Nueva York, USA, Academic Press.
- Koivistoinen, P.E., Asp, N.-G., Englyst, H.N., Hudson, G.J., Hyvonen, L., Kallo, H. y Salo-Väänänen, P.P. 1996. Memorandum on terms, definitions and analytical procedures of protein, fat and carbohydrate in foods for basic composition data, issues and recommendations. *Food Chem.*, 57: 33–35.
- Koivu, T., Piironen, V., Lampi, A.-M. y Mattila, P. 1999. Dihydrovitamin K<sub>1</sub> in oils and margarines. *Food Chem.*, 64: 411–414.
- Kolthoff, I.M. y Elving, P.J. 1978. *Treatise on analytical chemistry*. Part I. Theory and practice. 2ª edición. Nueva York, USA, John Wiley.
- König, J. 1878. *Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel*. Berlín, Springer.
- Koshy, K.T. 1982. Vitamin D: an update. *J. Pharm. Sci.*, 71: 137–153.
- Kovacs, M.I.P., Anderson, W.E. y Ackman, R.G. 1979. A simple method for the determination of cholesterol and some plant sterols in fishery-based products. *J. Food Sci.*, 44: 1299–1305.
- Kramer, A. y Twigg, B.A. 1970. *Fundamentals of quality control for the food industry*. 3ª edición, Vol. 1. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- Krane, W. 1989. *Fish: five-language dictionary of fish, crustaceans, and molluscs*. Huntington Station, Nueva York, Osprey Books.
- Kuhnlein, H.V., Calloway, D.H. y Harland, B.F. 1979. Composition of traditional Hopi foods. *J. Am. Diet. Assoc.*, 75: 37–41.
- Kuhnlein, H.V., Chan, H.M., Legge, D. y Barthel, V. 2002. Macronutrient, mineral and fatty acid composition of Canadian Arctic traditional food. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 545–566.
- Kumar, S., Aalbersberg, W., English, R.M. y Ravi, P. 2001. *Pacific Island foods*. Vol. 2. *Nutrient composition of some Pacific Island foods and the effect of earth-oven cooking*. IAS Technical Report 2001/1. Institute of Applied Sciences and The Department of Chemistry, University of the South Pacific.
- Lahély, S., Bergaentzlé, M. y Hasselmann, C. 1999. Fluorimetric determination of niacin in foods by high-performance chromatography with post-column derivatization. *Food Chem.*, 65(1): 129–133.
- Lahély, S., Ndaw, S., Arella, F. y Hasselmann, C. 1999. Determination of biotin in foods by high-performance liquid chromatography with post-column derivatization and fluorimetric detection. *Food Chem.*, 65(2): 253–258.
- Lakin, A.L. 1978. Determination of nitrogen and estimation of protein in foods. En R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 1, pp. 43–74. Londres, Applied Science Publishers.



- Landry, J. y Delhave, S. 1993. The tryptophan contents of wheat, maize and barley grains as a function of nitrogen content. *Cereal Chem.*, 18: 259–266.
- Langsford, W.A. 1979. A food and nutrition policy. *Food Nutr. Notes Rev.*, 36: 100–103.
- LATINFOODS. 2000. *Tabla de composición de alimentos de América Latina* (disponible en <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/default.htm>).
- LATINFOODS. 2003. *Tabla de composición de alimentos de América Latina* (disponible en <http://www.inta.cl/latinfoods/default.htm>).
- Lee, C.Y., Shallenberger, R.S. y Vittum, M.T. 1970. Free sugars in fruits and vegetables. *NY Food Life Sci. Bull. Food Sci. Tech.*, 1: 1–12.
- Lee, J.W.S. y Latham, S.D. 1976. Rapid moisture determination by a commercial-type microwave oven technique. *J. Food Sci.*, 41: 1487.
- Lee, R.D., Nieman, D.C. y Rainwater, M. 1995. Comparison of eight microcomputer dietary analysis programs with the USDA Nutrient Data Base for Standard Reference. *J. Am. Diet. Assoc.*, 95: 858–867.
- Leung, J., Fenton, T.W., Mueller, M.M. y Clandinin, D.R. 1979. Condensed tannins of rapeseed meal. *J. Food Sci.*, 44: 1313–1316.
- Li, B.W., Schumann, P.J. y Wolf, W.R. 1985. Chromatographic determinations of sugars and starch in a diet composite reference material. *J. Agric. Food Chem.*, 33: 531–536.
- Lichon, M.J. y James, K.W. 1990. Homogenization methods for analysis of foodstuffs. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73: 820–825.
- Liggins, J., Grimwood, R. y Bingham, S.A. 2000. Extraction and quantification of lignan phytoestrogens in food and human samples. *Anal. Biochem.*, 287: 102–109.
- Lindner, K. y Dworschak, E. 1966. Für Serienuntersuchungen geeignete flammen-photometrische Methode zur Bestimmung von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium in Lebensmitteln. *Z. Lebensmitt. Unters. Forsch.*, 131: 207–215.
- Linussen, E.E.I., Sanjur, D. y Erikson, E.C. 1974. Validating the 24 hr recall method as a dietary survey tool. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 24: 227–294.
- Litchfield, C. 1972. *Analysis of triglycerides*. Londres, Academic Press.
- Livesey, G. 1984. The energy equivalents of ATP and the energy value of food proteins and fats. *Br. J. Nutr.*, 51: 15–28.
- Livesey, G. 1991. The energy value of carbohydrate and “fibre” for man. *Proc. Nutr. Soc. Aust.*, 16: 79–87.
- Livesey, G. 2001. A perspective on foods energy standards for nutritional labelling. *Br. J. Nutr.*, 85: 271–287.
- Louekari, K. 1990. Estimation of heavy metal intakes based on household survey. *Näringforskning*, 34: 107–112.
- Lowry, G.H., Rosenbraugh, R.J., Farr, A.L. y Randall, R.J. 1951. Protein measurements with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 263–275.
- Lupien, J.R. 1994. The FAO food composition initiative. *Food, Nutrition and Agriculture*, 12: 2–5.

- Macdiarmid, J. y Blundell, J. 1998. Assessing dietary intake: who, what and why of under-reporting. *Nutrition Research Reviews*, 11: 231–253.
- Machlin, L.J., ed. 1984. *Handbook of vitamins*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Macrae, R., ed. 1982. *HPLC in food analysis*. Londres, Academic Press.
- Madden, J.P., Goodman, S.J. y Guthrie, H.A. 1976. Validity of the 24-hr recall. *J. Am. Diet. Assoc.*, 68: 143–147.
- MAFF. 1997. *Determination of 25-OH vitamin D in selected foodstuffs*. Food Surveillance Information Sheet No. 101. Londres, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- MAFF. 1998. *Fatty acids*. Séptimo suplemento a la quinta edición de McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Makinson, J.H., Greenfield, H., Wong, M.L. y Wills, R.B.H. 1987. Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods. *J. Food Compos. Anal.*, 1: 93–101.
- Makower, B. y Nielsen, E. 1948. Use of lyophilization in determination of moisture content of dehydrated vegetables. *Anal. Chem.*, 20: 856–859.
- Mandel, J. y Nanni, L.F. 1978. Measurement evaluation. En S.L. Inhorn, ed. *Quality assurance practices for health laboratories*, pp. 209–272. Washington, DC, American Public Health Association.
- Manes, J.D., Fluckiger, H.B. y Schneider, D.L. 1972. Chromatographic analysis of vitamin K<sub>1</sub>: application to infant formula products. *J. Agric. Food Chem.*, 20: 1130–1132.
- Mangels, A.R., Holden, J.M., Beecher, G.R., Forman, M.R. y Lanza, E. 1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. *Amer. J. Diet. Assoc.*, 93: 284–296.
- Mann, N.J., Sinclair, A.J., Percival, P., Lewis, J.L., Meyer, B.J. y Howe, P.R.C. 2003. Development of a database of fatty acids in Australian foods. *Nutr. Diet.*, 60: 42–45.
- Margetts, B.M. y Nelson, M., eds. 1997. *Design concepts in nutritional epidemiology*. 2ª edición. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Margolis, S.A., ed. 1982. *Reference materials for organic nutrient measurement*. Washington, DC, National Bureau of Standards.
- Marr, J.W. 1971. Individual dietary surveys: purposes and methods. *World Rev. Nutr. Diet.*, 13: 105–264.
- Marshall P.A. y Trenerry V.C. 1996. The determination of nitrite and nitrate in foods by capillary ion electrophoresis. *Food Chem.*, 57(2): 339–345.
- Masson, L. 2000. LATINFOODS: food composition activities in Latin American countries, 1997–1999. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 685–688.
- Matschiner, J.T. y Taggart, W.V. 1967. Separation of vitamin K and associated lipids by reversed-phase partition column chromatography. *Anal. Biochem.*, 18: 88–93.
- Mattila, P., Piironen, V., Uusi-Rauva, E. y Koivistoinen, P. 1993. Determination of 25-hydroxycholecalciferol in egg yolk by HPLC. *J. Food Compos. Anal.*, 5: 281–290.

- Mattila, P., Piironen, V.I., Uusi-Rauva, E.J. y Koivistoinen, P.E. 1994. Vitamin D contents in edible mushrooms. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 2449–2453.
- Mattila, P.H., Piironen, V.I., Uusi-Rauva, E.J. y Koivistoinen, P.E. 1995. Contents of cholecalciferol, ergocalciferol, and their 25-hydroxylated metabolites in milk products and raw meat and liver as determined by HPLC. *J. Agric. Food Chem.*, 43: 2394–2399.
- Maxon, E.D. y Rooney, L.W. 1972. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. *Cereal Chem.*, 49: 719–728.
- Mazur, L.P., Fotsis, T., Wahala, K., Ojala, S., Salakka, A. y Adlercreutz, H. 1996. Isotope dilution gas chromatographic-mass spectrometric method for determination of isoflavonoids, coumestrol and lignans in food samples. *Anal. Biochem.*, 233: 169–180.
- McCance, R.A. y Lawrence, R.D. 1929. *The carbohydrate content of foods*. Med. Res. Coun. Spec. Rep. Ser. No. 135. Londres, His Majesty's Stationery Office.
- McCance, R.A. y Shipp, H.L. 1933. *The chemistry of flesh foods and their losses on cooking*. Med. Res. Coun. Spec. Rep. Ser. No. 187. Londres, His Majesty's Stationery Office.
- McCance, R.A. y Widdowson, E.M. 1940 *The chemical composition of foods*. Med. Res. Coun. Spec. Rep. Ser. No. 235. Londres, His Majesty's Stationery Office.
- McCance, R.A. y Widdowson, E.M. 1946. *The chemical composition of foods*. 2ª edición. Med. Res. Coun. Spec. Rep. Ser. No.235. Londres, His Majesty's Stationery Office.
- McCance, R.A. y Widdowson, E.M. 1960. *The composition of foods*. 3ª edición. Spec. Rep. Ser. No. 297. Londres, Her Majesty's Stationery Office.
- McCance, R.A., Widdowson, E.M. y Shackleton, L.R.B. 1936. *The nutritive value of fruits, vegetables and nuts*. Med. Res. Coun. Spec. Rep. Ser. No. 213. Londres, His Majesty's Stationery Office.
- McCann, A., Pennington, J.A.T., Smith, E.C., Holden, J.M., Soergal, D. y Wiley, R.C. 1988. FDA's factored food vocabulary for food product description. *J. Am. Diet. Assoc.*, 88: 336–341.
- McCleary, B.V. y Prosky, L., eds. 2001. *Advanced dietary fibre technology*. Oxford, UK, Blackwell Science.
- McCollum, E.V. 1957. *A history of nutrition*. Boston, MA, USA, Houghton Mifflin Co.
- McCrae, J.E. y Paul, A.A. 1979. *Foods of rural Gambia*. Cambridge, UK y Keneba, Gambia, MRC Dunn Nutrition Unit.
- McCrae, J.E. y Paul, A.A. 1996. *Foods of rural Gambia*. 2ª edición. Cambridge, UK y Keneba, Gambia, MRC Dunn Nutrition Unit.
- McCullough, M.L., Karanja, N.M., Lin, P.H., Obarzanek, E., Phillips, K.M., Laws, R.L., Vollmer, W.M., O'Connor, E.A., Champagne, C.M. y Windhauser, M.M. 1999. Comparison of 4 nutrient databases with chemical composition data from the Dietary Approaches to Stop Hypertension trial. DASH Collaborative Research Group. *J. Am. Diet. Assoc.*, 99 (Suppl. 8): S45–53.

- McDowell, M. 1993. Brand information collection in NHANES III: What are the issues to consider? *18th National Nutrient Databank Conference Proceedings*, pp. 83–85.
- McGovern, G. 1977. *US Senate Select Committee on Nutrition and Human Needs. Dietary Goals for the United States*. Washington, DC, United States Government Printing Office.
- McKinstry, P.J., Indyl, H.E. y Kim, N.D. 1999. The determination of major and minor elements in milk and infant formula by slurry nebulisation and inductively coupled plasma-optical emission spectrometry ICP-OES. *Food Chem.*, 65(2): 245–252.
- McKnight, G.S. 1977. A colorimetric method for the determination of submicrogram quantities of protein. *Anal. Biochem.*, 78: 86–92.
- McMurray, C.H., Blanchflower, W.J. y Rice, D.A. 1980. Influences of extraction techniques on determination of  $\alpha$ -tocopherol in animal feedstuffs. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 63: 1258–1261.
- Meagher, L.P., Beecher, G.R., Flanagan, V.P. y Li, B.T. 1999. Isolation and characterisation of lignans, isolariciresinol, and pinoresinol, in flaxseed meal. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3173–3180.
- Mergregian, S. 1954. Rapid spectrophotometric determination of fluoride with zirconium-eriochrome cyanine R Lake. *Anal. Chem.*, 26: 1161–1166.
- Merken, H.M. y Beecher, G.R. 2000. Liquid chromatographic method for the separation and quantification of prominent flavonoid aglycones. *J. Chromatogr.*, A897: 177–184.
- Merrill, A.L. y Watt, B.K. 1955. *Energy value of foods, basis and derivation*. Agric. Handbook. No. 74. Washington, DC, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).
- Miles, C., Hardison, N., Weihrauch, J.L., Prather, E., Berlin, E. y Bodwell, C.E. 1984. Heats of combustion of chemically different lipids. *J. Am. Diet. Assoc.*, 84: 659–664.
- Miles, C.W., Hardison, N., Weihrauch, J.L., Bodwell, C.E. y Prather, E.S. 1982. Heats of combustion of fats from foods containing chemically different lipids. Abst. No. 769. *Fed. Proc. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, 41: 401.
- Miller, D.S. y Judd, P.A. 1984. The metabolisable energy value of foods. *J. Sci. Food Agric.*, 35: 111–116.
- Miller, D.S. y Payne, P.R. 1959. A ballistic bomb calorimeter. *Br. J. Nutr.*, 13: 501–508.
- Ministerio de Sanidad (Nueva Zelandia). 1996. New Zealand. National Plan of Action for Nutrition (disponible en inglés en <http://www.moh.govt.nz/moh.nsf/49ba80c00757b8804c256673001d47d0/4fec8d0ae16a818f4c256671001eb88b?OpenDocument>).
- Mitsubishi, T. y Kaneda, Y. 1990. Gas chromatographic determination of total iodine in foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73: 790–792.
- Møller, A. e Ireland, J. 2000a. *LanguaL 2000. Documentation of changes from version 0*. Cost report EUR 19541. Luxemburgo, Comisión de las Comunidades Europeas.

- Møller, A. e Ireland, J. 2000b. *LanguaL 2000 – The LanguaL thesaurus*. Report by the COST Action 99 – EUROFOODS Working Group on Food Description, Terminology and Nomenclature, Report No. EUR 19540. Luxemburgo, Comisión de las Comunidades Europeas.
- Monro, J.A. y Burlingame, B.A. 1996. Carbohydrates and related food components: INFOODS tagnames, meanings and uses. *J. Food Compos. Anal.*, 9: 100–118.
- Moore, S. y Stein, W.H. 1948. Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. *J. Biol. Chem.*, 176: 367–388.
- Morgan, K.J. 1980. *Proceedings of the Fifth National Nutrient Databank Conference*. East Lansing, MI, USA.
- Morrison, I.M. 1972a. A semi-micro method for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops. *J. Sci. Food Agric.*, 23: 455–463.
- Morrison, I.M. 1972b. Improvements in the acetyl-bromide technique to determine lignin and digestibility and its application to legumes. *J. Sci. Food Agric.*, 23: 1463–1469.
- Munro, H.N. y Fleck, A. 1966. Recent developments in the measurement of nucleic acids in biological materials. *Analyst*, 91(79): 78–88.
- Murphy, E.W., Watt, B.K. y Rizek, R.L. 1974. US Department of Agriculture Nutrient Data Bank. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 57: 1198–1204.
- Murphy, J. y Cashman, K. 2001. Selenium content of a range of Irish foods. *Food Chem.*, 74: 493–498.
- Murphy, P.A., Song, T., Buseman, G. y Barua, K. 1997. Isoflavones in soy-based infant formulas. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 4635–4638.
- Murphy, S.P. 2002. Dietary reference intakes for the U.S. and Canada: update on implications for nutrient databases. *J. Food Compos. Anal.*, 15(4): 411–417.
- Ndaw, S., Bergaentzle, M., Aoude-Werner, D. y Hasselmann, C. 2000. Extraction procedures for the liquid chromatographic determination of thiamin, riboflavin and vitamin B<sub>6</sub> in foodstuffs. *Food Chem.*, 71: 129–138.
- Nelson, M. 2000. Methods and validity of dietary assessment. En J.S. Garrow, W.P.T. James y A. Ralph, eds. *Human nutrition and dietetics*. 10<sup>a</sup> edición, pp. 311–331. Edimburgo, UK, Churchill Livingstone.
- Ngeh-Ngwainbi, J., Lin, J. y Chandler, A. 1997. Determination of total, saturated, unsaturated, and monounsaturated fats in cereal products by acid hydrolysis and capillary gas chromatography. *J. AOAC International*, 80: 359–372.
- Nield, C.H., Russell, W.C. y Zimmerli, A. 1940. The spectrophotometric determination of vitamins D<sub>2</sub> and D<sub>3</sub>. *J. Biol. Chem.*, 136: 73–79.
- Nielsen, S.S. 1998. *Food analysis*. 2<sup>a</sup> edición. Gaithersburg, MD, USA, Aspen Publishers.
- NIST. 2003a. *Standard reference materials* (disponible en <http://ts.nist.gov/ts/htdocs/230/232/232.htm>).
- NIST. 2003b. *NIST reference on constants, units, and uncertainty* (disponible en <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>).

- Noll, J.S., Simmonds, D.H. y Bushuk, W.C. 1974. A modified biuret reagent for the determination of protein. *Cereal Chem.*, 52: 610–616.
- Nutrition and Dietetics*. 2003. Guidelines for authors submitting manuscripts (disponible en <http://www.ajnd.org.au/Guidelines.html>).
- Nutrition Society of Malaysia*. 2003. Malaysian foods composition database (disponible en <http://www.nutriweb.org.my/searchfood.php>).
- OCDE. 1992. *The OECD principles of good laboratory practice*. Environment Monograph 45. París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- OCDE. 1999. Aseguramiento de la calidad y buenas prácticas de laboratorio. *Series de la OCDE sobre principios de buenas prácticas de laboratorio y verificación de su conformidad n.º 4 (revisado)*. París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (disponible en [http://www.olis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/c16431e1b3f24c0ac12569fa005d1d99/317ba71970d3b458c12567e8005c9b69/\\$FILE/12B93916.DOC](http://www.olis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/c16431e1b3f24c0ac12569fa005d1d99/317ba71970d3b458c12567e8005c9b69/$FILE/12B93916.DOC)).
- Office of Research Integrity. 1998. Commission makes recommendations to safeguard good scientific practice. *ORI Newsletter*, 6(3): 9–10 (disponible en <http://ori.dhhs.gov/publications/newsletters.shtml>).
- Office of Science and Technology. 1998. *Safeguarding good scientific practice*. A joint statement by the Director General of the Research Councils and the Chief Executives of the UK Research Council / 18 diciembre 1998 (disponible en inglés en <http://www2.ost.gov.uk/research/councils/safe.htm>).
- Oh, H.I. y Hoff, J.E. 1979. Fractionation of grape tannins by affinity chromatography and partial characterisation of the fractions. *J. Food Sci.*, 44: 87–89.
- O'Keefe, L.S. y Warthesen, J.J. 1978. A high pressure liquid chromatographic method for determining the stability of free methionine in methionine-fortified food systems. *J. Food Sci.*, 43: 1297–1300.
- Oles, P., Gates, G., Kensinger, S., Patchell, J., Schumacher, D., Showers, T. y Silcox, A. 1990. Optimization of the determination of cholesterol in various food matrixes. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73: 724–728.
- OMC. 1998a. *Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias*. Ginebra, Suiza, Organización Mundial del Comercio (disponible en [http://www.wto.org/spanish/docs\\_s/legal\\_s/15-sps.pdf](http://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/15-sps.pdf)).
- OMC. 1998b. *Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio*. Ginebra, Suiza, Organización Mundial del Comercio (disponible en [http://www.wto.org/spanish/docs\\_s/legal\\_s/17-tbt.pdf](http://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/17-tbt.pdf)).
- Osborne, B.G. y Fearn, T. 1983. Collaborative evaluation of near infrared reflectance analysis for the determination of protein, moisture and hardness in wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 34: 1011–1017.
- Osborne, D.R. y Voogt, P. 1978. *The analysis of nutrients in food*. Londres, Academic Press.

- Paech, K. 1956. General procedures and methods of preparing plant materials. *En* K. Paech y M.V. Tracey. *Modern methods of plant analysis*. Vol. 1, pp. 1–25. Berlín, Springer-Verlag.
- Paquot, C. y Hautfenne, A., eds. 1987. *Standard methods for the analysis of oils, fats and their derivatives*. 7ª edición y suplementos. Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (UIQPA). Oxford, UK, Blackwell Science Publications.
- Parkany, M., ed. 1995. *Quality assurance and TQM for analytical laboratories*. Proceedings of the 6th International Symp. on the Harmonization of the role of Laboratory Quality Assurance in relation to Total Quality Management (TQM), diciembre 1995, Melbourne, Australia. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Parrish, D.B. 1980. Determination of vitamin E in foods – a review. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 13: 161–187.
- Patton, G.M., Fasulo, J.M. y Robbins, J.C. 1990a. Analysis of lipids by high performance chromatography. Part I. *Meth. Nutr. Biochem.*, 1: 493–500.
- Patton, G.M., Fasulo, J.M. y Robbins, J.C. 1990b. Analysis of lipids by high performance chromatography. Part II. Phospholipids. *Meth. Nutr. Biochem.*, 1: 549–556.
- Paul, A.A. 1969. The calculation of nicotinic acid equivalents and retinol equivalents in the British diet. *Nutrition (Londres)*, 23: 131–136.
- Paul, A.A. 1977. *Changes in food composition. Effects of some newer methods of production and processing*. BNF Bulletin No. 21: 173–186.
- Paul, A.A. 1983. Food composition and the use of food composition tables. *En* B. Schurch, ed. *Nutrition education in Third World communities*, pp. 82–99. Nestlé Foundation Publication Series. Vol. 3. Berna, Hans Huber.
- Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. 1970. Revision of “The composition of foods”: some views of dieticians. *Nutrition (Londres)*, 24: 21–24.
- Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. 1977. A study on the composition of retail meat: dissection into lean, separable fat and inedible portion. *J. Hum. Nutr.*, 31: 259–272.
- Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. 1978. *McCance and Widdowson's The composition of foods*. 4ª edición. Londres, Her Majesty's Stationery Office.
- Paul, A.A. y Southgate, D.A.T. 1988. Conversion into nutrients. *En* M.W. Cameron y W.A. Van Staveren, eds. *Manual on methodology for food consumption studies*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Pennington, J.A.T. 2001. Annotated bibliography on bioactive food components. National Institutes of Health. Archivo PDF inédito, disponible previa solicitud a jp157@nih.gov.
- Pennington, J.A.T. 2002. Food composition data bases for bioactive food components. *J. Food Compos. Anal.*, 15(4): 419–434.
- Pennington, J.A.T. y Hernández, T.B. 2002. Core foods of the US food supply. *Food Addit. Contam.*, 19: 246–271.

- Pennington, J. y Stumbo, P., eds. 2004. Special issue: Joint 5th International Food Data Conference and 27th US National Nutrient Databank Conference. *J. Food Compos. Anal.*, 17 (en prensa). Londres, Elsevier.
- Pennington, J.A.T., Hendricks, T.C., Douglas, J.S., Petersen, B. y Kidwell, J. 1995. International Interface Standard for Food Databases. *Food Additives Contaminants*, 12: 809–820.
- Percy, P.F. y Vacquelin, N.L. 1818. Sur la qualité nutritive des aliments comparés entre eux. *Bull. Fac. med. Paris*, 6: 75–91.
- Perissé, J. 1983. Heterogeneity in food composition table data. *FAO Food Nutr. Rev.*, 9: 14–17.
- Perloff, B.P., ed. 1978. *Proceedings of the Third National Nutrient Databank Conference*. Arlington, VA, USA.
- Perloff, B.P. 1983. Nutrient data bases: availability, options and reliability. *Proceedings of the Eighth National Nutrient Databank Conference*. Minneapolis, MN, USA.
- Perloff, B.P. 1991. USDA's National Nutrient Databank. *Proceedings of 15th Nutrient Databank Conference*, pp. 11–17. Blacksburg, VA, USA, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Perry, C.R., Beckler, D.G., Pehrsson, P. y Holden, J. 2000. A national sampling plan for obtaining food products for nutrient analysis. *Proceedings of the Annual Meeting of the American Statistical Association*, pp. 267–272. Alexandria, VA, USA, American Statistical Association.
- Peterson, W.R. y Warthesen, J.J. 1979. Total and available lysine determinations using high pressure liquid chromatography. *J. Food. Sci.*, 44: 994–997.
- Petot, G. y Houser, H.B. 1979. *Proceedings of the Fourth National Nutrient Databank Conference*. Cleveland, OH, USA.
- Pettinati, J.D. y Swift, C.E. 1977. Collaborative study of accuracy and precision of the rapid determination of fat in meat products by Foss-Let method. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 60: 853–858.
- Pfeiffer, S.L. y Smith, J. 1975. Nitrate determination in baby food, using the nitrate ion selective electrode. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 58: 915–919.
- Philips, D.R. y Wright, A.J.A. 1982. Studies on the response of *Lactobacillus casei* to different folate monoglutamates. *Br. J. Nutr.*, 47: 183–189.
- Phillips, D.R. y Wright, A.J.A. 1983. Studies on the response of *Lactobacillus casei* to folate vitamin in foods. *Br. J. Nutr.*, 49: 181–186.
- Phillips, K.M., Tarrago-Trani, M.T. y Stewart, K.K. 1999. Phytosterol content of experimental diets differing in fatty acid composition. *Food Chem.*, 64: 415–422.
- Piironen, V. y Koivu, T. 2000. Quality of vitamin K analysis and food composition data in Finland. *Food Chem.*, 68: 223–226.
- Piironen, V., Koivu T., Tammissalo, O. y Mattila, P. 1997. Determination of phylloquinone in oils, margarines, and butter by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Food Chem.*, 59(3): 473–480.



- Piironen, V., Syvaioja, E.L., Varo, P., Salminen, K. y Koivistoinen, P. 1987. Tocopherols and tocotrienols in Finnish foods: vegetables, fruits and berries. *J. Agric. Food Chem.*, 34: 742–746.
- Piironen, V., Varo, P., Syvaioja, E.L., Salminen, K. y Koivistoinen, P. 1984. Highperformance liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols and its application to diets and plasma of Finnish men. I. Analytical method. *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, 54: 35–40.
- Pomeranz, Y. y Meloan, C.E. 1978. *Food analysis: theory and practice*. 2ª edición. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- Pomeranz, Y. y Moore, R.B. 1975. Reliability of several methods for protein determination in wheat. *Baker's Dig.*, 49: 44–58.
- Pomeranz, Y., Moore, R.B. y Lai, F.S. 1977. Reliability of five methods for protein determination in barley and malt. *Am. Soc. Brew. Chem.*, 35: 86–93.
- Posati, L.P., Kinsella, J.E. y Watt, B.K. 1975. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. III. Eggs and egg products. *J. Am. Diet. Assoc.*, 67: 111–115.
- Price, K.R. y Fenwick, G.R. 1985. Naturally occurring oestrogens in foods – a review. *J. Food Addit. Contam.*, 2: 73–106.
- Proctor, A. y Meullenet, J.-F. 1998. Sampling and sampling preparation. En S.S. Nielsen, ed. *Food analysis*. 2ª edición., pp. 71–82. Gaithersburg, MD, USA, Aspen Publications.
- Prosky, L., Asp, N.-G., Furda, I., DeVries, J.W., Schweizer, T.F. y Harland, B.F. 1984. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67: 1044–1052.
- Prosky, L., Asp, N.-G., Furda, I., DeVries, J.W., Schweizer, T.F. y Harland, B.F. 1985. Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 68: 677–679.
- Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. y Furda, I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71: 1017–1023.
- Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. y Furda, I. 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 75: 360–367.
- Pryde, A. y Gilbert, M.T. 1979. *Applications of high performance liquid chromatography*. Londres, Chapman and Hall.
- Punwar, J.K. 1975. Gas-liquid chromatographic determination of total cholesterol in multi-component foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 58: 804–810.
- Puwastien, P. 2000. Report: Food Composition Programme of ASEANFOODS 1995–1999. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 659–667.
- Puwastien, P., Sungpuag, P. y Judprasong, K. 1999. *Interlaboratory study 1997–1998: development of food reference materials for nutrition labelling analytical quality control programme*. Nakhon Pathom, Tailandia, Institute of Nutrition, Mahidol University.

- Puwastien, P., Burlingame, B.A., Raroengwichit, M. y Sungpuag, P. 2000. *ASEAN food composition tables*. Nakhon Pathom, Tailandia, Institute of Nutrition, Mahidol University.
- Quigley, M.E. y Englyst, H.N. 1994. Determination of uronic acid constituents of non-starch polysaccharides. *Analyst*, 119: 1511–1518.
- Quigley, M.E., Hudson, G.J. y Englyst, H.N. 1997. Determination of resistant short chain carbohydrates non-digestible oligosaccharides using gas-liquid chromatography. *Food Chem.*, 65: 381–390.
- Quigley, R.J., Burlingame, B.A., Milligan, G.C. y Gibson, J.J. 1995. *Fats and fatty acids in New Zealand foods*. Palmerston North, New Zealand Institute for Crop and Food Research, Public Health Commission.
- Rader, J.L., Weaver, C.M. y Angyal, G. 2000. Total folate in enriched cereal-grain products in the United States following fortification. *Food Chem.*, 70: 275–289.
- Rand, W.M. y Young, V.R. 1983 International Network of Food Data Systems (INFOODS): report of a small international planning conference. *Food Nutr. Bull.*, 5: 15–23.
- Rand, W.M., Pennington, J.A.T., Murphy, S.P. y Klensin, J.C. 1991. *Compiling data for food composition data bases*. Tokyo, United Nations University Press (disponible en inglés en <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80772e/80772E00.htm>).
- Rand, W.M., Windham, C.T., Wyse, B.W. y Young, V.R., eds. 1987. *Food composition data: a user's perspective*. Tokyo, United Nations University Press.
- Rappoport, A.E., Gaulin, R.P., Smariga, J.A. y Taylor, W.R. 1978. Laboratories, facilities and services. En S.L. Inhorn, ed. *Quality assurance practices for health laboratories*, pp. 173–208. Washington, DC, American Public Health Association.
- Rechigl, M., ed. 1982. *Handbook of nutritive value of processed food*. Vol. 1. Food for human use. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Rees, H.W., Donnahey, P.L. y Goodwin, T.W. 1976. Separation of C27, C28 and C29 sterols by reversed-phase high-performance liquid chromatography on small particles. *J. Chromatogr.*, 116: 281–291.
- Reineccius, G.A. y Addis, P.B. 1973. Rapid analysis of moisture in meat by gas-liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 38: 355.
- Ribadeau-Dumas, B. y Grappin, R. 1989. Milk protein analysis. *Lait*, 69: 357–416.
- Riboli, E. 1991. *European prospective study on nutrition, cancer and health*. Report of the pilot study, phase II (January 1990–February 1991) and Protocol of the Prospective Study. Lyon, Francia, Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC).
- Riboli, E. y Kaaks, R. 1997. The EPIC project, rationale and study design. *Inter. J. Epidemiology*, 26 (Supl. 1): S5–S14.

- Riboli, E., Hunt, K.J., Slimani, N., Ferrari, P., Norat, T., Fahey, M., Charrondiere, U.R., Hemon, B., Casagrande, C., Vignat, J., Overvad, K., Tjonneland, A., Clavel-Chapelon, F., Thiebaut, A., Wahrendorf, J., Boeing, H., Trichopoulos, D., Trichopoulou, A., Vineis, P., Palli, D., Bueno de Mesquita, H.B., Peeters, P.H.M., Lund, E., Engeset, D., Gonzalez, C.A., Barricarte, A., Berglund, G., Hallmans, G., Day, N.E., Key, T.J., Kaaks, R. y Saracci, R. 2002. European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): study populations and data collection. *Public Health Nutrition*, 5(6b): 1113–1124.
- Ricketson, S. 1995. International and Australian copyright considerations in data and data compilations. En H. Greenfield, ed. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference, pp. 257–273. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Roberts, H.A. 1974. The statistics of nutrition sampling and analysis. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 57: 1181–1189.
- Rodriguez-Amaya, D.B. 1989. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *J. Micronutr. Anal.*, 5: 191–225.
- Roe, J.H. y Kuether, C.A. 1943. The determination of ascorbic acid in whole blood and urine through the 2,4-dinitrophenylhydrazine derivative of dehydroascorbic acid. *J. Biol. Chem.*, 147: 399–407.
- Rolando, B., Tonelli, D. y Girotti, S. 1980. Analysis of total phenols using the Prussian Blue method. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 1236–1238.
- Ronalds, J.A. 1974. Determination of the protein content of wheat and barley by direct alkaline distillation. *J. Sci. Food Agric.*, 25: 179–185.
- Rose, R.C. y Nahrwold, D.L. 1981. Quantitative analysis of ascorbic and dehydroascorbic acid by high-performance liquid chromatography. *Anal. Biochem.*, 114: 140–145.
- Rose-Sallin, C., Blake, C.J., Genoud, D. y Tagliaferri, E.G. 2001. Comparison of microbiological and HPLC-fluorescence detection methods for the determination of niacin in fortified food products. *Food Chem.*, 73: 473–480.
- Rottka, H., Polenski, W. y Scherz, H. 1985. Review of food composition tables and nutrient data banks in Europe. 3.9 Federal Republic of Germany. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl. 1): 25–26.
- Rowe, C.T. 1973. *Food analysis by atomic absorption spectroscopy*. Springvale, CA, USA, Varian Techtron.
- Royal Society. 1972. *Metric units, conversion factors and nomenclature in nutritional and food sciences*. Report of the subcommittee on metrication of the British National Committee for Nutritional Sciences. Londres.
- Sachs, R. 1959. Rejection of measurements. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 42: 741–748.
- Sadler, G.D. y Murphy, P.A. 1998. pH and titratable acidity. En S.S. Nielsen, ed. *Food analysis*. 2ª edición, pp. 99–117. Gaithersburg, MD, USA, Aspen Publishers.
- Salo-Väänänen, P.P. y Koivistoinen, P.E. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N × 6,25) values. *Food Chem.*, 57: 27–31.

- Salvini, S., Gnagnarella, P., Parpinel, M.T., Boyle, P., Decarli, A., Ferraroni, M., Giacosa, A., La Vecchia, C., Negri, E. y Franceschi, S. 1996. The food composition database for an Italian food frequency questionnaire. *J. Food Compos. Anal.*, 9: 57–71.
- Sandell, E.B. 1959. *Colorimetric determination of traces of metals*. 3ª edición. Nueva York, USA, Interscience Publishers.
- Sarwar, G. y Botting, H.G. 1993. Evaluation of liquid chromatographic analysis of nutritionally important amino acids in food and physiological samples. *J. Chromatogr. (Biomed. Applic.)*, 615: 1–22.
- Sawyer, R. 1984. Food composition and analytical accuracy. En G.G. Birch y K.J. Parker, eds. *Control of food quality and food analysis*, pp. 39–64. Londres, Elsevier Applied Science Publishers.
- Schakel, S.F. 2001. Maintaining a nutrient database in a changing marketplace: keeping pace with changing food products – a research perspective. *J. Food Compos. Anal.*, 14: 315–322.
- Schlack, J.E. 1974. Quantitative determination of L-ascorbic acid by gas-liquid chromatography. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 57: 1346–1348.
- Schlotke, F., Becker, W., Ireland, J., Møller, A., Ovaskainen, M.-L., Monspart, J. y Unwin, I. 2000. EUROFOODS recommendations for food composition database management and data interchange. *J. Food Compos. Anal.*, 13(4): 709–744.
- Schubert, A., Holden, J.M. y Wolf, W.R. 1987. Selenium content of a core group of foods based on a critical examination of published analytical data. *Am. Diet. Assoc.*, 87: 285–296; 299.
- Schüep, W. y Keck, E. 1990. Measurement of ascorbic acid and erythorbic acid in processed meats. *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, 191: 290–292.
- Schüep, W. y Steiner, K. 1988. Determination of vitamin B<sub>2</sub> in complete feeds and premixes with HPLC. En *Analytical methods for vitamins and carotenoids in feed*, pp. 30–32. Roche Publication 2101. Basilea, Suiza.
- Scott, K.J. 1992. Observations of some of the problems associated with the analysis of carotenoids in food by HPLC. *Food Chem.*, 45: 357–364.
- Scott, K.J. y Hart, D.J. 1993. Further observations on problems associated with the analysis of carotenoids by HPLC 2. Column temperature. *Food Chem.*, 47: 403–405.
- Scott, K.J., Finglas, P.M.F., Searle, R., Hart, D.J. y de Fridmont-Gortz, I. 1996. Interlaboratory studies of HPLC procedures for the analysis of carotenoids in foods. *Food Chem.*, 57: 85–90.
- Scott, R.W. 1979. Colorimetric determination of hexuronic acids in plant material. *Anal. Chem.*, 51: 936–41.
- Scrimshaw, N.S. 1994. The importance of the International Network of Food Data Systems (INFOODS). *Food, Nutrition and Agriculture*, 12: 6–11.
- Seifert, R.M. 1979. Analysis of vitamin K<sub>1</sub> in some green leafy vegetables by gas chromatography. *J. Agr. Food Chem.*, 27: 1301–1304.

- Selvendran, R.R. y Du Pont, M.S. 1980. Simplified methods for the preparation and analysis of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.*, 31: 1173–1182.
- Selvendran, R.R. y Du Pont, M.S. 1984. Problems associated with the analysis of dietary fibre and some recent developments. En R.D. King, ed. *Food analysis techniques*. Vol. 3, pp. 1–68. Londres, Applied Science Publishers.
- Selvendran, R.R., Ring, S.G. y Du Pont, M.S. 1979. Assessment of procedures used for analysing dietary fibre and some recent developments. *Chem. Ind. (Londres)*, 7: 225–230.
- Shaw, P.E., ed. 1988. *Handbook of sugar separations in foods by high performance liquid chromatography*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Shearer, M.J. y Bolton-Smith, C. 2000. The UK food data-base for vitamin K and why we need it. *Food Chem.*, 68(2): 213–218.
- Shen, C.J., Chen, I.S. y Sheppard, A.J. 1982. Enzymatic determination of cholesterol in egg yolk. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 65: 1222–1224.
- Sheppard, A.J., Hubbard, W.D. y Prosser, A.R. 1974. Evaluation of eight extraction methods and their effects upon total fat and gas liquid chromatographic fatty acid composition analysis of food products. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 51: 416–418.
- Shrestha, A.K., Arcot, J. y Paterson, J. 2000. Folate assay of foods by traditional and tri-enzyme treatments using cryoprotected *Lactobacillus casei*. *Food Chem.*, 71: 545–552.
- Silva, F.V., Souza, G.B., Ferraz, L.F.M. y Nogueira, A.R.A. 1999. Determination of chloride in milk using sequential injection automatic conductimetry. *Food Chem.*, 67: 317–322.
- Silvestre, M.P.C. 1997. Review of methods for the analysis of protein hydrolysates. *Food Chem.*, 60: 263–271.
- Singer, L. y Armstrong, W.D. 1959. Determination of fluoride in blood serum. *Anal. Chem.*, 31: 105–109.
- Singer, L. y Ophaug, R.H. 1986. Determination of fluoride in foods. *J. Agr. Food Chem.*, 34: 510–513.
- Sivell, L.M., Bull, N.L., Buss, D.H., Wiggins, R.A., Scuffam, D. y Jackson, P.A. 1984. Vitamin A activity in foods of animal origin. *J. Sci. Food Agric.*, 35: 931–939.
- Slimani, N. 1991 Etude de la comparabilité de tables de composition alimentaire utilisées dans le cadre d'études épidémiologiques multicentriques. En E. Riboli, ed. *European prospective study on nutrition, cancer and health*. Report of the pilot study, phase II (January 1990–February 1991) and protocol of the prospective study. Anexo 2, pp. 1–55. Lyon, Francia, Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC).
- Slimani, N., Charrondiere, U.R., van Staveren, W. y Riboli, E. 2000. Standardisation of food composition databases for the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition, general theoretical concept. *J. Food Compos. Anal.*, 13: 567–584.

- Slimani, N., Riboli, E. y Greenfield, H. 1995. Food composition data requirements for nutritional epidemiology of cancer and chronic diseases. *En* H. Greenfield, ed. *Quality and accessibility of food-related data*. Proceedings of the First International Food Data Base Conference, Sydney, 1993, pp. 209–216. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Slover, H.T. 1980. Nutrient analysis by glass capillary gas chromatography. *En* K.K. Stewart, ed. *Nutrient analysis of foods: the state of the art for routine analysis*, pp. 25–42. Arlington, VA, USA, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- Smith, L.M., Dunkley, W.L., Francke, A. y Dairiki, T. 1978. Measurement of *trans* and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 55: 257-261.
- Smits, L.E., Smith, N., Schönfeldt, H. y Heinzle, P.H. 1998. The nutritional content of South African milk and liquid milk products. Irene, Sudáfrica, Dairy Industry Centre.
- Snedecor, G.W. 1956. *Statistical methods*. 5ª edición. Ames, Iowa, USA, Iowa State Press.
- Snell, E.E. 1948. Use of microorganisms for assay of vitamins. *Physiol. Rev.*, 28: 255–282.
- Somogyi, J.C. 1974. National food composition tables. *En* D.A.T. Southgate. *Guidelines for the preparation of tables of food composition*, pp. 1–5. Basilea, Suiza, Karger.
- Sosulski, F.W. e Imafidon, G.I. 1990. Amino-acid composition and nitrogen to protein conversion factors for animal and plant foods. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 135–136.
- Souci-Fachmann-Kraut. *Ver Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie*. 1990.
- Souci-Fachmann-Kraut. 2003. *Food composition and nutrition tables*. Base de datos en línea. Medpharm GmbH Scientific Publishers (disponible en inglés en <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql?language=english>; en francés en <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql?language=français>, y en alemán en <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql?language=german>)
- Southgate, D.A.T. 1969. Determination of carbohydrates in food. II. Unavailable carbohydrate. *J. Sci. Food Agric.*, 20: 331–335.
- Southgate, D.A.T. 1971. A procedure for the measurement of fats in foods. *J. Sci. Food Agric.*, 22: 590-591.
- Southgate, D.A.T. 1974. *Guidelines for the preparation of food composition tables*. Basilea, Suiza, Karger.
- Southgate, D.A.T. 1976. *Determination of food carbohydrates*. Londres, Applied Science Publishers.
- Southgate, D.A.T. 1983. Availability of and needs for reliable analytical methods for the assay of foods. *Food Nutr. Bull.*, 5: 30–39.
- Southgate, D.A.T. 1985. Criteria to be used for acceptance of data in nutrient data bases. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl.): 49–53.
- Southgate, D.A.T. 1987. Reference materials for improving the quality of nutritional data for foods. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 326: 660–664.

- Southgate, D.A.T. 1991. *Determination of food carbohydrates*. 2ª edición. Barking, UK, Elsevier Applied Science.
- Southgate, D.A.T. 1995. *Dietary fibre analysis*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Southgate, D.A.T. 1999. Food composition, calorie value and macronutrient content. En K. van der Heijden, M. Younes, L. Fishbein y S. Miller, eds. *International food safety handbook*, pp. 493–504. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Southgate, D.A.T. y Durnin, J.V.G.A. 1970. Calorie conversion factors. An experimental re-assessment of the factors used to calculate the energy value of human diets. *Br. J. Nutr.*, 24: 517–535.
- Southgate, D.A.T. y Finglas, P.M. 1993. Intercomparison of Spanner, S. 1973. Separation and analysis. En G.B. Ansell, J.N. Hawthorne y R.M.C. Dawson, eds. *Form and function of phospholipids*, pp. 43–65. Ámsterdam, Elsevier.
- Southgate, D.A.T. y Greenfield, H. 1984. *Development of analytical programmes for nutrients*. Symposium on Chemistry and the Developing Countries, British Association for the Advancement of Science, Londres.
- Southgate, D.A.T. y Greenfield, H. 1988. Guidelines for the production, management and use of food composition data: an INFOODS project. En K. Fox y L. Stockley, eds. *Proceedings of the Second EUROFOODS Workshop*. Norwich, UK, agosto 1985. *Food Sci. Nutr.*, 42F: 15–23.
- Southgate, D.A.T. y Greenfield, H. 1992. Principles for the preparation of nutritional databases and food composition tables. *World Rev. Nutr. Diet.*, 68: 27–48.
- Southgate, D.A.T. y Paul, A.A. 1978. The new “McCance and Widdowson”: a guide to the fourth edition of McCance and Widdowson’s “The composition of foods”. *J. Hum. Nutr.*, 32: 137–142.
- Southgate, D.A.T., Paul, A.A., Dean, A.C. y Christie, A.A. 1978. Free sugars in foods. *J. Hum. Nutr.*, 32: 335–47.
- Spanner, S. 1973. Separation and analysis of phospholipids. En G.B. Ansell, J.N. Hawthorne y R.M.C. Dawson, eds. *Form and function of phospholipids*, pp. 43–65. Ámsterdam, Elsevier Scientific Publishing.
- Speek, A.J., Schrijver, J. y Schreurs, W.H.P. 1984. Fluorometric determination of total vitamin C and total isovitamin C in foodstuffs and beverages by high-performance liquid chromatography with precolumn derivatization. *J. Agric. Food Chem.*, 32: 352–355.
- Speijers, G.J.A. y Van Egmond, H.P. 1999. Natural toxins. III. Inherent plant toxins. En K. van der Heijden, M. Younes, L., Fisbein y S. Miller, eds. *International food safety handbook*, pp. 369–380. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Stahl, E. 1965. *Thin layer chromatography. A laboratory handbook*. Nueva York, USA, Academic Press.
- Stancher, B. y Zonta, F. 1982. High-performance liquid chromatographic determination of carotene and vitamin A and its geometric isomers in foods. Applications to cheese analysis. *J. Chromatogr.*, 238: 217–225.

- Steadman, J.H.** 1999. Assessment of risks arising from food alterations during transport, storage, and preservation. *En* K. van der Heijden, M. Younes, L. Fishbein y S. Miller, eds. *International food safety handbook*, pp. 317–339. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Steele, D.J.** 1976. Microwave heating applied to moisture determination. *Lab. Pract.*, 25: 515–521.
- Stein, S., Bohlen, P., Stone, J., Dairman, W. y Udenfriend, S.** 1973. Amino acid analysis with fluorescamine at the picomole level. *Arch. Biochem. Biophys.*, 155: 202–212.
- Stekelenburg, G.J. y Desplanque, J.** 1966. *Deproteination by ultrafiltration with centrifugal force. Techniques in amino acid analysis.* Chertsey, UK, Technicon Instruments.
- Stewart, K.K.** 1980. Nutrient analysis of foods: state of the art for routine analysis. *En* K.K. Stewart, ed. *Nutrient analysis of foods: state of the art for routine analysis*, pp. 1–19. Proceedings of a nutrient analysis symposium. Arlington, VA, USA, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- Stewart, K.K.** 1981. Nutrient analysis of food: a review and strategy for the future. *En* G.R. Beecher, ed. *Human nutrition research*, pp. 209–224. BARC Symposium No. 4. Totowa, NJ, USA, Allan Bliss & Osman Publishers.
- Stewart, K.K.** 1982. Problems in the measurement of organic nutrients in food products: an overview. *En* S.A. Margolis, ed. *Reference materials for organic nutrient measurement*, pp. 18–24. Washington, DC, National Bureau of Standards.
- Stewart, K.K.** 1983. State of the food composition data: an overview with some suggestions. *Food Nutr. Bull.*, 5: 54–68.
- Stock, A.L. y Wheeler, E.F.** 1972. Evaluation of meals cooked by large-scale methods: a comparison of chemical analysis and calculation from food tables. *Br. J. Nutr.*, 27: 439–444.
- Stockley, L.** 1985. Changes in habitual food intake during weighed inventory surveys and duplicate diet collections. A short review. *Ecol. Food Nutr.*, 17: 263–270.
- Stockley, L.** 1988. Food composition tables in the calculation of the nutrient content of mixed diets. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 1: 187–195.
- Stockley, L., Faulks, R.M., Broadhurst, A.J., Jones, F.A., Greatorex, E.A. y Nelson, M.** 1985. An abbreviated food table using food groups for the calculation of energy, protein and fat intake. *Hum. Nutr. Appl. Nutr.*, 39A: 339–348.
- Stoeppler, M.** 1985. Trace metal analysis for the German Environmental Specimen Bank. *En* W.R. Wolf, ed. *Biological reference materials: availability, uses, and need for nutrient measurement*, pp. 281–297. Nueva York, USA, John Wiley.
- Straub, O.** 1971. Lists of natural carotenoids. *En* O. Isler, ed. *Carotenoids*, pp. 771–850. Basilea, Suiza, Birkhauser Verlag.
- Stumbo, P.** 2001. Funding nutrition software development: the Small Business Innovation Research (SBIR) Program. *J. Food Compos. Anal.*, 14: 329–332.



- Suddendorf, R.F. y Cook, K.K. 1984. Inductively coupled plasma emission spectroscopic determination of nine elements in infant formula: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67: 985–992.
- Sullivan, D.M. 1993. Proximate and mineral analysis. En D.M. Sullivan y D.E. Carpenter, eds. *Methods of analysis for nutritional labeling*, pp. 105–109. Arlington, VA, USA, AOAC International.
- Sullivan, D.M. y Carpenter, D.E., eds. 1993. *Methods of analysis for nutritional labeling*. Arlington, VA, AOAC International.
- Sweeney, J.P. y Marsh, A.C. 1970. Separation of carotene stereoisomers in vegetables. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 53: 937–940.
- Sweeney, R.A. y Rexroad, P.R. 1987. Comparison of LECO FP-228 “Nitrogen Determinator” with AOAC copper catalyst Kjeldahl method for crude protein. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70: 1028–1030.
- Tan, S.P., Wenlock, R.W. y Buss, D.H. 1985. *Immigrant foods*. Segundo suplemento a McCance y Widdowson, *The composition of foods*. Londres, HMSO.
- Tanaka, Y., De Luca, H.P. e Ikekawa, N. 1980. High-pressure liquid chromatography of vitamin D metabolites and analogs. *Methods Enzymol.*, 67: 370–385.
- Tanner, J.T., Iyengar, G.V. y Wolf, W.R. 1990. Organic nutrient content of the US Food and Drug Administration’s total diet and its possible use as a standard reference material. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 338: 438–440.
- Taungbodhitham, A.K., Jones, G.P., Wahlquist, M.L. y Briggs, D.R. 1998. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetables. *Food Chem.*, 63: 577–584.
- Taylor, J.K. 1987. *Quality assurance of chemical measurements*. Chelsea, MI, USA, Lewis Publishers.
- Taylor, R.F. 1983. Chromatography of carotenoids and retinoids. En J.C. Giddings, E. Grushka, J. Cazes y P.R. Brown, eds. *Advances in chromatography*. Vol. 22, pp. 157–213. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Taylor, W.H. 1957. Formol titrations: and evaluation of its various modifications. *Analyst*, 82: 488–498.
- Theander, O. y Åmen, P. 1982. Studies on dietary fibre. A method for the analysis and chemical composition of total dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.*, 33: 340–344.
- Thompson, H.T., Dietrich, L.S. y Elvehjem, C.A. 1950. The use of *Lactobacillus leichmanii* in the estimation of vitamin B<sub>12</sub> activity. *J. Biol. Chem.*, 184: 175–180.
- Thompson, J.N., Hatina, G. y Maxwell, W.B. 1979. Determination of vitamins E and K in foods and tissues using high performance liquid chromatography. En H.S. Hertz y S.N. Chesler, eds. *Trace organic analysis: a new frontier in analytical chemistry*. Special Publication 519. Proceedings of the 9th Materials Research Symposium, pp. 279–288. Washington, DC, National Bureau of Standards.

- Thompson, J.N., Hatina, G., Maxwell, W.B. y Duval, S. 1982. High performance liquid chromatographic determination of vitamin D in fortified milks, margarine, and infant formulas. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 65: 624–631.
- Thompson, M. y Howarth, R.J. 1973. The rapid estimation and control of precision by duplicate determinations. *Analyst*, 98: 153–160.
- Thompson, M. y Wood, R. 1993. The international harmonized protocol for the proficiency testing of (chemical) analytical laboratories. Technical Report of the IUPAC/ISO/AOAC Symp. on Harmonization of Quality Assurance Systems in Chemical Analysis, Ginebra, mayo 1991. *Pure & Appl. Chem.*, 65: 2123-2144.
- Thompson, R.H. y Merola, G.V. 1993. A simplified alternative to the AOAC official method for cholesterol in multi-component foods. *J. AOAC Int.*, 76: 1057–1068.
- Thung, S.B. 1964. Comparative moisture determinations in dried vegetables by drying after lyophilisation or by the Karl Fischer method. *J. Sci. Food Agric.*, 15: 236–244.
- Tkachuk, R. 1969. Nitrogen to protein conversion factors for cereals and oilseed meals. *Cereal Chem.*, 46: 419–423.
- Toma, R.B. y Tabekhia, M.M. 1979. High performance liquid chromatographic analysis of B-vitamins in rice and rice products. *J. Food Sci.*, 44: 263–5, 268.
- Torelm, I. 1997. *Variations in major nutrients and nutrient sata in Swedish foods*. Uppsala, Suecia University of Agricultural Sciences (tesis).
- Torelm, I., Croon, L.-B., Kolar, K. y Schroder, T. 1990. Production and certification of a fresh reference material for macronutrient analyses. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 338: 435–437.
- Trowell, H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin Nutr.*, 25: 926–932.
- Trowell, H., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A. y Jenkins, D.J.A. 1976. Dietary fibre redefined. *Lancet*: 1: 967.
- Truswell, A.S., Bateson, D.J., Madifiglio, K.C., Pennington, J.A.T., Rand, W.R. y Klensin, J.C. 1991. INFOODS guidelines: a systematic approach to describing foods to facilitate international exchange of food composition data. *J. Food Compos. Anal.*, 4: 18–38.
- Tsen, C.C. 1961. An improved spectrophotometric method for the determination of tocopherols using 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline. *Anal. Chem.*, 33: 849–851.
- Udy, D.C. 1971. An improved dye method for estimating protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48: 29A–33A.
- UIQPA. 1979. *Standard method for the analysis of oils, fats and their derivatives*. Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Oxford, Pergamon Press.
- UKAS. 2003. United Kingdom Accreditation Service (disponible en inglés en <http://www.ukas.org> o en <http://www.ukas.com>).
- United States Code of Federal Regulations. 2003. Federal Register, Title 21, Chapter I – Part 101 (disponible en [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml\\_00/Title\\_21/21cfr101\\_00.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml_00/Title_21/21cfr101_00.html)).

- Unwin, I. y Møller, A. 2003. *Eurocode 2 Food Coding System* (disponible en <http://www.ianunwin.demon.co.uk/eurocode/docmn/index.htm>).
- Unwin, I.D. 2000. EUROFOODS guidelines for recipe information management. *J. Food Compos. Anal.*, 13(4): 745–754.
- Unwin, I.D. y Becker, W. 2002. Software management of documented food composition data. *J. Food Compos. Anal.*, 15: 491–497.
- USDA. 1976–1990. *Composition of foods. Raw, processed, prepared*. Agriculture Handbook No. 8, Secciones 1–21. Washington, DC, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- USDA. 2003a. *National nutrient database for standard reference. Release 16*. Nutrient Data Laboratory. Servicio de Investigación Agrícola. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (disponible en inglés en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR16/sr16.html>).
- USDA. 2003b. *National Nutrient Databank Conference*. Nutrient Data Laboratory (disponible en inglés en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/conf/>).
- USDA. 2003c. *Table of nutrient retention factors. Release 5* (disponible en inglés en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/index.html#retention>).
- USDA. 2003d. *Human Nutrition Program. Mission statement* (disponible en inglés en [http://www.ars.usda.gov/research/programs/programs.htm?NP\\_CODE=107](http://www.ars.usda.gov/research/programs/programs.htm?NP_CODE=107)).
- USDA/Iowa State University. 2002. USDA-Iowa State University isoflavones database (disponible en inglés en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/isoflav/isoflav.html>).
- Usher, C.D. y Telling, G.M. 1975. Analysis of nitrate and nitrite in foodstuffs: a critical review. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1793–1805.
- Vahteristo, L., Finglas, P.M., Witthoft, C., Wigertz, K., Seale, R. y de Froidmont Goertz, I. 1996. Third EU MAT intercomparison study on food folate analysis using HPLC procedures. *Food Chem.*, 57(1): 109–111.
- Van Camp, J. y Huyghebaert, A. 1996. Analysis of protein in foods. En L.M.L. Nollet, ed. *Handbook of food analysis*. Vol. 1. *Physical characterization and nutrient analysis*, pp. 277–309. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- van den Berg, H., van Schaik, F., Finglas, P.M., y de Froidmont, I. 1996. Third EU MAT intercomparison on methods for the determination of vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and B<sub>6</sub> in food. 1996. *Food Chem.*, 57: 101–108.
- van Egmond, H.P. 1984. Determination of mycotoxins. En R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 3, pp. 99–144. Londres, Elsevier Applied Publishers.
- van Egmond, H.P. y Speijers, G.J.A. 1999. Natural toxins. I. Mycotoxins. En K. van de Heijden, M. Younes, L. Fishbein y S. Miller. *International food safety handbook*, pp. 341–355. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- van het Hof, K.H., West, C.E., Weststrate, J.A. y Hautvast, J. 2000. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *J. Nutr.*, 130(3): 503–506.

- van Loon, J.C. 1980. *Analytical atomic absorption spectroscopy*. Londres, Academic Press.
- van Niekirk, P.J. 1973. The direct determination of free tocopherols in plant oils by liquid-solid chromatography. *Anal. Biochem.*, 52: 533–7.
- van Niekirk, P.J. 1982. Determination of vitamins. En R. Macrae, ed. *HPLC in food analysis*, pp. 187–225. Londres, Academic Press.
- van Soest, P.J. y Robertson, J.B. 1977. Analytical problems of fiber. En L.F. Hood, E.K. Wardrip y G.N. Bollenback, eds. *Carbohydrates and health*, pp. 69–83. Westport, CT, USA, AVI Publishing.
- van Soest, P.J. y Wine, R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 50: 50–55.
- van Soest, P.J. y Wine, R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 51: 780–785.
- Vanderslice, J.T., Brownlee, S.G., Cortissoz, M.E. y Maire, C.E. 1985. Vitamin B<sub>6</sub> analysis: sample preparation, extraction procedures, and chromatographic separations. En A.P. De Leenheer, W.E. Lambert y M.G.M. De Ruyter, eds. *Modern chromatographic analysis of the vitamins*. Nueva York, USA, Marcel Dekker.
- Vanderveen, J.E. y Pennington, J.A.T. 1983. Use of food composition data by governments. *Food Nutr. Bull.*, 5: 40–45.
- Voedingsraad. 1982. *Advies inzake een centraal databestand van analysegegevens van voedingsmiddelen*. La Haya, Commissie Centraal Databestand Analysegegevens Voedingsmiddelen.
- Wagstaffe, P.J. 1985. Development of food-oriented analytical reference materials by the Community Bureau of Reference (BCR). En W.R. Wolf, ed. *Biological reference materials: availability, uses, and need for nutrient measurement*, pp. 63–78. Nueva York, USA, John Wiley.
- Wagstaffe, P.J. 1990. Reference materials, reference values and validation of nutritional data. En W. Becker y S. Danfors, eds. *Proceedings of the 4th Eurofoods Meeting*, pp. 69–84. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Wall, L.L., Gehrke, C.W., Nenner, T.E., Carthey, R. y Rexroad, P.R. 1975. Total protein nitrogen: evaluation and comparison of four different methods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 58: 811–817.
- Watt, B.K., Gebhardt, S.E., Murphy, E.W. y Butrum, R.R. 1974. Food composition tables for the 70's. *J. Am. Diet. Assoc.*, 64: 257–261.
- Weedon, B.C.L. 1971. Occurrence. En O. Isler, ed. *Carotenoids*, pp. 29–59. Basilea, Suiza, Birkhäuser Verlag.
- Weihrauch, J.L., Kinsella, J.E. y Watt, B.K. 1976. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. VI. Cereal products. *J. Am. Diet. Assoc.*, 68: 335–340.
- Weihrauch, J.L., Posati, L.P., Anderson, B.A. y Exler, J. 1977. Lipid conversion factors for calculating fatty acid contents of foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 54: 36–40.
- Weiss, R. 2001. Research and industry partnership in nutrient calculation software development. *J. Food Compos. Anal.*, 14: 253–261.

- Wernimont, G.T. 1985. *Use of statistics to develop and evaluate analytical methods*. Arlington, VA, USA, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- West, C.E., ed. 1985. EUROFOODS: towards compatibility of nutrient data banks in Europe. *Ann. Nutr. Metab.*, 29 (Suppl. 1): 5–72.
- West, C.E. 1990. Eurocode – practical experiences. In W. Becker y S. Danfors, eds. *Proceedings of the 4th Eurofoods Meeting*, pp. 133–135. Uppsala, Suecia, National Food Administration.
- Whistler, R.L. y Wolfrom, M.L. 1962. *Methods in carbohydrate chemistry*. Vol. 1. Londres, Academic Press.
- Widdowson, E.M. 1967. Development of British food composition tables. *J. Am. Diet. Assoc.*, 50: 363–367.
- Widdowson, E.M. 1974. A brief history of British food composition tables. En D.A.T. Southgate. *Guidelines for the preparation of tables of food composition*, pp. 53–57. Basilea, Suiza, Karger.
- Widdowson, E.M. y McCance, R.A. 1943. Food tables. Their scope and limitations. *Lancet*, i: 230–232.
- Wiggins, R.A. 1977. Separation of vitamin D<sub>2</sub> and vitamin D<sub>3</sub> by high-pressure liquid chromatography. *Chem. Ind. (Londres)*, 20: 841–842.
- Wilcox, K.R., Baynes, T.E., Crable, J.V., Duckworth, J.K., Huffaker, R.H., Martin, R.E., Scott, W.L., Stevens, M.V. y Winstead, M. 1978. Laboratory management. En S.L. Inhorn, ed. *Quality assurance practices for health laboratories*, pp. 3–126. Washington, DC, American Public Health Association.
- Willett, W. 1998. *Nutritional epidemiology*. 2ª edición. Nueva York, USA, Oxford University Press.
- Williams, A.P. 1982. Determination of amino-acids and peptides. En R. Macrae, ed. *HPLC in food analysis*, pp. 285–311. Londres, Academic Press.
- Williams, P.C. 1975. Application for near infra-red reflectance spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseeds. *Cereal Chem.*, 52: 561–576.
- Williams, P.C., Norris, K.H., Johnsen, R.L., Standing, K., Friconi, R., Macaffrey, D. y Mercier, R. 1978. Comparison of physicochemical methods for measuring total nitrogen in wheat. *Cereal Foods World*, 23: 544–547.
- Williams, R.C., Baker, D.R. y Schmit, J.A. 1973. Analysis of water-soluble vitamins by high-speed ion-exchange chromatography. *J. Chromatogr. Sci.*, 11: 618–624.
- Williams, R.C., Schmit, J.A. y Henry, R.A. 1972. Quantitative analysis of the fat soluble vitamins by high-speed liquid chromatography. *J. Chromatogr. Sci.*, 10: 494–501.
- Williams, R.D. y Olmsted, W.H. 1935. A biochemical method for determining indigestible residue (crude fiber) in feces: lignin, cellulose, and non-water-soluble hemicelluloses. *J. Biol. Chem.*, 108: 653–666.
- Wills, R.B.H. y Greenfield, H. 1981. Methodological considerations in producing data for food composition tables. *Food Technol. Aust.*, 33: 122–124.

- Wills, R.B.H. y Rangga, A. 1996. Determination of carotenoids in Chinese vegetables. *Food Chem.*, 56: 451–455.
- Wills, R.B.H., Balmer, N. y Greenfield, H. 1980. Composition of Australian foods. 2. Methods of analysis. *Food Technol. Aust.*, 32: 198–204.
- Wills, R.B.H., Francke, R.A. y Walker, B.P. 1982. Analysis of sugars in foods containing sodium chloride by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 30: 1242–1244.
- Wills, R.B.H., Lim, J.S.K. y Greenfield, H. 1987. Composition of Australian foods. 40. Temperate fruits. *Food Technol. Aust.*, 39: 520–521, 523.
- Wills, R.B.H., Shaw, C.G. y Day, W.R. 1977. Analysis of water-soluble vitamins by high pressure liquid chromatography. *J. Chromatogr. Sci.*, 15: 262–266.
- Wills, R.B.H., Wimalasiri, P. y Greenfield, H. 1981. Composition of Australian foods. 5. Fried take-away foods. *Food Technol. Aust.*, 33: 26–27.
- Wills, R.B.H., Wimalasiri, P. y Greenfield, H. 1983. Liquid chromatography, microfluorometry, and dye-titration determination of vitamin C in fresh fruit and vegetables. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 66: 1377–1379.
- Wills, R.B.H., Wimalasiri, P. y Greenfield, H. 1985. Comparative determination of thiamin and riboflavin in foods by high-performance liquid chromatography and fluorimetric methods. *J. Micronutr. Anal.*, 1: 23–29.
- Wills, R.B.H., Lim, J.S.K., Greenfield, H. y Bayliss-Wright, T. 1983. Nutrient composition of taro *Colocasia esculenta* cultivars from the Papua New Guinea highlands. *J. Sci. Food Agric.*, 34: 1137–1143.
- Wimalasiri, P. y Wills, R.B.H. 1983. Simultaneous analysis of ascorbic and dehydroascorbic acid in fruit and vegetables by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr.*, 256: 368–371.
- Wimalasiri, P. y Wills, R.B.H. 1985. Simultaneous analysis of thiamin and riboflavin in foods by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr.*, 318: 412–416.
- Windham, C.T., Wyse, B.W., Sorensen, A. y Hansen, R.G. 1983. Use of nutrient databases for identifying nutritional relationships to public health issues and developing educational programs. *Food Nutr. Bull.*, 5: 46–53.
- Wolever, T.M.S., Vorter, H.H., Bjorck, I., Brand-Miller, J., Brighenti, F., Mann, J.I., Ramdath, D.D., Granfeldt, Y., Holt, S., Perry, T.L., Ventner, C. y Wu, X. 2003. Determination of the glycaemic index of food: interlaboratory study. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 57: 475–482.
- Wolf, W.R. 1981. Assessment of inorganic nutrient intake from self-selected diets. En G.R. Beecher, ed. *Human nutrition research (BARC Symposium No. 4)*, pp. 175–196. Totowa, NJ, USA, Allenheld, Osmun Publishers.
- Wolf, W.R. 1982. Trace element analysis in food. En A. Prasad, ed. *Clinical, biochemical and nutritional aspects of trace elements*, pp. 427–446. Nueva York, USA, Alan R. Liss.
- Wolf, W.R., ed. 1985. *Biological reference materials: availability, uses, and need for validation of nutrient measurement*. Nueva York, USA, John Wiley.

- Wolf, W.R. 1993. Reference materials. *En* D.M. Sullivan y D.E. Carpenter, eds. *Methods of analysis for nutritional labeling*, pp. 111–122. Arlington, VA, USA, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).
- Wolf, W.R. y Harnly, J.M. 1984. Trace element analysis. *En* R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 3, pp. 69–97. Londres, Applied Science Publishers.
- Wolf, W.R. e Ihnat, M. 1985a. Evaluation of available biological reference materials for inorganic nutrient analysis. *En* W.R. Wolf, ed. *Biological reference materials availability, uses, and need for validation of nutrient measurements*, pp. 89–105. Nueva York, USA, John Wiley.
- Wolf, W.R. e Ihnat, M. 1985b. Preparation of total diet reference material (TDD-1). *En* W.R. Wolf, ed. *Biological reference materials: availability, uses, and need for validation of nutrient measurement*, pp. 179–193. Nueva York, USA, John Wiley.
- Wolf, W.R., Iyengar, G.V. y Tanner, J.T. 1990. Mixed diet reference materials for the nutrient analysis of foods: preparation of SRM-1548 Total Diet. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 338: 473–475.
- Woollard, D.C., Indyk, H.E. y Christiansen, S.K. 2000. The analysis of pantothenic acid in milk and infant formulas by HPLC. *Food Chem.*, 69: 201–208
- Wootton, M., Kok, S.H. y Buckle, K.A. 1985. Determination of nitrite and nitrate levels in meat and vegetable products by high-performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.*, 36: 297–304.
- Wright, A.J.A. y Phillips, D.R. 1985. The threshold growth response of *Lactobacillus casei* to 5-methyl tetrahydrofolic acid: implications for folate assays. *Br. J. Nutr.*, 53: 569–573.
- Wu Leung, W.T. y Flores, M. 1961. *INCAP-ICNND Food composition table for use in Latin America*. Ciudad de Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Bethesda NIH, Bethesda, MD, USA, National Institutes of Health.
- Wu Leung, W.T., Busson, F. y Jardin, C. 1968. *Food composition tables for use in Africa*. Atlanta, MD, USA, USDHEW y Roma, FAO (disponible en inglés en <http://www.fao.org/docrep/003/X6877E/X6877E00.htm#TOC>)
- Wu Leung, W.T., Butrum, R.R. y Chang, F.H. 1972. *Food composition table for use in East Asia*. Atlanta, MD, USA, USDHEW y Roma: FAO.
- Xu, X., Harris, K.S., Wang, H-J., Murphy, P.A. y Hendrich, S. 1994. Bioavailability of soybean isoflavones depends upon gut microflora in women. *J. Nutr.*, 125: 2307–2315.
- Yang, Y. 2002. *Final report on the 2nd MASIAFOODS meeting*. Beijing, 3–7 diciembre 2002 (disponible en <http://www.fao.org/infoods/neasia2.htm> ).
- Yoshida, K., Yamamoto, Y. y Fujiwara, M. 1982. A simple analytical method for niacin and nicotinamide in foods by high performance liquid chromatography. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 23: 428–433.

- Youden, W.J.** 1959. Accuracy and precision: evaluation and interpretation of analytical data. *En* I.M. Kolthoff y P.J. Elving, eds. *Treatise on analytical chemistry*, pp. 47–66. Nueva York, USA, Interscience Encyclopaedia.
- Youden, W.J.** 1962. Accuracy of analytical procedures. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 45: 169–73.
- Youden, W.J. y Steiner, E.A.** 1975. *Statistical manual of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, VA, USA, AOAC.
- Young, R.W.** 1984. Food and its pesticides. *En* R.D. King, ed. *Developments in food analysis techniques*. Vol. 3, pp. 145–174. Londres, Elsevier Applied Science Publishers
- Zak, B.** 1980. Cholesterol methodology for human studies. *Lipids*, 15: 698–704.
- Zakaria, M., Simpson, K., Brown, P.R. y Krstulovic, A.** 1979. Use of reversed-phase high-performance liquid chromatographic analysis for the determination of provitamin A carotenes in tomatoes. *J. Chromatogr.*, 176: 109–117.
- Ziegler, R.G.** 2001. The future of phytochemical databases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 74: 4–5.



## Índice temático

- Absorción de agua** (*Ver* Método de cocción)
- Aceites y grasas** (*Ver también* Grasa), 38, 41, 240
- Ácido nucleico**, 117
- Ácido orgánico**, 57, 62, 76, 134, 181, 199, 210
- Ácido pantoténico**, 59, 92  
Análisis del, 151, 157  
Forma de expresión del, 181
- Ácido urónico**, 65, 123, 125, 132
- Ácidos grasos**, 8, 13, 20, 53, 56, 57, 60, 61, 79, 86, 92, 94, 102, 117, 118, 120, 170, 179, 184, 185, 201, 208, 212, 215, 226, 244  
Análisis de los, 119, 120, 121, 122  
Cálculo de los, 200, 245, 246  
Forma de expresión de los, 181  
individuales, 57  
insaturados, 57  
monoinsaturados, 57, 60  
poliinsaturados, 57, 60  
saturados, 57, 60  
totales, 57, 61, 79, 179, 186, 216, 245  
*trans*, 10, 57, 92, 121
- Ácidos grasos individuales** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos insaturados** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos monoinsaturados** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos poliinsaturados** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos saturados** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos totales** (*Ver* Ácidos grasos)
- Ácidos grasos *trans*** (*Ver* Ácidos grasos)
- Actualización de las bases de datos** (*Ver* Base de datos)
- Aglicona**, 158, 159
- Alcoholes de azúcar**, 62, 63, 127
- Alimentos infantiles**, 42
- Alimentos manufacturados**, 10, 22, 42, 60, 212
- Alimentos no cultivados**, 42, 74, 77, 225
- Alimentos para regímenes dietéticos especiales**, 18, 19, 20, 42
- Alimentos preparados**, 41, 42, 43, 75, 85, 240, 248
- Análisis proximal** (*Ver* Proximal)
- Asado** (*Ver* Método de cocción)
- Aves de corral**, 41, 85, 186, 245
- Azúcares** (*Ver también* Carbohidrato, Monosacárido y Disacárido), 13, 20, 38, 41, 57, 60, 76, 86, 92, 101, 107, 123, 128, 134, 184, 210, 212, 239, 243
- Azufre**, 138, 139, 160, 243
- Base de datos** (*Ver también* Programa de bases de datos de composición de alimentos), 3, 6, 7, 13, 16, 26, 32, 39, 47, 52, 59, 60, 72, 74, 88, 98, 118, 143, 159, 180, 222  
Actualización de una, 33, 208, 215  
Funcionamiento de una, 31, 33  
Limitación de su utilización, 4, 209  
Mantenimiento de una, 31, 33, 213  
Proceso de compilación de una, 46, 189-206

- Sistemas de gestión de una, 12, 55, 189, 206, 214, 228  
 concisa, 57-59  
 con fines especiales, 13, 182  
 de composición de alimentos, 1, 2, 3, 9, 11, 15, 21, 23, 25, 31, 36, 42, 55, 69, 73, 88, 91, 109, 169, 179, 189-206, 211, 214, 222  
 de los usuarios, 11, 12, 13, 31, 54, 57-59, 62, 183, 197, 202, 205  
 de referencia, 11, 12, 13, 31, 55, 57-59, 60, 62, 179, 184, 196, 199, 202  
 exhaustiva, 11, 35, 53, 57-59, 179  
 informatizada, 3, 25, 26, 35, 212, 218  
 nacional, 14, 33, 197  
 nutricional, 1, 33, 62, 70, 191, 208, 215, 216  
 regional, 14, 197  
 simplificada, 13, 60, 222
- Bebidas**, 38, 39, 41, 56, 240  
 alcohólicas, 38, 42, 62, 133
- Braiseado** (*Ver* Método de cocción)
- Buenas prácticas de laboratorio**, 15, 163, 164, 166, 167
- Cafeína**, 67
- Calidad** (*Ver también* Garantía de calidad, Programa de garantía de calidad), 9, 10, 15, 20, 49, 93, 135, 189-206  
 Códigos de, 16, 144, 203  
 Control de, 6, 11, 31, 111, 115, 125, 134, 164, 168, 170, 191, 203, 210, 213  
 Evaluación de, 201, 203  
 de los datos, 2, 3, 7, 12, 31, 40, 106, 163-178, 201, 223, 224, 230
- Calidad de los datos** (*Ver* Calidad)
- Capacitación**, 19, 89, 90, 94, 98, 165, 166, 207, 218, 223, 230
- Carbohidrato**, 57, 60, 62, 65, 92, 123, 160, 181, 184, 199
- Carne elaborada**, 47
- Carne y productos cárnicos**, 38, 41, 80, 108
- Carnitina**, 67
- Carnosina**, 67
- Cereales y productos derivados**, 38, 41, 73, 108, 110, 118, 121, 127, 152, 170, 210, 238
- Cifras significativas**, 160, 169, 182, 185, 186
- Cinc**, 58, 92, 137, 145
- Clasificación de los alimentos**, 183, 216, 227
- Cocción a la plancha** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción a presión** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción al horno** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción al vapor** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción en agua** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción en el fuego** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción en horno de tierra** (*Ver* Método de cocción)
- Cocción en sartén seca** (*Ver* Método de cocción)
- Códigos de calidad** (*Ver* Calidad)
- Códigos de confianza**, 61, 196, 203, 204
- Colecalciferol**, 58, 143, 144
- Comida rápida**, 42, 75
- Componente inorgánico**, 58, 66, 134, 185, 243, 244  
 Análisis, 185, 212, 238, 239, 240  
 Forma de expresión, 181
- Componente nitrogenado** (*Ver también* Nitrógeno), 92, 111, 117
- Componente no nutriente**, 5, 12, 54, 61, 66, 67
- Componente proximal** (*Ver* Proximal)
- Conservante**, 85, 198
- Consistencia** (*Ver* solidez)

- Contaminante**, 5, 10, 12, 47, 53, 58, 66, 77, 78, 94, 96, 98, 159
- Contenido de agua**, 9, 44, 45, 56, 79, 109, 111, 183, 198, 200, 210, 247
- Contenido de nutrientes**, 5, 9, 10, 37, 43, 86, 170, 209, 216, 225, 247
- Control de calidad** (*Ver Calidad*)
- Creatinina**, 67
- Criterios para el muestreo** (*Ver Muestreo*)
- Cromatografía**, 108, 116, 117, 122, 125, 140
- de fase inversa, 142, 145, 159,
  - de fase normal, 142, 145
  - de gases, 114, 116, 118, 125, 140, 144
  - de intercambio iónico, 114, 115
  - en capa fina, 120, 121
  - en columna, 140
  - gas-líquido, 108, 111, 120, 124, 126, 128, 138, 151, 159
  - gas-sólido, 108, 111
  - líquida automática, 212
  - líquida de alta presión, 212
  - líquida de alto rendimiento, 114, 115, 120, 124, 126, 128, 138, 140, 151
- Crustáceos**, 41, 115
- Cumestrol**, 66, 158,
- Datos epidemiológicos**, 18
- Descriptor**, 47, 48, 207
- Desviación estándar (DE)**, 61, 97, 173, 235, 236
- Desviación estándar relativa (DER)**, 97, 100, 103
- Determinación replicada** (*Ver también Réplica, Replicación*), 173
- Disacárido**, 20, 57, 63, 118, 123, 131, 160
- Disolvente de lípidos**, 101, 117
- Efectos del almacenamiento**, 86, 88
- Epidemiología nutricional**, 213, 223
- Ergocalciferol**, 58, 143, 144
- Error de muestreo** (*Ver Muestreo*)
- Estadísticas**
- de la composición de alimentos, 204
  - de consumo, 29, 36, 37, 38, 72, 73
  - de producción, 18, 29, 39
  - de venta, 36, 74
- Esterol**, 57, 60, 93, 118, 122, 158, 244, 245
- Estofado** (*Ver Método de cocción*)
- Estudios de recuperación** (*Ver también Recuperación*), 102, 173
- Estudios epidemiológicos**, 2, 14, 18, 223, 224, 230
- Etapas de muestreo** (*Ver Muestreo*)
- Etiquetado**, 9, 10, 47, 62, 87, 90, 176
- de alimentos, 13, 21, 55, 117, 184, 199
  - nutricional, 2, 37, 51, 55, 81, 117, 133, 135, 184, 222, 227, 230
- Evaluación de la calidad** (*Ver Calidad*)
- Examen de los datos**, 189, 192, 229
- Factor de rendimiento**, 10, 211, 247
- Factor de retención**, 9, 43, 200, 247, 248
- Fitato**, 53
- Fitoestrógeno**, 59, 158, 159, 226
- Flavonoide**, 53, 59, 66, 158
- Flúor**, 58, 92, 138, 139
- Fluorescencia**, 143, 145, 149, 153, 158
- de rayos X, 138, 139
- Folacina** (*Ver Folato*)
- Folato**, 20, 21, 59, 86, 92, 96, 148, 151, 155, 156, 203, 210, 216, 226
- Análisis, 243
  - Expresión, 181
- Fosfolípido**, 57, 60, 92, 94, 118, 123, 245
- Fósforo**, 58, 92, 137, 138, 243

- Freidura en poca grasa** (*Ver* Método de cocción)
- Freidura en grasa abundante** (*Ver* Método de cocción)
- Frutas y productos derivados**, 41
- Fuente de datos**, 9, 11, 12, 16, 29, 32, 66, 183, 189, 190, 193, 196, 202, 229
- Funcionamiento de una base de datos** (*Ver* Base de datos)
- Garantía de calidad** (*Ver también* Calidad, Programa de garantía de calidad), 12, 91, 164, 168, 192, 196, 229  
de los datos, 15, 94, 106, 228, 230
- Gestión de los datos**, 10, 11, 56, 186, 207, 229, 230
- Grasa** (*Ver también* Aceites y grasas), 9, 18, 20, 33, 39, 44, 52, 56, 60, 73, 76, 86, 88, 96, 101, 107, 117, 119, 121, 131, 157, 160, 170, 181, 240  
insaturada, 108, 118  
poliinsaturada, 10
- Grupos de alimentos**, 29, 36, 39, 41, 117, 187, 225
- Hemicelulosa**, 62, 65, 132
- Hervido a fuego lento en agua abundante** (*Ver* Método de cocción)
- Hidrolizado**, 60, 64, 116, 127, 133
- Hierro**, 18, 20, 36, 37, 51, 88, 137, 210, 214  
hemo, 58, 92, 228  
no hemo, 58, 228
- Hoja de balance de alimentos**, 39
- Homogeneidad**, 70, 88, 171, 205
- Homogeneización**, 88, 238, 239, 241
- Hortalizas y productos hortícolas**, 41
- Huevos**, 38, 41, 113, 118, 144, 186, 238, 240, 245
- Humedad**, 7, 21, 45, 56, 86, 107, 108, 109, 111, 119, 171, 183, 205, 236, 243, 244
- Identificación de los alimentos**, 196
- Identificadores de la INFOODS**, 16, 63, 64, 65, 185, 199
- INFOODS**, 2, 6, 14, 23, 39, 61, 183, 189, 195, 207, 221, 222, 223, 227, 233
- Ingesta**  
de alimentos, 19, 205, 217  
de nutrientes, 1, 16, 17, 39, 73, 218  
dietética, 169, 215
- Insectos**, 39, 46, 88, 110, 166
- Interpretación de los datos**, 23, 176, 213
- Inulina**, 64
- Investigación epidemiológica**, 75, 93
- Isoflavona**, 66, 158, 159
- Isotiocianato**, 66
- Jarabes**, 33, 38, 41, 65, 127, 240
- Leche y productos lácteos**, 38, 41, 113, 186, 239, 245
- Legislación sobre nutrición**, 93
- Lignano**, 66, 158, 159
- Lignina**, 57, 62, 92, 132, 133, 185
- Lignina-celulosa**, 123
- Limitación de una base de datos** (*Ver* Base de datos)
- Lípido** (*Ver también* Disolvente de lípidos), 57, 60, 93, 117, 119, 121, 134, 144, 145, 171, 179, 184, 187
- Liposoluble**, 139, 140, 210
- Lisina**, 114, 117

- Magnesio**, 58 92, 137, 214
- Manganeso**, 92
- Mantenimiento de una base de datos** (*Ver* Base de datos)
- Marisco**, 38
- Matriz alimentaria**, 134, 170, 173
- Medio de envasado**, 47, 84
- Mercurio**, 112, 166
- Método de cocción**
- Absorción de agua, 44, 88
  - Asado, 44, 243
  - Asado a la parrilla, 45
  - Asado en hoguera, 45
  - Braseado, 45
  - Cocción a la plancha, 45
  - Cocción a presión, 45
  - Cocción al horno, 44, 118
  - Cocción al vapor, 7, 44
  - Cocción en agua, 44
  - Cocción en el fuego, 45
  - Cocción en horno de tierra, 43
  - Cocción en sartén seca, 45
  - Estofado, 45
  - Freidura en grasa abundante, 44
  - Freidura en poca grasa, 44
  - Hervido a fuego lento en agua abundante, 44
  - Microondas, 45, 108
  - Tandoori, 45
- Método de muestreo** (*Ver también* Muestra, Muestreo), 16, 77, 79
- Muestreo aleatorio, 77, 78
  - Muestreo de conveniencia, 77, 78
  - Muestreo estratificado, 77, 80
  - Muestreo selectivo, 77, 78
- Método de preparación**, 84, 85, 87
- Micotoxina**, 53, 66
- Microondas** (*Ver* Método de cocción)
- Mimosina**, 67
- Minerales**, 10, 51, 66, 76, 170, 177, 210, 215, 244
- Molibdeno**, 92
- Monosacárido**, 20, 57, 63, 118, 123, 125, 128, 130, 131, 132, 160, 185, 201
- Muestra** (*Ver también* Muestreo), 70
- Almacenamiento, 86, 88
  - Identificación, 84, 90, 192
  - Naturaleza, 88, 90, 192
  - Número, 11, 61, 80, 194, 205, 236
  - Preparación, 75, 81, 86, 87, 193, 237, 238, 243
  - Recogida, 72, 73, 75, 76, 80, 83, 168, 191
  - Registro, 83, 84, 85, 167
  - Tamaño, 80
  - analítica, 11, 81, 88, 172, 243
  - compuesta, 71, 81
  - de laboratorio, 71, 81
  - estacional, 76
  - geográfica, 76
  - primaria, 71, 73, 75, 81, 82
  - reducida, 81
  - replicada, 70
  - representativa, 15, 72, 87, 90
- Muestreo** (*Ver también* Muestra, Método de muestreo), 69-90
- Criterios para el, 72, 194
  - Error de, 70, 89, 90, 97
  - Etapas del, 81, 89
  - Objetivos del, 69
  - Operación de, 71
  - Plan de, 29, 48, 52, 79, 205
  - Procedimientos de, 6, 12, 13, 54
  - Programa de, 29
  - Protocolo de, 3, 40, 73, 79, 82, 89
- Muestreo aleatorio** (*Ver* Método de muestreo)
- Muestreo de conveniencia** (*Ver* Método de muestreo)
- Muestreo estratificado** (*Ver* Método de muestreo)

- Muestreo selectivo** (*Ver* Método de muestreo)
- Niacina**, 59, 86, 152, 181, 200, 216  
Análisis, 92, 150
- NIR reflectancia en el infrarrojo cercano**, 108, 110, 111, 112, 115, 118, 119, 120, 228
- Nitrato**, 58, 138, 139
- Nitrito**, 58, 138, 139
- Nitrógeno** (*Ver también* Componente nitrogenado, Nitrógeno no proteico), 7, 30, 57, 59, 61, 86, 92, 102, 110, 111, 112, 113, 179, 183, 199, 240
- Nitrógeno no proteico (NNP)** (*Ver también* Nitrógeno), 59, 110, 201
- Nitrosamina**, 67
- Nueces y semillas**, 38, 39, 41
- Nutriente**, 8, 9, 10, 14, 15-16, 19, 27, 37, 51-67, 86, 91, 93, 212, 218, 226
- Objetivos del muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Oligosacárido**, 57, 62, 63, 64, 86, 123, 126, 127, 131
- Operación de muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Oxalato**, 53
- Pauta de consumo de alimentos**, 39, 40
- Pescado**, 38, 41, 46, 76, 103, 110, 113, 117, 122, 186, 238, 245
- Pico**, 127, 174, 175
- Piridoxal**, 153
- Piridoxina**, 153
- Plan de muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Platos preparados a partir de recetas**, 247
- Plomo**, 166
- Polifenol**, 66
- Poliol**, 57, 62, 63, 64, 126, 127, 131, 161
- Polisacárido**, 57, 64, 65, 123, 127  
Análisis de, 128
- no amiláceo (PNA), 62, 92, 101, 123, 130
- no celulósico, 62, 65
- Porción comestible**, 46, 179, 182, 207
- Potasio**, 13, 20, 58, 92, 135
- Precisión**, 95, 97, 99, 103, 197, 247
- Preparación de los alimentos para el análisis**, 237-242
- Preparación de muestras analíticas**, 238, 243
- Presentación de los datos**, 61, 179-187
- Procedimientos de muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Producto cárnico elaborado**, 41
- Programa de bases de datos de composición de alimentos** (*Ver también* Base de datos), 14, 28, 54, 189
- Programa de garantía de calidad** (*Ver también* Calidad), 168, 170, 178, 198, 202, 223, 225, 228
- Programa de muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Proteínas**, 57, 58, 112, 160, 184, 199  
Análisis, 96, 110, 115  
Forma de expresión, 181
- Protocolo de muestreo** (*Ver* Muestreo)
- Proximal**  
Análisis proximal, 109, 184  
Componente proximal, 66, 185, 201  
Sistema proximal, 107, 111, 112
- Prueba de recuperación** (*Ver también* Recuperación), 101
- Radioinmunoensayo**, 140, 145, 151, 155
- Recuperación** (*Ver también* Estudios de recuperación, Prueba de recuperación), 101, 140, 177, 201
- Reglamentación alimentaria**, 10, 94, 160, 223
- Réplica**, 81, 103, 134
- Replicación**, 105, 147, 166
- Residuo**, 66, 130, 133, 135, 185, 237

- Resonancia magnética nuclear (RMN)**,  
108, 111
- Retinoide**, 58, 101, 140, 141
- Riboflavina** (vitamina B<sub>2</sub>), 20, 59, 86, 149,  
153  
Análisis, 92, 150  
Forma de expresión, 181  
Estructura, 149, 150
- Salsa**, 38, 42, 240
- Salud pública**, 19, 37, 52, 58, 80
- Saponina**, 66
- Selección de alimentos**, 15, 35-49
- Selección de nutrientes**, 51-67
- Selenio**, 58, 92, 137
- Sensibilidad**, 94, 98, 99, 140
- Sistema de datos** (*Ver también* Base de datos), 5, 59
- Sistema de gestión de una base de datos**  
(*Ver* Base de datos)
- Sistema proximal** (*Ver* Proximal)
- Sodio**, 58, 92, 135
- Solanina**, 67
- Sorbitol**, 64
- Subgrupos de alimentos**, 42
- Sulfato**, 58, 112, 139
- Sustancia péctica**, 62, 65
- Tandoori** (*Ver* Método de cocción)
- Tanino**, 67, 158
- Técnica de elaboración**, 20, 47
- Teobromina**, 67
- Teofilina**, 67
- Tiamina** (vitamina B<sub>1</sub>), 58, 86, 214, 244  
Análisis, 92, 150  
Estructura, 148, 149  
Forma de expresión, 181
- Tocoferol**, 58, 145, 146, 181
- Tocotrienol**, 58, 145, 146
- Traza** (*Ver también* Valor traza), 97, 98,  
127, 134, 180, 181, 185
- Triacilglicerol**, 57, 60, 92, 93, 101, 118,  
119, 121, 184, 201
- Triglicérido**, 121, 184, 201, 245
- Triptófano**, 59, 114, 115, 116, 152, 200
- Unidad**, 70, 179, 181, 194
- Universidad de las Naciones Unidas**  
(UNU), 2, 14, 23, 221
- Valor [de los datos]**  
analítico, 7, 43, 55, 69, 169, 176, 179,  
180, 183, 198  
atribuido, 7, 180  
ausente, 179, 213  
calculado, 9, 180, 184  
cero, 180, 213  
supuesto, 9  
traza, 180
- Variabilidad**, 71, 76
- Vitámero**, 58, 59, 66, 139, 145, 151, 185
- Vitamina** (*Ver también* Vitamina liposoluble y Vitaminas individuales),  
58, 66, 139, 185  
Análisis, 92, 140  
Forma de expresión, 181
- Vitamina liposuble**, 139, 140, 210
- Vitamina A** (*Ver también* Carotenoide, Retinoide, Vitamina), 58, 141, 199  
Análisis, 92, 140  
Forma de expresión, 181
- Vitamina B** (*Ver también* Riboflavina, Tiamina, Vitamina), 59, 148, 153, 155  
Análisis, 92, 148, 151  
Forma de expresión, 181
- Vitamina C** (*Ver también* Vitamina), 58, 147  
Análisis, 92, 147, 150

Forma de expresión, 181

**Vitamina D** (*Ver también* Vitamina), 144,  
158

Análisis, 92, 140, 144

Forma de expresión, 181

**Vitamina E** (*Ver también* Vitamina), 58,  
145

Análisis, 92, 140, 145

Forma de expresión, 181

**Vitamina K** (*Ver también* Vitamina), 58,  
145

Análisis, 92, 140, 145

Forma de expresión, 181

**Xilano**, 65

**Yodo**, 58, 137, 138



**Heather Greenfield** se graduó en zoología y fisiología y se doctoró en nutrición, obteniendo después un diploma de postgrado en salud pública. En 1975 se trasladó a Australia, donde fue profesora de nutrición en la Universidad de Nueva Gales del Sur y comenzó a trabajar sobre la composición de los alimentos australianos, interviniendo en el programa nacional de composición de alimentos y en la Red internacional de sistemas de datos de alimentos (INFOODS). Ha asesorado a varios países sobre sus programas de composición de alimentos, impartido enseñanza y capacitación sobre este tema a estudiantes de numerosos países y realizado un gran número de consultorías para la industria alimentaria. Se sigue ocupando activamente de sus actividades de investigación sobre composición de alimentos, nutrición en la salud pública y salud de los huesos y tiene abundantes publicaciones sobre estos temas.

**David Southgate** se graduó en ciencias químicas y biológicas y se doctoró en bioquímica, comenzando a trabajar con el Prof. McCance y el Dr. Widdowson en 1955 en la revisión de la tercera edición de *The composition of foods* (La composición de los alimentos) (1960). Su investigación de ese período estaba relacionada con la disponibilidad de energía y en particular con los carbohidratos en los alimentos. En 1972, trabajó con el Grupo de Nutricionistas Europeos en las directrices para la preparación de tablas nacionales de composición de alimentos. Éstas constituyeron el marco para su colaboración con Alison Paul en la cuarta edición de *The composition of foods* (La composición de los alimentos) (1978). Luego ha seguido colaborando con la EUROFOODS y la INFOODS en la preparación de datos de composición compatibles de calidad elevada y cursos de capacitación sobre la obtención de datos nutricionales. También está trabajando en la elaboración de una base de datos de nutrientes para su uso en el estudio de la Investigación prospectiva europea sobre cáncer y nutrición (EPIC).

**Los datos de composición de los alimentos son esenciales** para diversos fines en numerosas esferas de actividad. El establecimiento de una red mundial de bases de datos de composición de alimentos compatibles es una tarea importante que requiere un enfoque sistemático tanto para la obtención como para la compilación de datos de buena calidad. Los *Datos de composición de alimentos* se prepararon como un conjunto de directrices que sirvieran de ayuda a los particulares y las organizaciones que se ocupaban del análisis de los alimentos, la compilación de datos, su difusión y su utilización. Su objetivo primordial es mostrar la manera de obtener datos de buena calidad que satisfagan las necesidades de los múltiples usuarios de las bases de datos de composición de alimentos. Las presentes directrices se basan en la experiencia adquirida en los países que tienen en marcha programas de composición de alimentos desde hace muchos años.

En conjunto, la estructura de estas directrices sigue las etapas de un programa ideal para la creación de una base de datos amplia de composición de alimentos: selección de alimentos y sus componentes para el análisis, muestreo de alimentos, métodos analíticos, compilación y documentación de datos, aplicaciones de los datos y mantenimiento de la calidad en todos los pasos. Este libro proporciona una guía inestimable para los profesionales de la investigación sobre salud y agricultura, la formulación de políticas, la reglamentación y la inocuidad de los alimentos, la obtención de nuevos productos alimenticios, la práctica clínica, la epidemiología y otros muchos sectores de actividad para los que los datos de composición de alimentos constituyen un recurso fundamental.

ISBN 978-92-5-304949-3 ISSN 1014-6679



9 789253 049493

TC/M/Y4705S/1/11.06/1000