



La importancia del muestreo en la cadena agroalimentaria

Arnaldo C . Nonzioli
Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Es sabido que para medir las características de calidad de una población resulta necesario seleccionar una muestra y examinarla. Rara vez es deseable (o aun posible) examinar el 100 % de un lote para determinar su calidad. Por lo tanto, seleccionar una muestra que represente la calidad del conjunto bajo análisis es una tarea delicada, ya que si no representa a la población, los resultados obtenidos al examinarla pueden llevar a conclusiones erróneas y quizás muy costosas. **Actualmente se considera que el muestreo es tan importante como el análisis posterior.**

Por ejemplo, si se toma una muestra de cerezas de árboles ubicados en el lado norte de una huerta, es posible que el estudio del grado de madurez de la muestra induzca a la conclusión incorrecta de que el predio está listo para la cosecha.

El estudio del muestreo es muy complejo y el análisis de los posibles procedimientos de muestreo obliga a plantearse, básicamente, cinco cuestiones:

1. ¿Cuál es la ubicación óptima del lugar de muestreo?
2. ¿Cómo debería tomarse la muestra?
3. ¿Cuál es el óptimo tamaño de la muestra?
4. ¿Con qué frecuencia debería tomarse la muestra?
5. ¿Es homogénea la población de la cual se extrae la muestra?

Primero es necesario considerar los factores inherentes a la población que deben ser considerados para crear un plan de muestreo confiable.

El ejemplo de la huerta de cerezas ilustra la necesidad de asegurar que una muestra represente a la población. **No es simplemente una porción de dicha población.** Desafortunadamente las variables difieren de industria a industria y de producto a producto.

Por ejemplo, seleccionar una muestra al azar de maíz del primer camión que llega por la mañana y analizarla para determinar la relación azúcar/almidón, puede proveer al jefe de planta la información requerida para determinar si se procede a envasar grano entero o forma cremosa, **pero solo para ese camión.**

A veces la experiencia muestra que la relación puede cambiar drásticamente en pocas horas; las cargas de los camiones subsiguientes pueden no ser aptas para el proceso seleccionado inicialmente. Esto nos lleva a una primera decisión en lo relativo al envasado.

Otro caso, muy diferente, es el muestreo de alimentos envasados para la venta que salen de una línea de producción y que son elaborados en lotes o partidas.

¿Por qué muestrear?

En el caso del maíz, el muestreo es necesario para establecer la relación azúcar/almidón del material de entrada, de manera que pueda fijarse el proceso subsiguiente. Es esencial que se seleccione la muestra de manera tal de asegurar que representa alguna población definida. Si la experiencia ha mostrado que la relación cambia lentamente durante la mañana para el producto proveniente de una parcela determinada, puede ser posible muestrear, por ejemplo, de la primera, tercera y quinta carga de esa parcela, para establecer la relación y observar el corrimiento del proceso para ese día particular. Ello dependerá de factores tales como velocidad del viento, temperatura y humedad. Por lo tanto, una muestra puede emplearse para medir de manera confiable esa característica del maíz, para ese período de la mañana.

En este ejemplo, la respuesta a la pregunta “*¿por qué muestrear?*” es obvia: no es posible determinar la relación de la carga completa, de modo que se seleccionan unas pocas mazorcas al azar que, en la medida de lo posible, representen la composición completa de la población. Las dificultades inherentes a este ejemplo son evidentes debido a las amplias variaciones que pueden producirse de plantación a plantación, de surco a surco y aún de mazorca a mazorca en una misma planta. **Es improbable que se obtenga una calidad razonablemente uniforme de maíz envasado o congelado sin esta medida crítica de la materia prima.**

Otro ejemplo: muestrear la carga de un camión tanque que contiene azúcar líquido (solución de sacarosa disuelta en agua con un contenido de sólidos equivalente a 66° Brix) y determinar su concentración, es una tarea mucho más fácil que la del ejemplo anterior. Puede demostrarse, por ejemplo, que una

muestra integrada por volúmenes de 500 ml. extraídos de la superficie, el medio y el fondo de un camión tanque, es consistentemente representativa de todo el contenido del camión.

Sin embargo el solo hecho de que sea posible obtener una muestra confiable no constituye una razón válida para establecer un sistema de muestreo. Los resultados de los análisis deben tener alguna función significativa en el sistema de calidad del producto. Por ejemplo, supóngase un camión tanque, que llega con un *Brix* certificado, y el proceso requiere que cada *batch* (lote) del producto que usa ese jarabe sea ajustado a una única concentración, que debe monitorearse cuidadosamente durante el proceso. Aquí, saber si cada envío tiene la concentración esperada no constituye ninguna ventaja. Esto, ciertamente, no exime de la necesidad de un monitoreo periódico, pero no se requieren grandes cantidades de datos para controlar la calidad porque se agregarían costos innecesarios.

Buscando defectos

Debe notarse que en los ejemplos anteriores, las muestras de cerezas, de maíz y de azúcar líquido fueron extraídas para medir alguna característica de la población, no para encontrar defectos. Pero hay muestreos que sí están destinados a buscar defectos.

Los Centros para la Prevención y el Control de Enfermedades de los Estados Unidos, estiman que aproximadamente 76 millones de personas en ese país se enferman cada año por bacterias dañinas presentes en los alimentos y que unas 5.000 mueren por esas causa. **El tema es que las intoxicaciones alimentarias pueden prevenirse** y aquí el muestreo para el posterior análisis cumple un rol esencial en las inspecciones de alimentos.

El interés actual en la relación dieta y salud ha estimulado la demanda de datos representativos de la composición química de los alimentos.

Esto significa que se necesita contar con valores exactos de energía, nutrientes y otros componentes alimentarios para calcular consumos dietéticos, determinar políticas alimentarias, controlar la seguridad alimentaria, formular nuevos productos y facilitar el comercio.

Asimismo, el muestreo es fundamental para articular mecanismos que garanticen la seguridad y el uso inocuo de aditivos alimentarios, como así también para el empleo apropiado de plaguicidas y medicamentos veterinarios.

El conocimiento de las técnicas de muestreo también es básico desde el punto de vista legal a la hora de dirimir un conflicto (peritaje, acción tomada como consecuencia de una inspección, etc.) o una controversia comercial internacional.

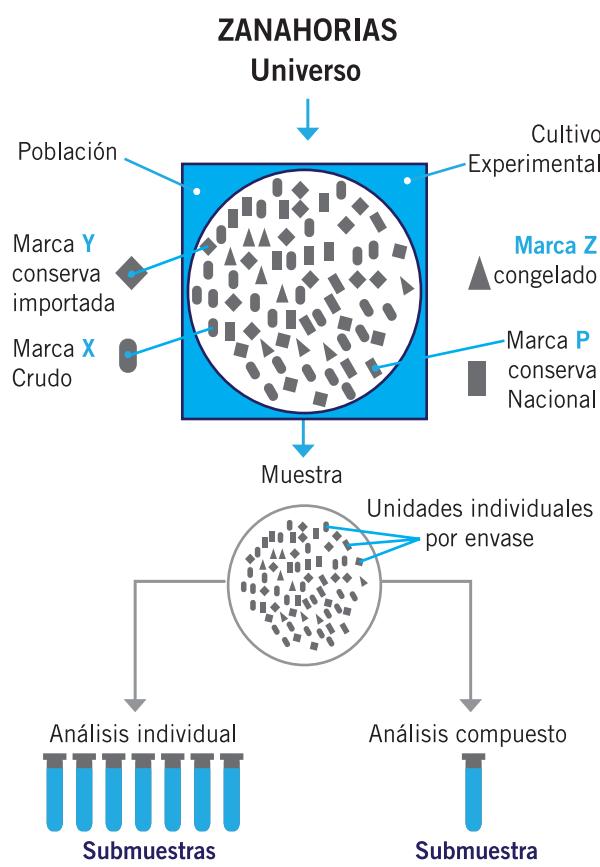
El gráfico 1 ilustra el concepto estadístico de una muestra y su relación con la población que abarca todos los tipos, marcas y unidades de un alimento. El término “población” describe el conjunto de objetivos relevantes a partir de los cuales se escoge un subconjunto para el análisis. Generalmente, la población de interés es muy grande y puede ser considerada como infinita en relación con el tamaño del subconjunto que se debe seleccionar.

En el ejemplo, la población consiste en todas las clases de zanahorias comúnmente consumidas por los individuos. En este mismo ejemplo, los cultivos experimentales de zanahorias se encuentran fuera de la población, pero son parte del universo mayor de todas las zanahorias. Cuando se estiman los niveles de un nutriente contenido en las zanahorias consumidas en los Estados Unidos, probablemente uno podría no muestrear estos cultivos ya que no son consumidos ampliamente. Aunque no es posible o deseable analizar cada paquete, unidad o lote de un alimento, el análisis de un subconjunto de unidades cuidadosamente seleccionadas puede proveer los datos requeridos para llegar a conclusiones sobre la población de todas las unidades existentes.

Cuando se usa la teoría tradicional para sistemas de muestreo, el término “muestra” se refiere al subconjunto o grupo de artículos o unidades que son seleccionados en la población de interés para representar a dicha población. Ver gráfico de la página 72, gráfico 1.



Gráfico 1 | Concepto estadístico de universo, población y muestra



Fuente | Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición | FAO Departamento de Agricultura. 1997

Estudios sobre la composición de alimentos. Conceptos de La FAO

El muestreo apropiado de los alimentos es importante en todos los estudios de composición de alimentos y de fundamental importancia en los sistemas de base de datos.

Una correcta recolección de muestras de alimentos y su adecuado tratamiento es crucial, de ahí que el cuidado que se otorgue al muestreo debe ser por lo menos igual al dado al análisis.

Muy a menudo, un análisis muy exacto, costoso y lento puede desperdiciarse si las muestras de alimentos no

han sido apropiadamente recolectadas, manejadas inadecuadamente o documentadas pobremente.

El muestreo corresponde a la selección y colección de ítems de alimentos definidos en número, tamaño y naturaleza para ser representativo del alimento.

Los objetivos del muestreo para estudios de composición son:

- Recolectar alimentos representativos de aquellos disponibles o consumidos por la población concerniente.
- Entregar información de las variaciones en la composición de los alimentos.
- Asegurar que las porciones tomadas para el análisis son representativas de los alimentos recolectados.
- Prevenir las pérdidas, contaminación o degradación del material en todo tiempo durante la recolección, manipulación, almacenamiento, etc.

Diseño de un procedimiento de muestreo

La muestra representativa será la resultante de un plan de muestreo y se espera que refleje adecuadamente las propiedades de interés de la población madre.

Se entiende por *plan de muestreo* el procedimiento determinado para la selección, extracción, preservación, transporte y preparación de las porciones a ser extraídas de una población para servir como muestras.

Es necesario entonces construir una forma de muestreo que refleje esta consideración y dirigida a la obtención de alimentos que remedie el modo de proceder del consumidor (muestras del campo o del supermercado).

Tomada la decisión de analizar alimentos específicos hace falta diseñar un **protocolo de muestreo** que defina el número y tamaño de ítems de alimentos y adónde pueden ser obtenidos. Debe describir en detalle cómo deben recogerse y cómo debe prepararse la muestra en el laboratorio.

El diseño del plan de muestreo tiene que utilizar información proveniente de diversas fuentes para tener datos de producción, almacenamiento y distribución

de alimentos. Se necesitan también datos estadísticos de demo–grafía y consumo para definir su distribución y así su recolección para análisis.

El plan de muestreo también requiere conocer el rango de concentración de los nutrientes que serán analizados y su concentración mínima detectable, para establecer la cantidad suficiente de material a colectar.

Previamente tuvo que establecerse si se analizarían muestras simples o compuestas porque si, por ejemplo, interesa información de la variación, es necesario analizar muestras simples pero realizar varias repeticiones.

El plan de muestreo también debe incluir disposiciones para la recolección de muestras indicando qué instituciones la realizarían. Por lo demás, una vez elaborado con todos sus detalles, el plan tiene que ser sometido a discusión con cada uno de los participantes.

Estrategias para el muestreo de alimentos

A fin de lograr exactitud, es necesario estimar el número de muestras definidas para el muestreo de un alimento, de modo que haya representatividad estadística de la población de todos los valores existentes para un componente determinado en el producto alimentario de interés.

El Laboratorio de Composición de Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), ha conducido investigaciones tendientes a desarrollar estrategias estadísticas para el muestreo del suministro de alimentos en los Estados Unidos con el fin de determinar los valores de los componentes de los alimentos.

Cuando se pretende establecer una estrategia para el muestreo de alimentos, es necesario definir los objetivos del proyecto y determinar las prioridades analíticas para los alimentos y sus componentes. Los alimentos que se van a muestrear deben ser descritos en términos de: tipo de producto, ingredientes, estado de preservación, fuente, cultivo, y otros factores que podrían influir en los niveles de los componentes. Pueden usarse datos demográficos y de mercadeo para identificar los parámetros que podrían constituir fuentes de variación. Además, con el fin de minimizar

el impacto de errores que podrían aparecer durante el proceso de medición, hace falta estandarizar los protocolos para el manejo de muestras y de análisis.

Desde 1960 se ha observado una evolución en los patrones de consumo de alimentos y su impacto en la salud de la población, lo que ha incrementado el requerimiento de datos de composición química para más alimentos y componentes alimentarios. Más recientemente, se ha reconocido al consumo de alimentos como uno de los factores en el desarrollo longitudinal de enfermedades de diferente etiología.

Los datos de composición de alimentos no solo se emplean para identificar y controlar tendencias alimentarias; también son utilizados para verificar hipótesis, y en campos, como el mercadeo, la seguridad y elaboración de los alimentos, etc.

El creciente interés por la composición de los alimentos estimula la demanda de mejores datos, incluyendo una indicación del número de análisis, el plan de muestreo, y de la magnitud y fuentes de variabilidad, tanto como información descriptiva sobre el método analítico.

La escasez de datos sobre alimentos e ingredientes impide establecer relaciones entre dieta y salud y afecta la producción, regulación y uso de los alimentos. El mayor requerimiento de datos puede ser atribuido, en parte, al desarrollo de instrumentación sofisticada, que permite medir en forma más rápida que antes cantidades muy pequeñas de componentes en alimentos y en diferentes matrices biológicas.

Asimismo, el desarrollo y la disponibilidad de equipos de procesamiento de datos mejoraron la posibilidad de manipular grandes archivos de datos para investigar nuevas hipótesis. En vista de la importancia de los alimentos como vehículos de nutrientes y otros componentes, generar estos datos no es una práctica aislada, sino más bien una parte integral del esfuerzo dirigido a establecer el estado de la salud humana y los efectos de la dieta.

La generación de datos sobre la composición de los alimentos podría contemplar un espectro amplio de objetivos específicos, tales como:

- El desarrollo de una base de datos con la composición de alimentos nacionales.



- La determinación del nivel de aflatoxinas en un cargamento de granos.
- La determinación del nivel de plaguicidas en un producto alimenticio.
- El control de calidad en la producción de alimentos.
- La determinación de diferencias significativas en el contenido vitamínico de diferentes músculos en animales.
- Comparaciones de niveles de componentes alimentarios entre diferentes marcas comerciales o regiones.

Generar estos datos requiere un plan de muestreo estadístico específico para el objetivo en particular, el cual indique: qué se debe muestrear, adónde tomar las muestras y cuántas unidades se deben seleccionar para representar el producto de interés.

La definición del objetivo provee el enfoque del estudio y ayuda a determinar la estrategia de muestreo más apropiada. Cuando se procura obtener estimados que representen una tendencia central de los niveles de los componentes alimentarios, que van a ser usados en bases de datos de composición de alimentos y en proyectos para establecer dietas nacionales, es necesario realizar varias consideraciones:

La dieta diaria promedio puede incluir de 20 a 25 artículos diferentes. Se ha estimado que se pueden encontrar 4000 productos genéricos diferentes (ejemplo: carne vacuna, pan blanco, pizza) en el mercado de los Estados Unidos. Ya que el abastecimiento de alimentos nacional es una mezcla compleja de productos procesados y sin procesar, cada artículo puede representar muchas marcas, formulaciones y orígenes geográficos.

Si uno considera las diferentes marcas comerciales puede que existan decenas de miles de productos. En Estados Unidos, por ejemplo, hay cientos de marcas de pan blanco. Igualmente, la diversidad de la población, las preferencias personales por los alimentos, la existencia de procesos de fabricación

sofisticados, y los planes de mercadeo, estimulan la distribución de productos nuevos e inusuales a nivel nacional. Debido a la complejidad de la variedad de alimentos de una nación, la generación de datos exactos en composición de alimentos es una tarea difícil y costosa.

Fuentes de alimentos para análisis

El **Tabla N° 1** presenta las mayores fuentes de muestras de alimentos para análisis destinados a bases de datos de composición de alimentos. Para interpretar su contenido adecuadamente hay que tener en cuenta los siguientes señalamientos:

- **Mercadería a granel.** Generalmente se utiliza para el comercio internacional y deben ceñirse a planes de muestreo estándares (ISO, AOAC). Hay que tener precaución para asegurarse la representatividad de la muestra. Muchas muestras se extraen de bolsas, cajas o de muchas partes del silo o del “*container*”, de preferencia al azar, pero es preferible muestrear durante la carga o descarga de la mercadería. Debe disponerse de equipos de muestreos.
- **Alimentos al por mayor.** Se debe aplicar muestreo al azar.
- **Alimentos al por menor.** Son la mayoría de los alimentos cuyo análisis está destinado a base de datos de composición de alimentos en países industrializados. Para productos primarios como carne, frutas, vegetales, las muestras deben ser adquiridas en un variado rango de locales de venta y el número de muestras debe guardar relación con la importancia del negocio dentro de la infraestructura de la región. Muchas veces es necesario un muestreo independiente para centros comerciales urbanos y rurales, pero las muestras deben combinarse en una proporción que refleje la densidad poblacional y/o el volumen de producción en esas regiones.

Tabla 1 | Principales fuentes de alimentos para base de datos de composición

Grado de fuente	Ejemplos	Principal uso de los datos
Mercadería a granel	Carcasas de carne, consignación de granos, frutas, contenedores	Estadísticas de declaración de desaparición de alimentos
Mercadería y alimentos al por mayor	Carcasas de carne, cajas de alimento a granel, a menudo para uso institucional.	
Alimentos al por menor	Alimentos tal como se venden al consumidor	Estadísticas de consumo en el hogar; medida de la ingesta individual
Producción del campo o huerto	Alimentos cultivados para el consumo de la familia	
Alimentos tal como se consumen	Alimentos igual como se consumen	Medición de la ingesta individual

El Codex Alimentarius. Directrices Generales sobre Muestreo CAC/GL 50-2004

Las normas alimentarias del Codex tienen por objeto proteger la salud de los consumidores y velar por la aplicación de prácticas leales en el comercio de alimentos.

Los métodos de muestreo del Codex apuntan a garantizar el uso de procedimientos de muestreo justos y válidos cuando se analicen alimentos para comprobar si se ajustan o no a una determinada norma del Codex sobre productos.

Los métodos de muestreo deberían usarse a escala internacional con miras a evitar o eliminar las dificultades que puedan surgir de las diferencias entre los planteamientos jurídicos, administrativos y técnicos del muestreo o de interpretaciones divergentes de los resultados de los análisis de lotes o remesas de alimentos, a la luz de las disposiciones pertinentes de la norma del Codex aplicable.

Los planes de muestreo descritos en las Directrices del Codex pueden ser aplicados tanto por las autoridades de control de los alimentos como por los profesionales mismos (autoinspección realizada por productores o comerciantes).

Las Directrices del Codex sobre muestreo se dirigen sobre todo a los comités del Codex sobre productos. Esas Directrices, en su caso, pueden ser aplicadas también por los gobiernos para resolver controversias comerciales internacionales.

Los comités del Codex sobre productos, los gobiernos y otros usuarios deberían disponer de los expertos técnicos competentes necesarios para la aplicación correcta de esas Directrices, incluida la selección de planes de muestreo adecuados. La mayoría de los procedimientos de muestreo comprenden la selección de una o varias muestras de un lote, la inspección o el análisis de las muestras y la clasificación del lote (como “*aceptable*” o “*no aceptable*”) a partir del resultado de la inspección o el análisis de la muestra.

Un *plan de muestreo de aceptación* es un conjunto de normas con arreglo a las cuales se inspecciona y clasifica un lote. El plan estipulará el número de

elementos, que habrán de ser seleccionados de forma aleatoria en el lote objeto de inspección, que constituirán la muestra.

Diagrama de flujo, según el Codex, relativo a las características químicas y físicas

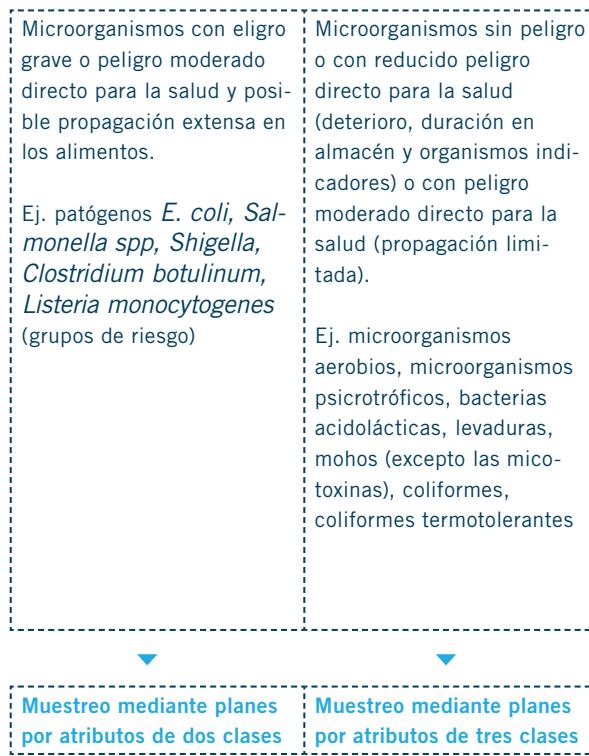
Inspección de lotes aislados	Inspección de una serie continua de lotes
Ej. inspección del aspecto de una pieza de fruta o de una lata en lotes aislados. Muestreo mediante el plan de muestreo aplicable a lotes aislados.	Ej. inspección del aspecto de una pieza de fruta o de una lata en lotes continuos Muestreo mediante el plan de muestreo por atributos aplicable a lotes continuos.

Características cuantitativas (Por ejemplo, características de la composición)

Inspección de lotes aislados		Inspección de una serie continua de lotes	
A granel	Artículo	A granel	Artículo
Ej. contenido de grasa de la leche en una cisterna. Muestreo mediante el plan de muestreo por variables* aplicable a lotes aislados.	Ej. contenido de sodio de un queso dietético. Muestreo por Atributos.	Ej. contenido de grasa de la leche en una cisterna. Muestreo mediante el plan de muestreo por variables* aplicable a una serie continua de lotes, véase	Ej. contenido de sodio de un queso dietético. Muestreo mediante el plan de muestreo por atributos aplicable a una serie continua de lotes, o por variables

* Se supone una distribución normal.

Diagrama de flujo, según Codex, relativo a las características microbiológicas



Normas para decidir la aceptación o el rechazo de un lote

Ver las referencias correspondientes 3, 4 y 5 de las Directrices.

Antes de elaborar un plan de muestreo o de que el Comité del Codex sobre Métodos de Análisis y Toma de Muestras lo ratifique, el comité encargado del producto en cuestión debería indicar los aspectos siguientes:

- La base para el establecimiento de los criterios en las normas del Codex sobre el producto, p. ej.:
 - » sobre la base de que *un porcentaje elevado de elementos* de un lote deberá ajustarse a lo dispuesto en la norma, o
 - » sobre la base de que el *promedio de un conjunto de muestras extraídas* de un lote deberá ajustarse a la norma y, en tal caso, si ha de establecerse una tolerancia mínima o máxima, según proceda.
- Si se ha de establecer alguna diferencia de importancia relativa de los criterios en las normas.

Si es así, deberá indicarse el parámetro estadístico adecuado que ha de aplicarse a cada criterio.

En las instrucciones relativas al procedimiento para la aplicación del plan de muestreo deberían indicarse los aspectos siguientes:

- Las medidas necesarias para asegurar que la muestra seleccionada sea representativa de la partida o el lote (si una partida consta de varios lotes, deberán recogerse muestras representativas de los distintos lotes).

Fuentes consultadas

- » Cochran, WG: *Sampling Techniques*, 3rd Edition, Wiley, New York, 1977.
- » Dican, AJ: *Quality Control and Industrial Statistics*, 5th Edition, Irwin, Homewood, IL, 1986.
- » Montgomery, DC: *Introduction to Statistical Quality Control*, 4th Edition, Wiley, New York, 2000.
- » Hubbard, M. R. 1996. *Statistical Quality Control for the Food Industry*. 2nd. ed. New York: Chapman & Hall.
- » Besterfield, D.H. 1994. Control de Calidad. 4ta. ed. México. Prentice Hall. Hispanoamericana, S.A.
- » *Micro-organisms in Foods. 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications; International Commission on Microbiological Specifications for Foods*, ICMSF, 1986, ISBN 0-632-01567-5.
- » Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. FAO. Departamento de Agricultura. 1997. FAO. *Corporate Document Repository*.
- » Norma ISO 2859-0:1995
- » Codex Alimentarius. Directrices Generales sobre Muestreo CAC/GL 50-2004

En la próxima edición de Alimentos Argentinos se desarrollarán en detalle los planes de muestreo, sus características, y la forma de diseñarlos y ejecutarlos.