

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 Zelandia (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>
Necesidad de control dietético general	
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
Estados carenciales	
Anemia	Hierro, folato, vitamina B ₁₂
Avitaminosis	Contenido de vitaminas específicas
Trastornos metabólicos	
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
Intolerancias	
Disacáridos, monosacáridos	Azúcares individuales, en particular sacarosa, lactosa, fructosa, galactosa
Gluten (y otras proteínas específicas)	Gluten, proteínas específicas
Jaqueca	Monoaminas
Alergias	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

Durante 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 consituir 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

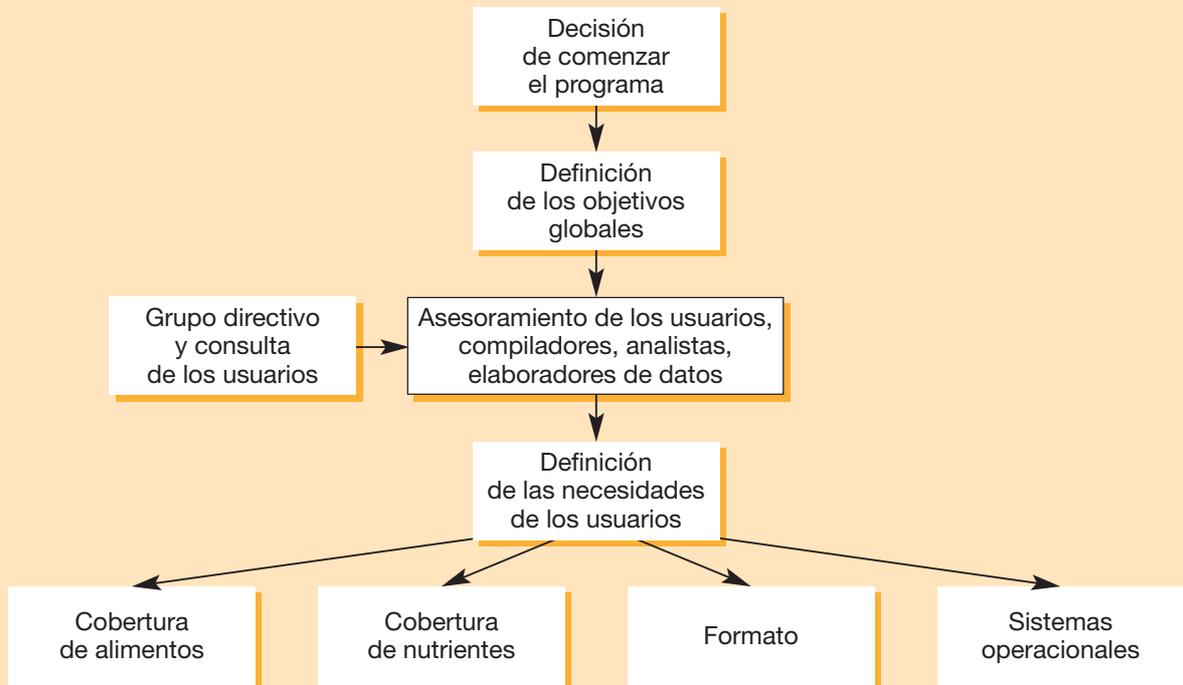
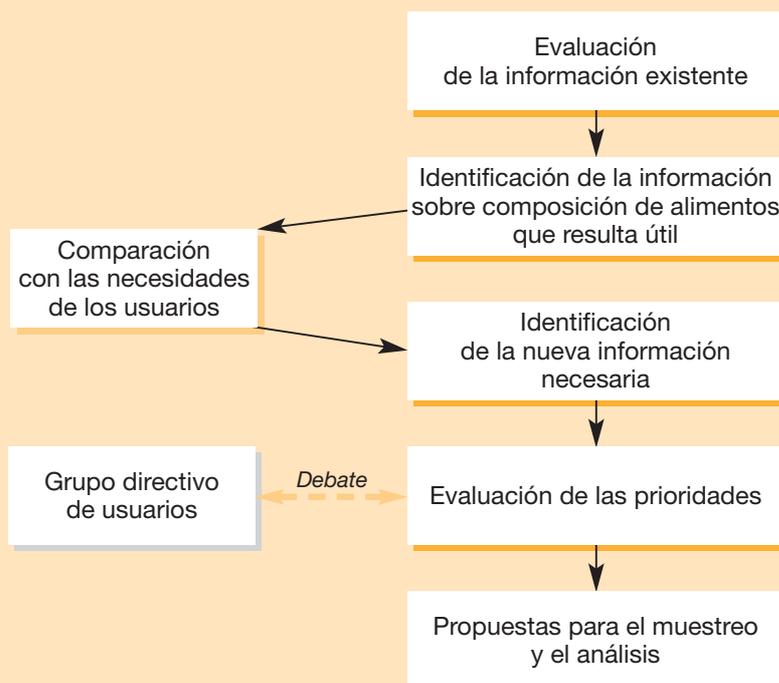


Figura 2.2 Establecimiento de prioridades para el muestreo y el análisis



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.

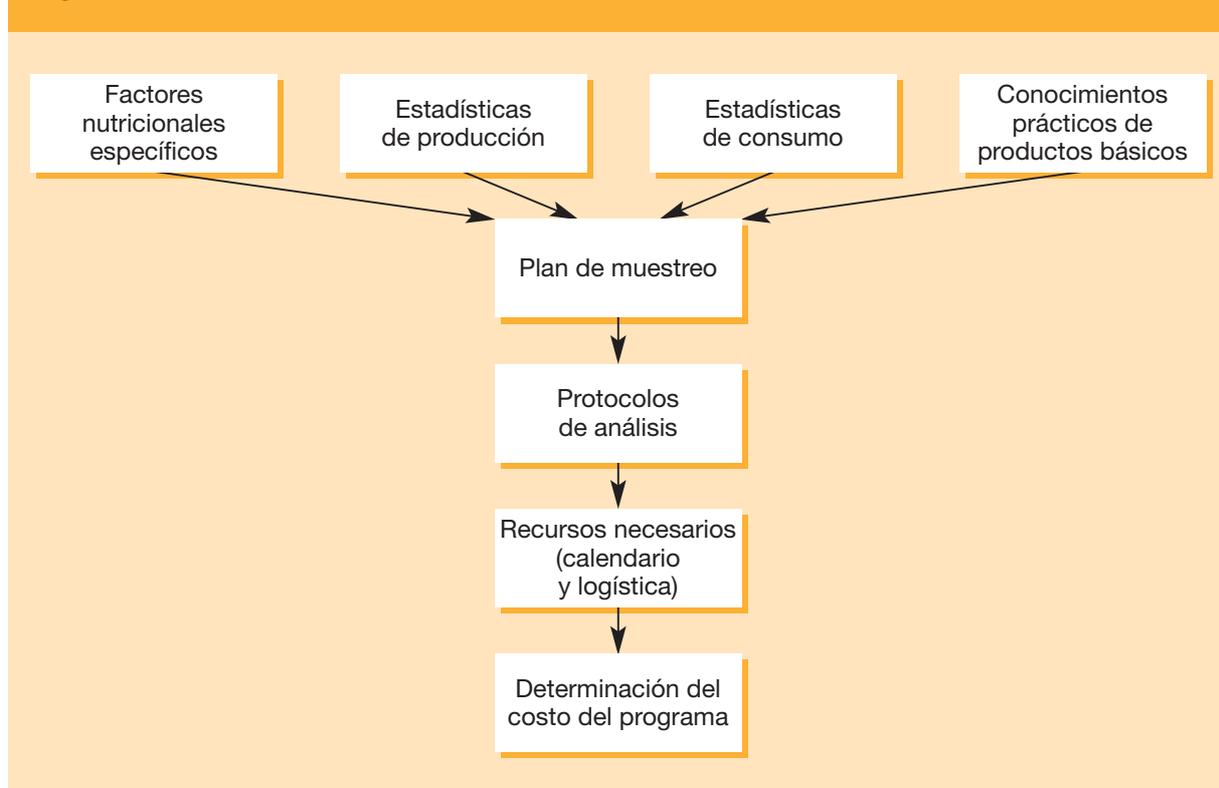
Etapas del programa

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

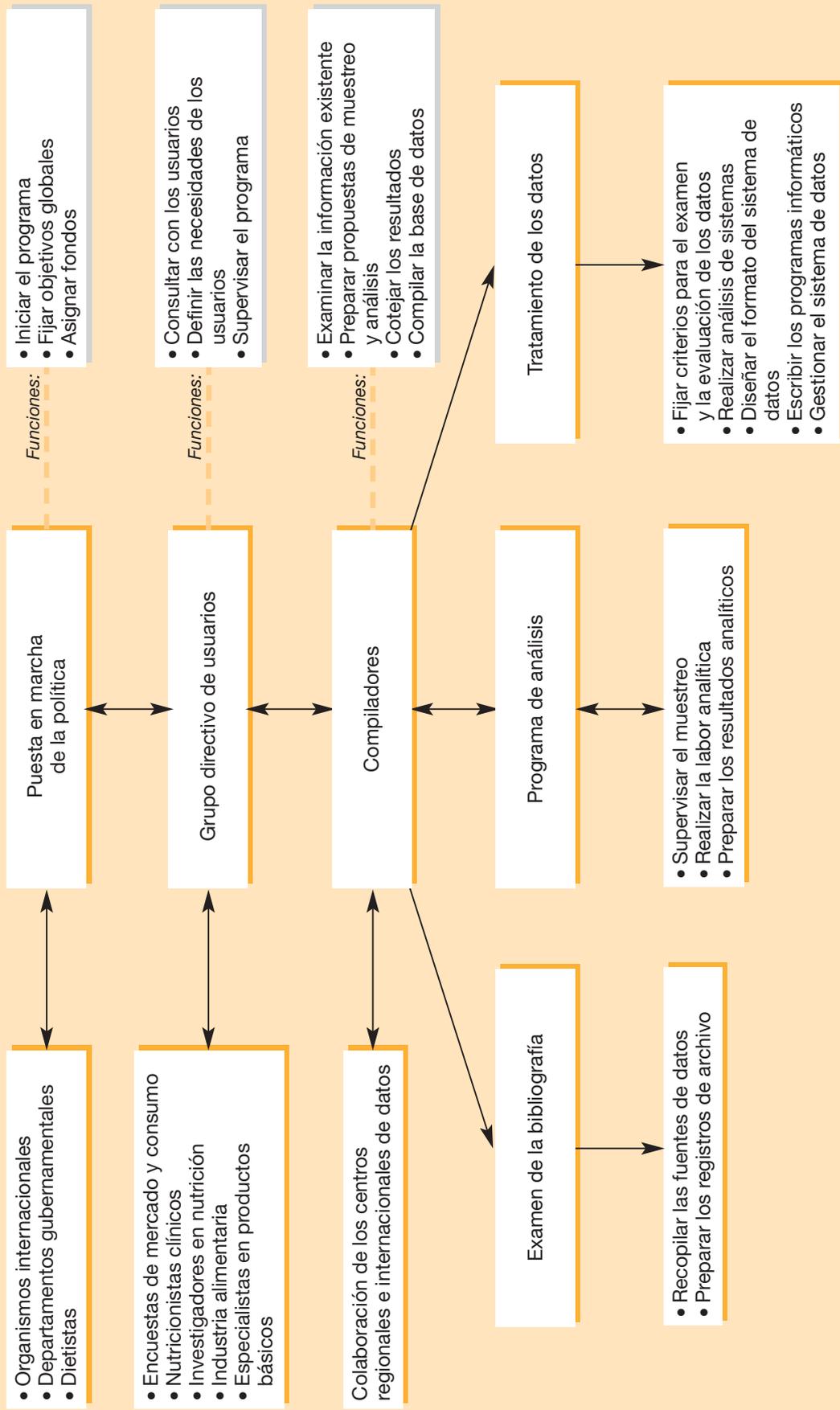
Los compiladores deben colaborar estrechamente con el grupo directivo de usuarios. Es altamente recomendable que los usuarios examinen las secciones de la base de datos a medida que se preparan. Estos exámenes les permitirán alertar a los compiladores sobre posibles problemas relativos al formato, la 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

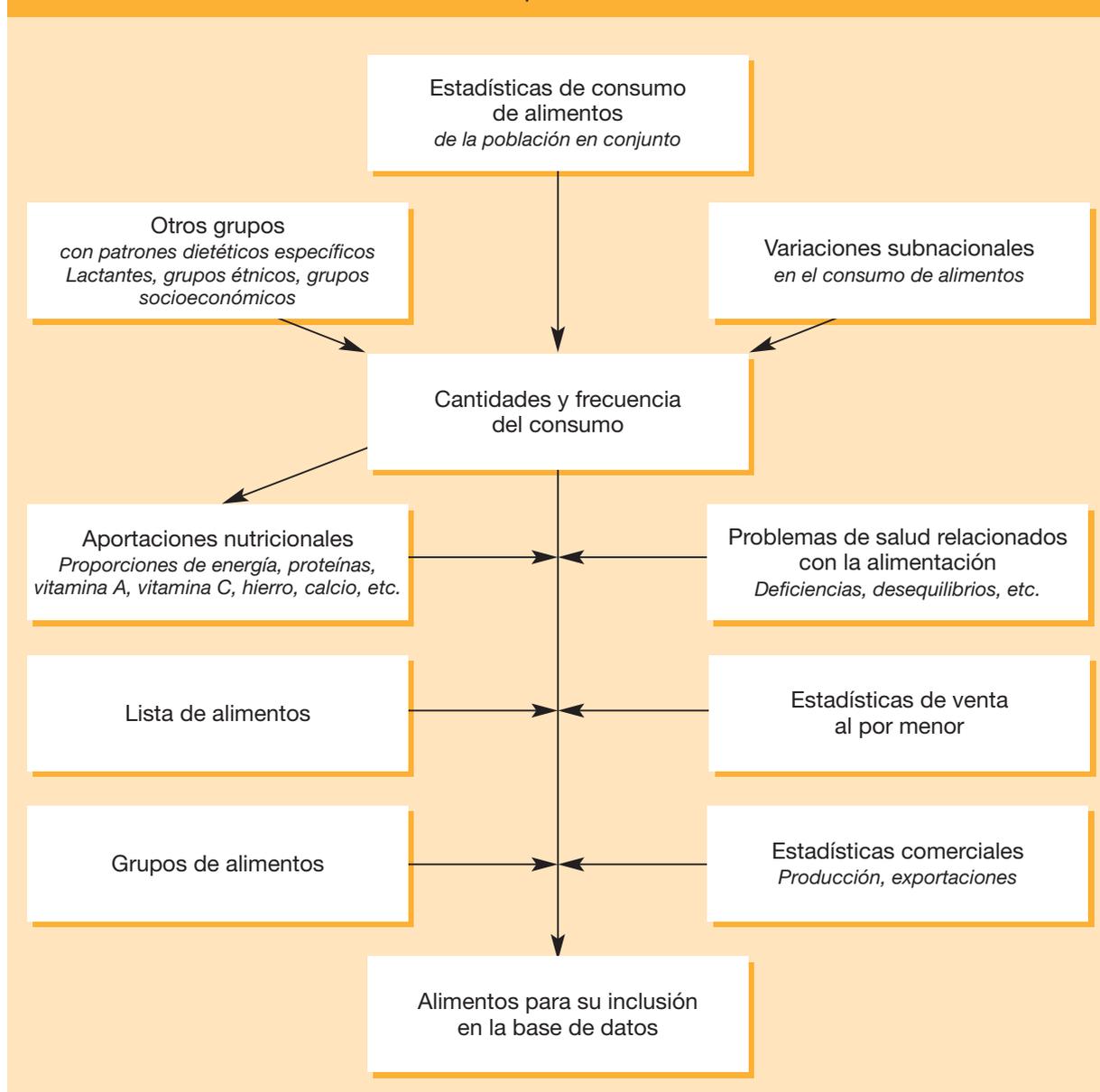
La mayoría de los usuarios de bases de datos de composición de alimentos desearían que éstas fueran exhaustivas. El programa sobre composición de alimentos tiene por objeto garantizar que en las bases de datos figure una serie de productos alimenticios que incluya de la manera más completa posible los 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 Oriente¹</i>	<i>Tablas de composición de alimentos de las Islas del Pacífico²</i>	<i>Tablas de composición de alimentos del Reino Unido³</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 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 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 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:
¹ FAO, 1982.
² Dignan *et al.*, 1994.
³ 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

<i>Grupos de alimentos</i>	<i>Posibles subgrupos</i>	<i>Observaciones</i>
Cereales y productos derivados	Grano y harinas Productos de los cereales (panes, pasta, tortillas, galletas dulces, galletas saladas, tortas, masa, pan crujiente) Cereales para el desayuno	Incluidos los alimentos preparados con cereales
Hortalizas y productos hortícolas	Raíces, tubérculos, tallos, bulbos, plátanos de cocinar Hortalizas de hoja 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.) 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 Moluscos y sus huevas Crustáceos y sus huevas 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 Aves de corral y caza Despojos 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	
Subgrupos basados en los tipos de uso		
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

Método	Descripción	Resultado previsto	Retención prevista	Mediciones experimentales
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 en grasa 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)

Método	Descripción	Resultado previsto	Retención prevista	Mediciones experimentales
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
Pescado		
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)	

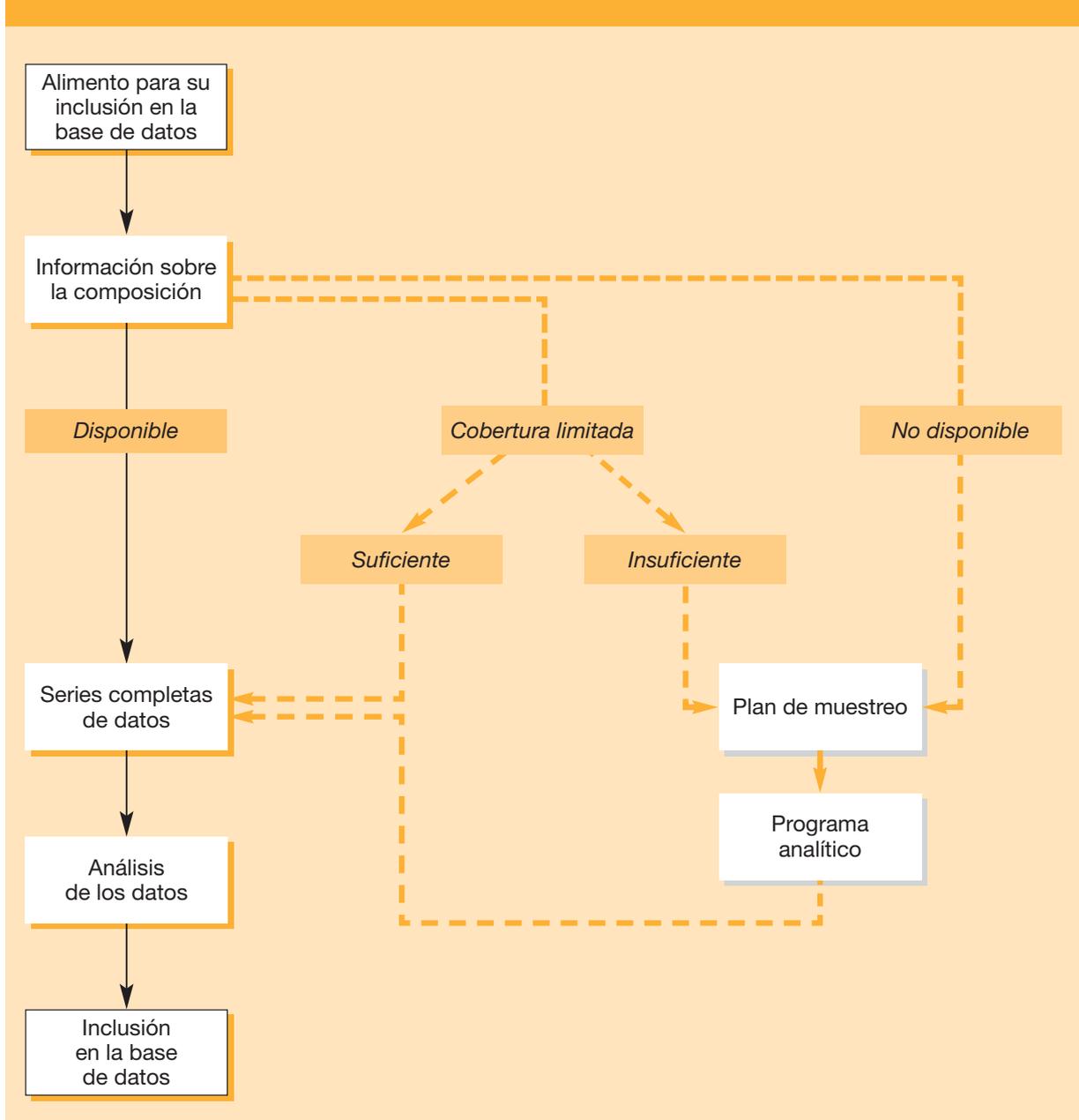
Nota: Esta lista no es exclusiva; deben incluirse todas las facetas que faciliten la identificación.

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

El 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.

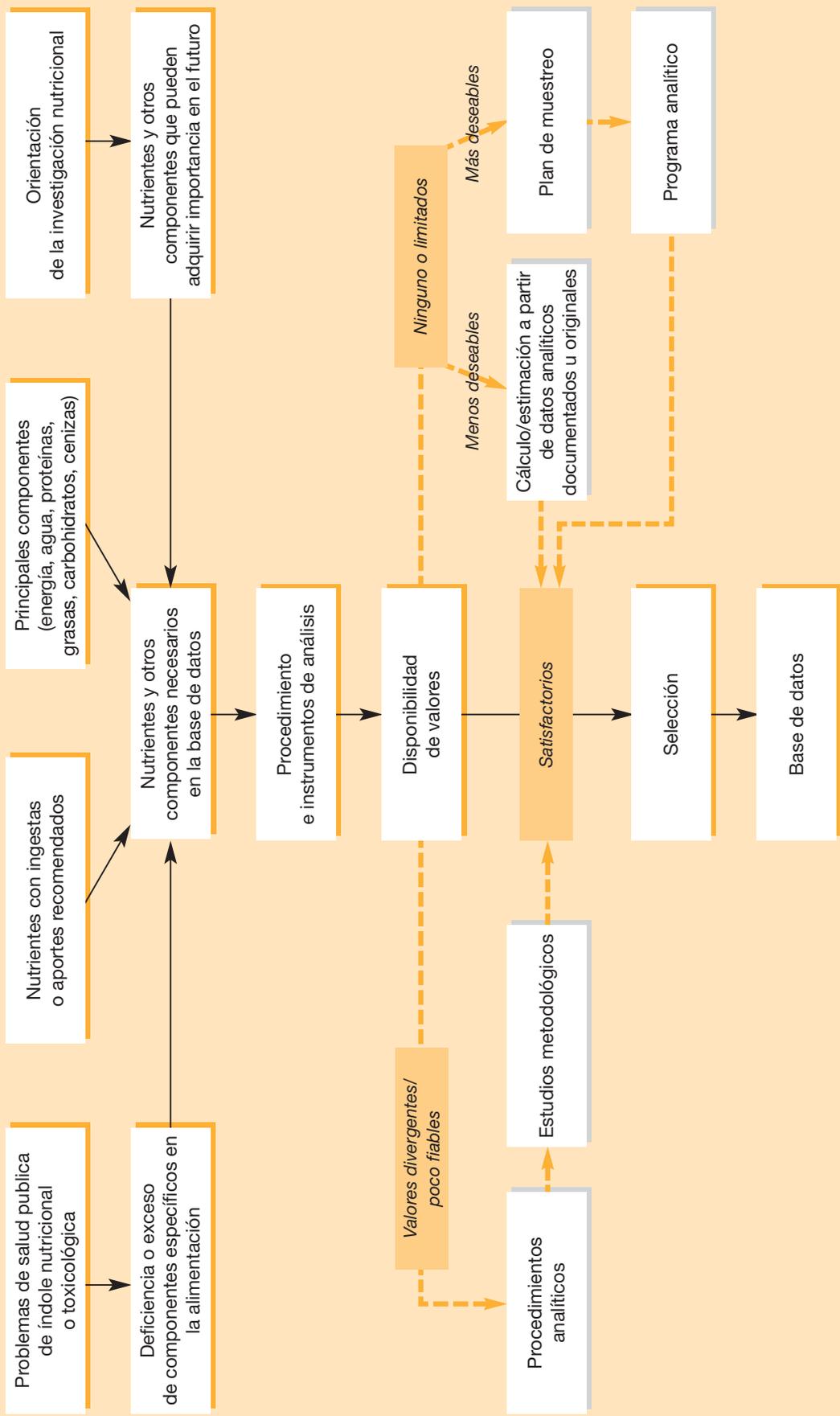
Necesidad básica de información

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 *purdah*, 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^a</i>
Principales componentes		
Agua	Agua	
Proteínas	Nitrógeno total Proteínas (N total x factor, suma de aminoácidos) Factor de conversión del nitrógeno Aminoácidos	Proteínas (N proteico x factor) N no proteico Componentes de N no proteico
Grasas totales (o grasas como equivalentes de triacilglicerolos)	Grasas totales (o grasas como equivalentes de triacilglicerolos) 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 Monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos individuales totales Polioles totales e individuales Índice glucémico	
Polisacáridos	Almidones, incluido el glucógeno Polisacáridos	Almidón de digestión rápida Almidón resistente
Fibra dietética ^b	Fibras dietéticas ^b y sus fracciones	Polisacáridos no celulósicos Celulosa Lignina 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 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^a</i>
Componentes inorgánicos		
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)	
Vitaminas		
Vitamina A (RE) Retinol Equivalentes de beta-caroteno	Vitamina A (RE), retinol, equivalentes de beta-caroteno, otros carotenoides provitamina A ^c , 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 ₃), 25-hidroxivitamina D ₃ , ergocalciferol (vitamina D ₂), 25-hidroxivitamina D ₂ , factores de actividad	
Vitamina E	Vitamina E (y factores de actividad), tocoferoles y tocotrienoles	
Vitamina K ^d	Vitamina K ^d	
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^a</i>
Vitaminas (continuación)		
Niacina total	Niacina total, niacina preformada, niacina potencial a partir del triptófano	Valor del triptófano, factor de conversión
Folatos totales ^e	Folatos totales, vitámeros individuales, factores de actividad ^e	
Vitamina B ₆	Vitamina B ₆ total, vitámeros individuales	
Vitamina B ₁₂	Vitamina B ₁₂ , isómeros individuales	
	Ácido pantoténico	
	Biotina	
Otros componentes		
	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>		
^a 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.		
^b Estos valores se deben definir por el método analítico utilizado.		
^c 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.		
^d No se dispone de valores para todas las formas de vitamina K, por el momento son adecuados los de la K ₁ .		
^e 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

Formato y usuarios	Alimentos	Componentes	Bases	Datos numéricos	Fuente/calidad/ códigos de confianza
Tablas ^a concisas Consumidores y profesionales	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
Tablas abreviadas Consumidores y profesionales	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 Deseables: desviación estándar y/o error estándar, número de muestras	Deseable para los valores
Tablas no abreviadas Profesionales	Todos	Todos	Por 100 g y una o varias medidas más, por g de N ^b , por 100 g de AGT ^c	Media, desviación estándar y/o error estándar, número de muestras	Esencial para los valores
Archivos electrónicos personalizados Profesionales/ especialistas (p. ej., clínicos)	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 ^b , por g de AGT ^c	Esencial: media Deseables: desviación estándar y/o error estándar, número de muestras; según las necesidades de los usuarios	Deseable para los valores
Archivos electrónicos exhaustivos Profesionales (p. ej., investigadores)	Todos	Todos	Por 100 g y otras medidas como la selección de los usuarios, por g de N ^b , por 100 g de AGT ^c	Media, desviación estándar y/o error estándar, número de muestras	Esencial para los valores

Notas:

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

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

^c 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.

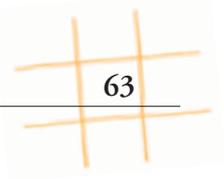
Polioles (alcoholes de azúcares). Comprenden un grupo de alcoholes polihídricos relacionados estructuralmente con los azúcares, cuyo grupo reductor se ha convertido en un compuesto hidroxilo. En los alimentos están presentes de forma natural en cantidades muy reducidas, pero se utilizan abundantemente 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 polioles 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 polioles 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	
Azúcares						
Azúcares libres	Monosacáridos	Monosacáridos	Grande	Glucémicos y no glucémicos	MNSAC	
	Pentosas (monosacáridos)	Arabinosa	Rara	No glucémica	ARAS	
		Xilosa	Rara	No glucémica	XYLS	
		Glucosa	Grande	Glucémica	GLUS	
	Hexosas (monosacáridos)	Fructosa	Grande	Glucémica	FRUS	
		Galactosa	Escasa	Glucémica	GALS	
	Disacáridos	Disacáridos	Disacáridos	Grande	Glucémicos	DISAC/DISACM
		Sacarosa	Sacarosa	Grande	Glucémica	SUCS/SUCSM
		Lactosa	Lactosa	Escasa ¹	Glucémica	LACS/LACSM
		Maltosa	Maltosa	Escasa ²	Glucémica	MALS/MALSM
Oligosacáridos totales disponibles		Oligosacáridos totales disponibles	Escasa	Glucémicos y no glucémicos	OLSAC/OLSACM	
Oligosacáridos	Contienen entre 3 y 9 residuos de monosacáridos	Maltotriosa y superiores	Escasa ²	Glucémicas	MALTRS/ MALTRSM	
		Rafinosa	Escasa ³	No glucémica	RAFS/ RAFSM	
		Verbascosa	Escasa ³	No glucémica	VERS/VERSM	
		Estaquirosa	Escasa ³	No glucémica	STAS/ STASM	
		Poliolios (antes denominados alcoholes de azúcares)	Poliolios (antes denominados alcoholes de azúcares)	No glucémicos	POLYL	
Poliolios	Trihídrico	Glicerol	Escasa	No glucémico	GLYRL	
		Xilitol	Escasa ⁴	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
Polioles (continuación)	Hexahídrico	Manitol	Escasa	No glucémico	MANTL
		Sorbitol (glucitol)	Escasa ⁵	No glucémico	SORTL
	Alcoholes de disacáridos	Lactitol	Escasa ⁶	Débilmente glucémico	LACTL
		Maltitol	Escasa ⁶	Débilmente glucémico	MALTl
Polisacáridos					
Polisacáridos de reserva	Almidones	Almidones	Grande	Glucémicos	STARCH/ 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	
	Almidón resistente	Grande	Glucémico	STARES	
	Fructanos	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 ⁷		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 ⁸	Hidrosolubles, ricas en ácido urónico	No glucémicas	PSACNCP
		Hemicelulosas ⁹	No hidrosolubles, sobre todo xilanos y glucanos, con poco ácido urónico	No glucémicas	HEMCEL
	Celulosa	Diversos grados de polimerización		No glucémica	CELLU
Almidones modificados ¹⁰	Ésteres, éteres y fosfatos con enlaces cruzados			Algunos pueden ser glucémicos o parcialmente glucémicos	STAMO/ STAMOM
Gomas y mucilagos	Gomas Mucilagos	Amplia gama de sustancias hidrosolubles ⁹		No glucémicos	GUMS MUCIL
Polisacáridos de algas	Sulfatados	Carragenina ¹⁰		No glucémica	CARGN
		Agar ¹⁰		No glucémico	AGAR
	No sulfatados	Alginatos ¹⁰		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.

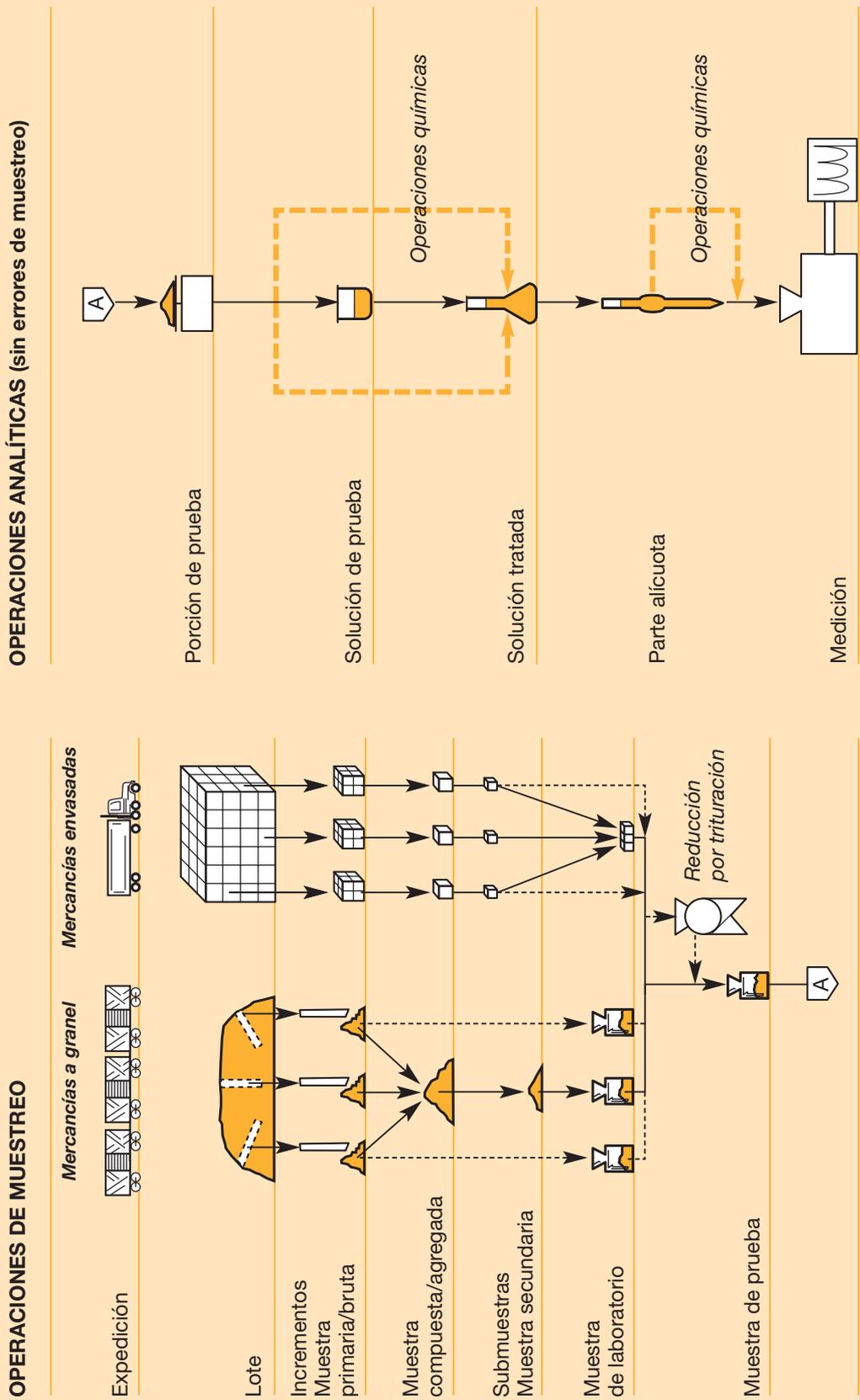
Algunos términos básicos

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

Término	Definición	Observaciones sobre la aplicación en los estudios de composición de alimentos
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

Método	Definición y características	Notas sobre la aplicación
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

Nombre común del alimento	
Número de código de la muestra	
Fecha de recepción en el laboratorio	
<i>Identificación del alimento</i>	<i>Ejemplos de registro</i>
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

Detalles de la recogida		Ejemplos de registro
Nombre común del alimento		
Número de código de la muestra		
Fecha de recepción en el laboratorio		
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

Nombre común del alimento	
Número de código de la muestra	
Fecha de recepción en el laboratorio	
<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos de registro</i>
Tipo de alimento	Grupo de alimentos (legumbres, jugos de fruta, productos lácteos, etc.)
Uso local del alimento	En fiestas, hambrunas, etc.
Dimensiones físicas	
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
Para los alimento de marca o preenvasados	
Peso del alimento recogido	
Número de unidades	
Peso de cada unidad	
Peso de la medida o porción normal	
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

Nombre común del alimento	
Número de código de la muestra	
Fecha de recepción en el laboratorio	
<i>Etapa de la manipulación</i>	<i>Ejemplos de registro</i>
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

Efectos	Cambios potenciales	Nutrientes afectados	Precaución
Deseccación	Pérdida de agua	Todos los nutrientes	Formulación del protocolo. Mantener las muestras en recipientes herméticos o cubiertos. Pesar 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 Síntesis	Pérdida de carbohidratos, proteínas. Aumento de la tiamina, la vitamina B ₆ , la niacina y la vitamina B ₁₂	Almacenamiento a baja temperatura. Puede ser necesaria la pasteurización o la adición de inhibidores
Oxidación	Destrucción de ácidos grasos insaturados Pérdida de vitaminas	Alteraciones del perfil de las grasas 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 ₂
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. Limpiar a fondo todos los utensilios antes de usarlos y conservarlos en bolsas objetos de plástico
Separación	Separación de grasas. 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®. 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)

Nutriente	Buena	Adecuado	No adecuado para ciertos alimentos	Ausente
------------------	--------------	-----------------	---	----------------

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 ₆ , folatos totales, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, vitamina B ₁₂	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 Vanderslice (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 B₁₂ 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)

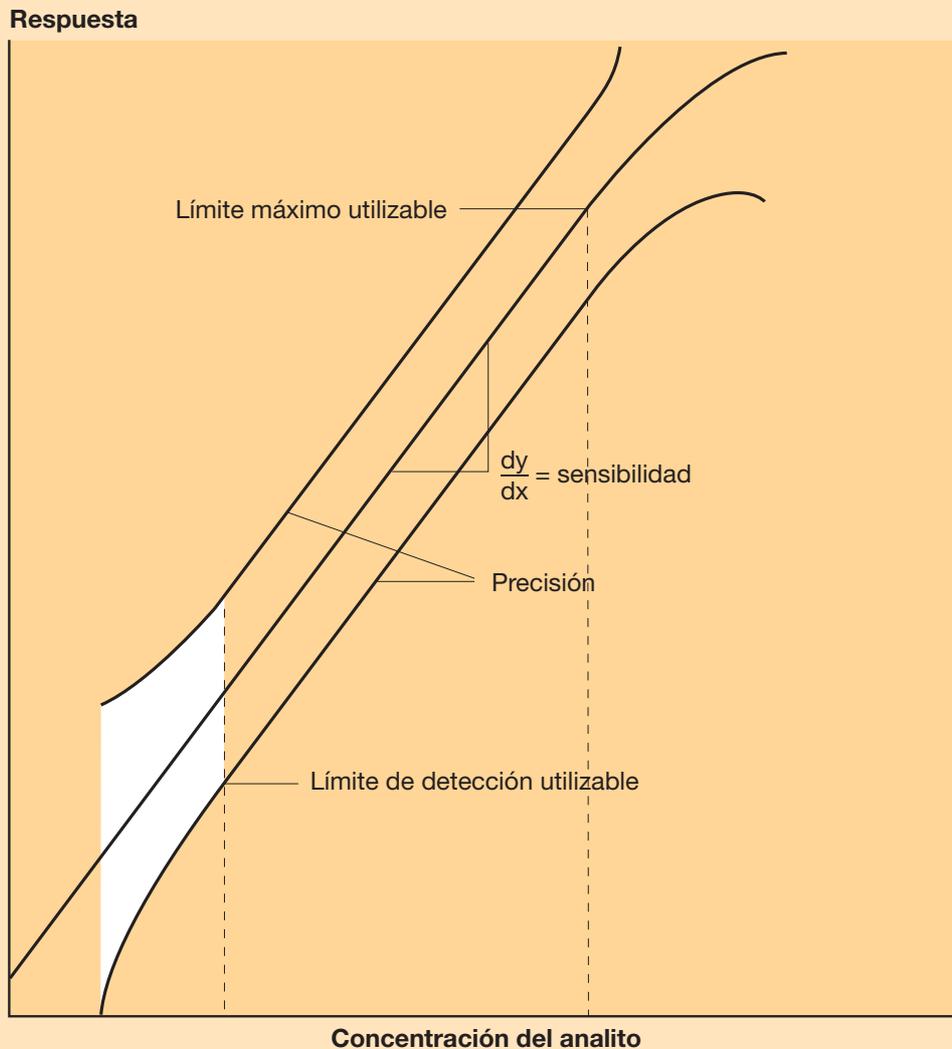
Se trata de una propiedad cualitativa y se refiere a la capacidad de un método para funcionar de manera adecuada frente a las fluctuaciones del protocolo de análisis. Dichas fluctuaciones pueden ser la cronología de las etapas, los cambios de temperatura o las concentraciones exactas de los reactivos. 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 Participar en estudios en colaboración
Analista	Un solo analista	Realizar análisis con distintos analistas periódicamente Colaborar con otros analistas Intercambiar muestras
Elección del procedimiento	Un solo procedimiento	A ser posible, utilizar métodos basados en principios diferentes 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.