

MÉTODOS DE MUESTREO PARA CENSOS Y ENCUESTAS

Reproducción parcial de "SAMPLING METHODS FOR  
CENSUSES SURVEYS", Capítulos I, II, III y IV.

FRANK YATES. F.R.S.

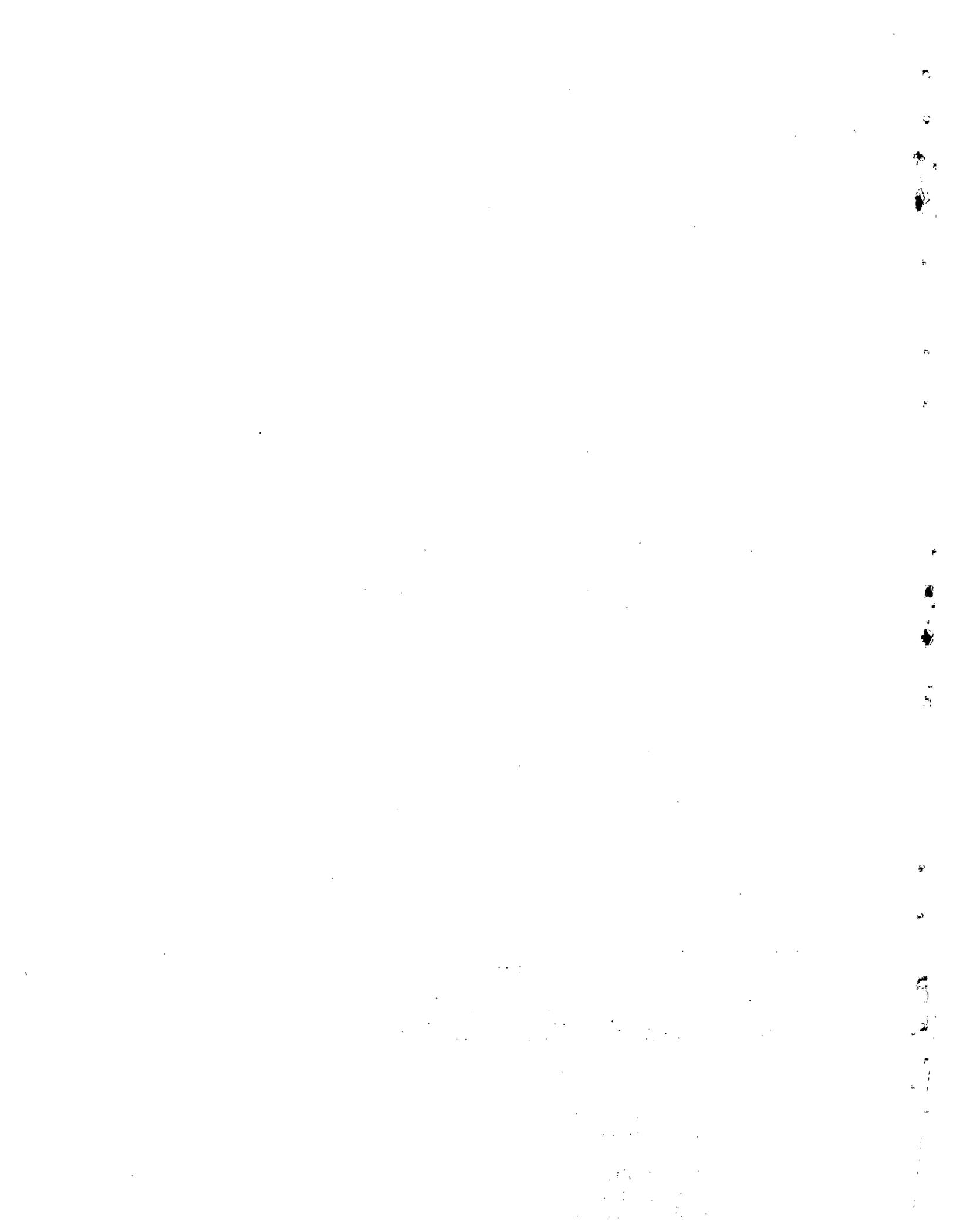
SERIE D3, Nº 18

Distribución  
restringida

San José, Costa Rica  
1973



11205

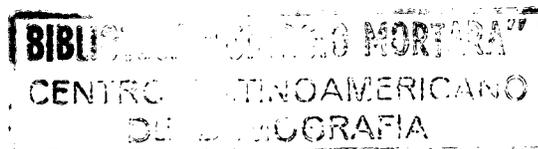


SET. 1971

INDICE

Capítulos	Página
<b>1. METODOS DE MUESTREO PARA CENSOS Y ENCUESTAS</b>	
1.1 El proceso muestral.....	1
1.2 Errores de muestreo.....	2
1.3 El papel del muestreo en los censos y en las encuestas.....	3
<b>2. REQUISITOS PARA UNA BUENA MUESTRA</b>	
2.1 Sesgos.....	7
2.2 Métodos de selección que originan sesgos.....	8
2.3 Forma de evitar los sesgos en la selección.....	9
2.4 Ejemplos de selección sesgada.....	9
2.5 Sesgos originados en una demarcación imperfecta de las unidades de muestreo.....	14
2.6 Sesgos originados en el proceso de estimación.....	15
2.8 Métodos para reducir el error de muestreo aleatorio.....	17
<b>3. LA ESTRUCTURA DE DIVERSOS TIPOS DE MUESTRAS</b>	
3.1 Definición de marco y de unidad de muestreo.....	19
3.2 Muestra aleatoria.....	20
3.3 Estratificación con fracción uniforme de muestreo...	23
3.4 Estratificación múltiple.....	25
3.5 Estratificación con fracción variable de muestreo...	30
3.6 Muestras sistemáticas a partir de listados.....	31
3.8 Muestreo polietápico.....	33
3.9 Selección con probabilidad proporcional al tamaño de las unidades.....	34
3.10 Muestreo estratificado con probabilidad proporcional al tamaño en la selección de unidades.....	35
3.12 Muestreo polifásico.....	36
3.13 Muestras balanceadas.....	37
3.14 Muestras sistemáticas de áreas.....	39
3.15 Muestreo por líneas.....	41
3.17 Muestras interpenetrantes.....	42
3.18 Muestreo en ocasiones sucesivas.....	43
3.19 Esquemas compuestos de muestreo.....	45
3.20 Combinación de censos completos con encuestas por muestreo.....	45

Notas: Los Nos. 2.8, 3.8 y 3.11 no se tradujeron.



## I N D I C E

Capítulos	Página
4. PROBLEMAS PRACTICOS QUE SURGEN AL PROYECTAR UNA ENCUESTA	
4.1 Problemas que es necesarios considerar.....	47
4.2 Definición de la población.....	49
4.3 Determinación de los detalles de la información a recoger.....	51
4.4 Interrelaciones de grupos de unidades naturales...	54
4.5 Factibilidad de obtener la información requerida..	55
4.6 Métodos para recoger la información.....	58
4.7 Métodos para encarar la falta de respuesta.....	60
4.8 El Marco.....	62
4.9 Marcos adecuados para censar y encuestar poblaciones humanas.....	64
4.10 Marcos constituidos por listas de individuos.....	66
4.11 Marcos constituidos por los censos completos de población,.....	68
4.12 Marcos constituidos por hogares o viviendas.....	70
4.13 Marcos basados en planos de ciudades.....	72
4.14 Marcos basados en mapas de áreas rurales.....	73
4.15 Marcos constituidos por listas de poblados.....	75
4.16 El censo muestral de Grecia en 1946.....	75
4.17 Muestras maestras.....	78
4.18 Encuestas localizadas de población.....	80
4.19 La encuesta de empleo de EE.UU. ....	82
4.20 Marcos apropiados para grupos especiales de población.....	84
4.21 Marcos convenientes para encuestas de instituciones económicas.....	85
4.22 Encuestas para investigación de mercados y de opinión pública.....	86
4.26 Marcos para áreas subdesarrolladas.....	88
4.31 Determinación del tamaño de la muestra en el caso de muestreo aleatorio simple.....	89
4.32 Algunas reglas generales sobre el tamaño de la muestra.....	93
4.33 Encuestas piloto y exploratorias.....	96

---

Nota: Los Nos. 4.23 a 4.25 y 4.27 a 4.30 no se tradujeron.

## Capítulo 1.

### METODOS DE MUESTREO PARA CENSOS Y ENCUESTAS

#### 1.1 El proceso muestral

El muestreo, es decir, la selección de una parte de un conjunto de materiales para que represente a todo el conjunto, constituye una práctica largamente establecida. Ejemplos simples de éste son el puñado de granos que se toma de un saco o la muestra de tela que se corta de un rollo. En estos casos, no es necesario prestar mayor atención al proceso de selección, ya que todo el material es semejante o está bien mezclado, y cualquiera parte de él, si no es demasiado pequeña, probablemente será representativa del conjunto. Sin embargo, cuando el conjunto a ser muestreado se compone de unidades que son algo disímiles entre sí, que no están bien mezcladas, una pequeña muestra de estas unidades puede no ser representativa de todo el conjunto. Incluso si las unidades se seleccionan de diferentes partes del conjunto, y se toman otras precauciones adecuadas, es probable que hasta cierto punto la muestra no sea representativa a causa de la inclusión casual de una proporción indebida de unidades de un tipo específico. Evidentemente no será representativa si se escogen deliberadamente unidades de un tipo específico a exclusión de otros tipos, o si el proceso de selección es tal que se favorecen ciertos tipos de unidades a expensas de otros. Así al muestrear una pila de carbón tomando unas cuantas paladas de las orillas, se obtendrá una proporción demasiado elevada de los trozos de mayor tamaño, puesto que éstos tienden a rodar por los costados y a distribuirse alrededor de las orillas de la pila. En forma análoga, en el muestreo de un material continuo, una porción aislada de éste, incluso si es bastante grande, puede no ser adecuadamente representativa; un trozo de tela cortado del extremo de un rollo en que la calidad de la trama varía en forma progresiva, no constituirá una muestra adecuada de todo el rollo.

Habitualmente, los censos y las encuestas se ejecutan en un material compuesto de unidades disímiles. Los censos de población, los censos de producción industrial, y los censos agrícolas tienen como característica común el hecho que el conjunto de materiales abarca un gran número de unidades separadas que a menudo son marcadamente disímiles entre sí en diversos aspectos. En muchos casos, las finalidades para las que se requiere la información se cumplen adecuadamente si se cubre solo una cierta proporción de las unidades, pero a causa de la desigualdad de las diferentes unidades, no se puede esperar que la selección fortuita o casual, y todavía menos la selección deliberada, proporcione una

muestra representativa. Por lo tanto, es necesario usar procesos rigurosos de selección.

Los censos ejecutados en una muestra adecuadamente seleccionada en una población se denominan censos por muestras. En el pasado ha existido una cierta tendencia a utilizar el término muestra para referirse a los resultados de un censo que ha intentado ser completo, y en el cual no se ha logrado obtener información respecto a una proporción considerable de las unidades. Su uso en este sentido es inconveniente; en lugar de ello, se sugiere el término censo incompleto. El término muestra debe reservarse para una serie de unidades o porción de un conjunto de materiales que se seleccionan en la creencia que serán representativos de todo el conjunto.

## 1.2 Errores de muestreo

El hecho que una muestra dé o no resultados lo bastante representativos del conjunto en total depende primordialmente de que los errores que introduce el proceso muestral sean lo suficientemente pequeños como para no afectar la validez de los resultados respecto a los propósitos para los que se requieren. Aunque se emplee un proceso adecuado de selección, la muestra no puede ser exactamente representativa de todo el conjunto. Los errores inevitables que ocurren entonces en los resultados se denominan errores del muestreo aleatorio de estos resultados. La magnitud media de estos errores del muestreo aleatorio dependen del tamaño de la muestra, de la variabilidad del material, del procedimiento de muestreo que se adopte, y del modo como se calculen los resultados.

Es un hecho afortunado que si se adopta un proceso adecuado de selección, puede calcularse la magnitud media de los errores del muestreo aleatorio, y en verdad, la frecuencia esperada de la presencia de errores de cualquiera magnitud, basándose en los resultados detallados obtenidos de una muestra real. Los métodos para lograr esto dependen de la teoría matemática del muestreo estadístico.

Por extensión del análisis que implica el cálculo de estos errores, se puede evaluar la exactitud relativa de los distintos métodos de muestreo que es posible emplear respecto al mismo material, y se puede por lo tanto llegar a una planificación más eficiente de nuevas encuestas.

El perfeccionamiento de estos procesos es el que ha hecho que el muestreo, que en sus orígenes fue un procesamiento especulativo e incierto se haya convertido en un método de exactitud definida y determinable, y por lo tanto, plenamente confiable. Además, la posibilidad de fijar límites confiables a los errores del muestreo aleatorio ha servido para poner de relieve aquellos

otros tipos de errores que se originan en procesos defectuosos de selección o en métodos defectuosos de observación, o que existen en alguna otra fuente de información con la que los resultados muestrales son comparados.

### 1.3 El papel del muestreo en los censos y en las encuestas

El muestreo solo será de utilidad en los censos si, como se mencionó en la Sección 1.2, los errores de muestreo son lo suficientemente pequeños como para no afectar la validez de los resultados para los propósitos para los que son requeridos, lo cual en parte estará en función del grado en que tienen que desglosarse los resultados. Si solo se requieren resultados globales para el total de la población, se alcanzará un determinado grado de exactitud con una muestra mucho más pequeña que la que tendría que emplearse en el caso de requerirse resultados detallados para diferentes sectores de la población (v.g., diferentes regiones, ciudades, etc.). En ciertas circunstancias, la muestra tendrá que ser de una magnitud tal que no valdrá la pena realizar un censo por muestras en lugar de un censo completo. Es obvio que, en el caso extremo que se requiera información acerca de todas las unidades individuales, solo se podrá obtener ésta mediante un censo completo.

Otro factor que influye sobre la decisión de utilizar o no el muestreo es la dificultad y costo de organizar un censo por muestras y la dificultad y costo de organizar un censo completo. La cantidad de esfuerzo y de gasto por unidad que se requiere para recoger información siempre es mayor para una muestra que para un censo completo. Además, un censo por muestras plantea sus propios problemas de organización, algunos de los cuales no se presentan en un censo completo, y sucede ocasionalmente, si la información que se requiere es muy sencilla, que un censo completo puede ejecutarse a través de los canales administrativos ordinarios, mientras que un censo por muestras requiere la instalación de una organización aparte. Por lo general, sin embargo, si el tamaño de la muestra que se necesita para dar la exactitud requerida representa solamente una pequeña fracción de toda la población, el total de esfuerzo y de gastos que se requiere para recoger la información mediante métodos muestrales será mucho menor que el que se requiere para un censo de toda la población.

En muchos casos, por lo tanto, el muestreo significa una gran economía de esfuerzo. También presenta otras ventajas que no se evidencian en forma tan inmediata. En primer lugar, resulta mucho más fácil asegurar la integridad y exactitud de los resultados si la información solo se recoge en una pequeña proporción de la población. Por ejemplo, si se envían los cuestionarios por correo, con frecuencia resulta imposible, en el caso de un censo completo, ejercer presión sobre las personas que no envían sus respuestas, incluso cuando es obligatorio completar estos cuestiona

rios, debido al gran número de individuos implicados. En el caso de una muestra, el menor número de individuos permite enviar notificaciones de seguimiento y efectuar llamadas telefónicas y visitas. Las diferentes respuestas se pueden examinar con mucho mayor cuidado, y se pueden emprender nuevas pesquisas cuando existen razones para dudar de la exactitud de ellas.

Segundo, en un censo por muestras se puede obtener una información más detallada. Aunque la responsabilidad que le significa al individuo proporcionar una información más detallada no disminuye, excepto cuando se pueden obtener diferentes ítems de información de distintos individuos, es probable que estos individuos estén más dispuestos a proporcionar tal información si están al tanto que representan una pequeña muestra de toda la población. La información detallada, cuando se obtiene, puede manejarse con más facilidad, tanto en la etapa de procesamiento de la información original como en el análisis de los resultados codificados. Debido al reducido volumen de material que hay que manejar, también es posible mejorar la calidad del procesamiento de los datos como del análisis, la primera porque puede emplearse una mejor categoría de empleado de oficina, con una mejor supervisión y la segunda, porque los datos pueden clasificarse de muchas más maneras con la misma cantidad de tiempo de computadora o de máquina.

Tercero, en muchos tipos de censos el uso del muestreo posibilita un aumento muy considerable de la rapidez, tanto en la ejecución del trabajo en terreno como en el análisis de los resultados. En el caso de un censo completo también puede obtenerse, la rapidez del análisis tomando una muestra de los resultados para su procesamiento y análisis. Este método con frecuencia resulta valioso para proporcionar resultados preliminares con rapidez, aun cuando en último término se requiera un análisis final de todos los resultados.

El uso del muestreo resulta esencial para las investigaciones de tipo sociológico en que se requiere recoger información extensa y detallada sobre los individuos, muchos de los cuales no poseen ni la instrucción ni la experiencia necesarias para contestar sin ayuda cuestionarios detallados. Es igualmente esencial en las investigaciones que requieren observaciones físicas y medidas técnicas. Tales investigaciones sólo pueden llevarse a cabo empleando investigadores capacitados y, por consiguiente, resulta imposible realizar investigaciones completas que cubran cualquier grupo grande de la población o un conjunto extenso de materiales, tanto por su costo como porque, incluso si es factible afrontar este costo, rara vez se puede reclutar y entrenar un cuerpo adecuado de investigadores.

Para una investigación de este tipo que involucra la recolección de información detallada, se emplea por lo general el término encuesta. No obstante, parece un error limitar la palabra encuesta a las encuestas por muestreo o la palabra censo a los censos completos. Así, B. Seebohm Rowntree (1901), cuando realizó una investigación sobre las condiciones sociales y económicas de todas las familias de clase obrera en York, describió este estudio como encuesta.

Aunque el uso del muestreo necesariamente introduce ciertas inexactitudes, debido a los errores de muestreo, los resultados obtenidos mediante el muestreo con frecuencia son más exactos que los que se obtienen mediante un censo completo o encuesta. Los errores del muestreo aleatorio son siempre determinables. Los otros errores a que está sujeta una encuesta, tales como la falta de integridad de los resultados y la inexactitud de la información, corren el riesgo de ser mucho más graves en un censo completo que en un censo por muestras, ya que en este último caso, es posible tomar precauciones mucho más efectivas para que la información sea exacta y completa. Por otra parte, el empleo del muestreo facilita enormemente la imposición de controles adicionales y más detallados. En verdad, el censo completo sólo puede ser sometido a una comprobación de exactitud mediante alguna forma de control por muestreo.

Por otra parte, el planteamiento que a veces se hace en el sentido de pretender que la confiabilidad y exactitud de los resultados de un censo por muestras adecuadamente planificado pueden evaluarse con plena objetividad sobre la base de los propios resultados, sólo es cierto en parte. Los errores del muestreo aleatorio pueden evaluarse de este modo, y en ciertas circunstancias se pueden obtener comparaciones entre distintos investigadores. Sin embargo, si todos los investigadores o empadronados tienden a cometer el mismo tipo de error, esto no lo revelarán los resultados, sea que el censo es completo o que se efectúe sobre una muestra.

Respecto a la cobertura, en ciertas circunstancias el censo por muestras puede ser menos confiable que un censo completo. Por ejemplo, resulta relativamente sencillo para un investigador averiguar mediante una pregunta directa si un individuo ya ha sido incluido en un censo de población, y se pueden efectuar de modo semejante controles intensivos sencillos de ciertas áreas, v.g. de los poblados, para verificar que no existe un número apreciable de omisiones. Análogamente, en una encuesta de objetos físicos tales como casas, a menudo se puede utilizar un sistema de marcación u otro sistema apropiado para precaverse en contra de las duplicaciones y omisiones. Es imposible efectuar este tipo de controles en el caso de un censo por muestras.

Este es uno de los puntos más difíciles que se plantean en el diseño práctico de muchas encuestas por muestreo, en particular en las zonas subdesarrolladas. Para superarlo, se puede utilizar a veces una enumeración completa junto con el muestreo. Allí donde la enumeración completa de toda la población o de todo el conjunto de materiales no presenta ninguna dificultad especial, pero donde la recolección de información detallada acerca de todas las unidades resultaría una empresa difícil o imposible, se puede realizar una enumeración completa, la que entonces se utiliza como base para seleccionar la muestra para los censos y encuestas por muestras que se requieren para proporcionar esa información detallada.

## Capítulo 2.

### REQUISITOS PARA UNA BUENA MUESTRA

#### 2.1 Sesgo

El principal objetivo de cualquier método muestral consiste en obtener una muestra, que, sujeta a limitaciones de tamaño, re produzca las características de la población -especialmente aquéllas de interés inmediato-, tan estrechamente como sea posible.

A primera vista, parecería que los resultados más exactos se obtendrían mediante una selección deliberada de las unidades a ser incluidas en la muestra. En particular, si solo interesa el promedio, se podrían seleccionar las unidades que parecen acercarse más a éste. Por ejemplo, si se requiere una evaluación rápida del rendimiento por acre de una cosecha agrícola, se les podría solicitar a los funcionarios distritales que seleccionaran algunos campos "promedio" en cada distrito, para después determinar los rendimientos de estos campos.

Desgraciadamente y con demasiada frecuencia, el valor de una muestra semejante es escaso. Su falla principal es que puede estar sesgada, es decir, la selección de todos los campos puede estar afectada por errores semejantes. Así, con el fin de acrecentar la reputación de sus respectivos distritos, todos los funcionarios distritales pueden tender a seleccionar campos que rinden muy por encima del promedio, o, si piensan que los intereses de los campesinos o del país se verían beneficiados con una subestimación, pueden seleccionar campos cuyo rendimiento está por debajo del promedio.

Incluso si se puede confiar en la total objetividad de los funcionarios distritales, todavía pueden producirse considerables errores inconscientes de juicio, que tienden todos en un mismo sentido, y la importancia de tales errores puede sobrepasar con mucho a cualquier aumento en la exactitud resultante de una selección deliberada. Y el aumento del número de funcionarios comprometidos en la selección tampoco mejoraría necesariamente este aspecto, ya que todos pueden estar sujetos al mismo tipo de error.

Por consiguiente, podemos distinguir entre dos tipos de errores de muestreo: los que surgen de los sesgos en la selección, etc., y los que se deben a diferencias causales entre los miembros de la población incluidos en la muestra y los no incluidos en ella. El conjunto de los primeros en la muestra se denominará

error debido a sesgo y el conjunto de los segundos error del muestreo aleatorio, o cuando se sabe que no existe sesgo, error de muestreo. Naturalmente, el error total de muestreo estará constituido por el sesgo, si es que existe alguno, y por el error del muestreo aleatorio. La esencia del sesgo es que es una componente constante de error que no disminuye, aunque aumente el tamaño de la muestra, mientras que el error del muestreo aleatorio disminuye, como término medio, a medida que aumenta el tamaño de la muestra.

## 2.2 Métodos de selección que originan sesgos

Existen diversas maneras en que la selección defectuosa de la muestra puede dar origen a sesgos. En general, las causas principales pueden clasificarse de la siguiente manera:

- 1) La selección deliberada de una muestra "representativa". Este es el tipo de sesgo descrito anteriormente.
- 2) El procedimiento de selección que depende de alguna característica que está correlacionada con propiedades de la unidad que resultan de interés. Muchos procesos de selección casual dan origen a sesgos de este tipo.
- 3) El sesgo consciente o inconsciente en la selección de una muestra "aleatoria". Si el investigador no se atiene en forma estricta a un proceso aleatorio adecuado, aunque pretenda que su muestra es aleatoria, puede permitir que la selección que efectúa esté influida por su deseo de obtener un resultado determinado. Este tipo de sesgo es especialmente grave, puesto que su presencia puede que no se evidencie en forma inmediata.
- 4) La sustitución. Con frecuencia, los investigadores substituyen por otro miembro conveniente de la población cuando encuentran dificultades para obtener información. Así en una encuesta casa por casa, puede que se tome la casa vecina cuando nadie responde. Esto necesariamente llevará a una preponderancia de casas del tipo de las que están ocupadas todo el día, v.g., casas de personas con familias.
- 5) La falta de cobertura de la totalidad de la muestra es cogida. Si no se efectúa una segunda visita a las casas en las que no se ha obtenido respuesta, todavía, existirá sesgo aún cuando no se intente sustitución alguna. Esta falla se encuentra particularmente generalizada en los cuestionarios postales, que a menudo se devuelven con respuestas muy incompletas. Es obvio que probablemente se recibirá respuesta de las personas que tienen especial interés en los objetivos de la encuesta, o que poseen otras características que las hacen no representativa de toda la población.

### 2.3 Forma de evitar los sesgos en la selección

Es evidente que si existen posibilidades de sesgo, no se podrán obtener conclusiones plenamente objetivas de una muestra. En cualquier procedimiento muestral, por lo tanto, resulta esencial la eliminación de todas las fuentes importantes de sesgo.

La manera más sencilla, y la única universalmente segura, de evitar el sesgo en el proceso de selección consiste en obtener la muestra en forma ya sea enteramente aleatoria o en forma aleatoria sujeta a restricciones que, a la vez que mejoran la exactitud, son de índole tal que no introducen sesgos en los resultados. En algunos casos, sin embargo, resultan lícitas ciertas formas de selección sistemática, como es la selección de nombres a intervalos regulares de una lista, o el uso de una cuadrícula paralelamente espaciada de puntos en un mapa.

Selección aleatoria no quiere decir selección casual. La muestra aleatoria solo puede obtenerse adheriéndose a algún proceso aleatorio adecuado, como por ejemplo echar suertes o utilizar un cuadro de números aleatorios. La colocación de alfileres en un mapa no dará una distribución aleatoria de los puntos en el mapa. La selección de casas mediante un recorrido por las calles de una ciudad no dará una selección aleatoria de las casas de la ciudad. De hecho, se ha abusado mucho de los términos "aleatorio" y "muestra aleatoria". Por esta razón, si es que no por otra, debe especificarse el método de selección de la muestra en todos los informes sobre los resultados de encuestas y censos por muestras, y en verdad, en toda labor muestral.

Para impedir que los investigadores efectúen una selección descuidada o deliberadamente sesgada, en los trabajos a gran escala a menudo es importante que la selección sea realizada en una oficina central, de modo tal que no se deje ningún elemento de opción a los investigadores, y de modo tal, además, que puedan establecerse, si es necesario, controles del trabajo en terreno. Incluso en los casos en que se considera satisfactorio un método menos riguroso de selección, puede que sea necesario establecer un método riguroso a fin de impedir las críticas que se puedan hacer al trabajo sobre esta base por parte de los que no están familiarizados con sus detalles.

### 2.4 Ejemplos de selección sesgada

Quizá resulte conveniente dar aquí algunos ejemplos concretos de casos en que métodos insatisfactorios de selección han introducido un sesgo grave en los resultados.

El primer ejemplo fue tomado de un trabajo de Kiser (1934, D) En 1930 y 1931, se tomó una muestra de hogares en Syracuse, EE.UU.

con el objeto de hacer un estudio de la morbilidad. También se pretendía utilizar esta muestra para investigar las tasas de natalidad. Antes de comenzar este último estudio, que era secundario al estudio de la morbilidad, se compararon los tamaños de los hogares de la muestra con los de los sectores censales correspondientes. Esta comparación se muestra en el cuadro 2.4 a. (Los hogares unipersonales fueron excluidos en la encuesta).

Cuadro 2.4 a.

MUESTRA DE HOGARES DE SYRACUSE: DISTRIBUCION DE LOS HOGARES DE ACUERDO A SU TAMAÑO, EN LA MUESTRA ORIGINAL Y EN LOS SECTORES CENSALES

Número de personas en el hogar	Muestra original		Sectores censales	
	Número de hogares	Porcentaje	Número de hogares	Porcentaje
TOTAL...	<u>1 306</u>	<u>99.9</u>	<u>6 576</u>	<u>100.1</u>
2.....	254	19.4	1 762	26.8
3.....	338	25.9	1 745	26.5
4.....	307	23.5	1 438	21.0
5.....	201	15.4	853	13.0
6.....	106	8.1	388	5.9
7.....	46	3.5	208	3.2
8.....	25	1.9	96	1.5
9 y más...	29	2.2	86	1.3

En el cuadro se evidencia de inmediato que la muestra contiene una proporción considerablemente más elevada de hogares grandes que la que existía en toda la población. En la muestra, la subrepresentación de los hogares de dos familias, alcanza a un 7,4 por ciento de todos los hogares, o un 28 por ciento de los hogares de este tamaño. Esta deficiencia la atribuye Kiser al hecho que los enumeradores no volvieron a visitar los hogares pasados por alto, en los que probablemente predominarán las casadas sin hijos que trabajan fuera del hogar. Para obtener una muestra más satisfactoria, fue necesario realizar una encuesta adicional de aquellos hogares que fueron pasados por alto al momento de la encuesta de morbilidad.

Es interesante observar que aparentemente la muestra fue considerada satisfactoria para el estudio de la morbilidad, como lo indica la afirmación de que los encuestadores "se habían ocupado primordialmente de obtener una muestra que fuese representativa del área en cuanto a la prevalencia de enfermedades más bien que en cuanto al tamaño de los hogares". De hecho, una muestra sesgada semejante difícilmente puede considerarse enteramente satisfactoria, incluso para un estudio de la morbilidad, puesto que es probable que las tasas de morbilidad varíen según el tamaño y la composición de la familia.

El segundo ejemplo es el obtenido en Rothamstead en un muestreo experimental de una colección de piedras (Yates, 1936, b. H). Las piedras, una serie de pedernales de diversos tamaños, unos 1200 en total, fueron esparcidos en una mesa, y se instruyó a doce observadores para que eligieran tres muestras de veinte piedras que debían representar lo más cercanamente posible la distribución por tamaños de toda la colección. El cuadro 2.4 b. da los pesos medios por piedra de estas 36 muestras y además el peso medio verdadero de toda la colección.

Cuadro 2.4 b.

## PESO MEDIO POR PIEDRA DE LAS MUESTRAS DE 20 PIEDRAS (oz.)

Observador.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Muestra 1..	1.9	2.4	2.4	1.9	2.2	2.8	2.4	1.6	2.2	2.6	2.4	2.4
Muestra 2..	1.8	3.0	2.4	2.0	2.7	2.6	2.6	2.0	2.2	2.2	2.4	3.0
Muestra 3..	1.7	2.4	2.1	2.0	3.1	2.8	2.5	2.0	2.2	3.1	1.8	2.4
Media.....	(1.8)	2.6	2.3	2.0	2.7	2.7	2.5	(1.9)	2.2	2.6	2.2	2.6

Media de todas las muestras: 2,34 oz.      Media verdadera: 1,91 oz.

Es evidente que existe una tendencia, que es común a la mayoría de los observadores, a seleccionar piedras que como término medio son más grandes que aquéllas de la colección en total. De los diez observadores, diez escogieron muestras cuyo peso medio estuvo por encima del peso medio de 1.91 oz. para todas las piedras, siendo la media para todas las muestras de 2.34 oz. Esta tendencia es coherente entre una muestra y otra. Así, de las treinta muestras escogidas por los diez observadores arriba mencionados, todas, excepto 2, tenían pesos medios mayores que el peso medio de todas las piedras, mientras que las tres muestras del observador 1 estuvieron por debajo de la media correcta.

En este ejemplo la selección fue deliberada. Un ejemplo adicional que muestra efectos semejantes originados en una selección

casual (y que el observador sostiene que es "aleatoria") lo proporcionan ciertas observaciones obtenidas en el transcurso de un plan de observaciones muestrales sobre el crecimiento del trigo, instituido por el Comité Meteorológico Agrícola (Yates, 1935, A).

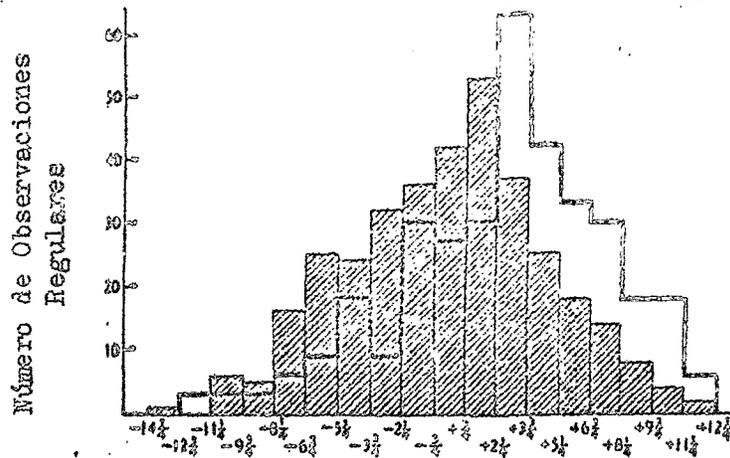
En este plan se realizaron mediciones, a intervalos regulares, de las alturas de brotes de trigo en parcelas de observación de diversos centros. Se había establecido un procedimiento de tallado para ubicar aleatoriamente en cada oportunidad 128 trozos de hilera, de un cuarto de metro cada uno, en conjuntos de 4 hileras contiguas. Las medidas de las alturas se hicieron en los 256 brotes situados en los extremos de estos trozos, indicando observaciones de prueba realizadas en otro momento, que este método de selección era prácticamente aleatorio. En uno de los centros fue necesario utilizar un sembrado con menos hileras de lo normal, y como resultado de ello solo se dispuso de 192 brotes para ser medidos en cada oportunidad. A fin de obtener el número de observaciones establecidas y con ello, según creyó, mejorar sus resultados, el observador seleccionó "en forma aleatoria" dos brotes adicionales en cada conjunto de tres trozos de un cuarto de metro. Afortunadamente, anotó por separado las observaciones sobre estos brotes adicionales.

En los gráficos 2.4 a y 2.4 b se muestra la distribución de las mediciones regulares y adicionales tomadas el 31 de mayo y el 28 de junio, respectivamente. Se presentan las desviaciones respecto a las medias de las series de mediciones regulares. Se hicieron los ajustes adecuados, cuyos detalles se dan en el documento original, en las medidas adicionales para dar una representación justa tanto de la variabilidad como del sesgo de la media.

El análisis del gráfico 2.4 a indica que en esta fecha las medidas adicionales muestran una preponderancia considerable de desviaciones positivas, con una deficiencia correspondiente de desviaciones negativas. De hecho, existe la tendencia a seleccionar brotes que como término medio son más altos que los de una muestra verdaderamente aleatoria, siendo de + 3,3 cms. la diferencia en la altura media. Esta diferencia presenta claramente las características de un sesgo, y no puede ser atribuida a errores del muestreo aleatorio.

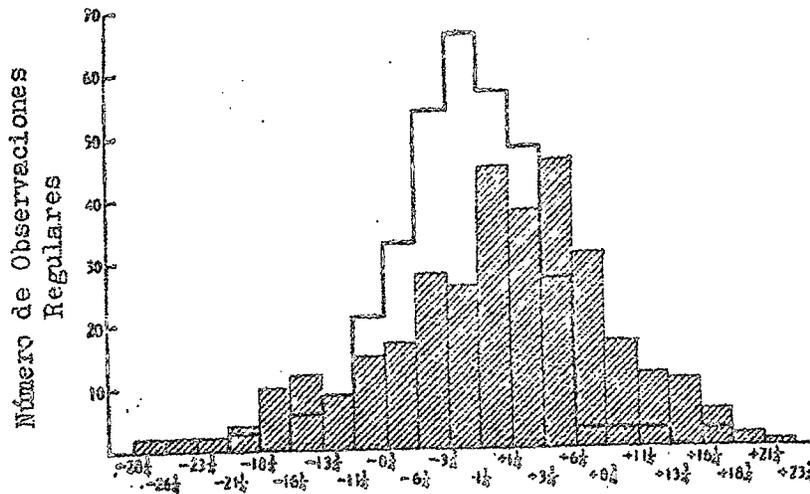
El 28 de junio la situación fue totalmente distinta, como se muestra en el gráfico 2.4 b. En esta fecha, las desviaciones de las medidas adicionales, tanto positivas como negativas, son más pequeñas como promedio que aquéllas de las observaciones regulares; en otras palabras, hay una tendencia a seleccionar brotes que se aproximan más a la altura media que lo que como término medio sería el caso en una muestra verdaderamente aleatoria. A pesar de esto, nuevamente existe un sesgo considerable, esta vez negativo, siendo la diferencia media de -2,7 cms. Por lo tanto, en este caso, un brote adicional único dará un valor que como promedio se aproxima más al valor medio verdadero que el valor dado por un

Gráf. 2.4a Distribución de las observaciones regulares (sombreadas) y de las observaciones adicionales (sin sombrear) de las alturas de los brotes de trigo, 31 de mayo (Cortesía del editor de Annals of Eugenics)



Escala de desviaciones de las observaciones regulares (cm)

Fig. 2.4.b Distribución de las observaciones regulares (sombreadas) y de las observaciones adicionales (sin sombrear) de las alturas de los brotes de trigo, 28 de junio (Cortesía del editor de Annals of Eugenics)



Escala de desviaciones de las observaciones regulares (cms)

brote único, aleatoriamente ubicado, pero a medida que aumenta el número de brotes, la exactitud relativa de la muestra aleatoria aumenta en forma progresiva, y con el número de brotes que de hecho se toma, la muestra aleatoria es considerablemente más exacta.

Este ejemplo ilustra un caso en que los sesgos en ambas ocasiones, aunque surgen de defectos semejantes en la selección, son de magnitudes muy distintas, y en realidad, de signo contrario. Por consiguiente, la diferencia entre los dos conjuntos de medidas también se verá seriamente afectada por sesgos. En este caso, la tasa de crecimiento del trigo se habría subestimado en casi un 10 por ciento si solo se hubiese dispuesto de las medidas adicionales.

Naturalmente, estos sesgos son del tipo que era de esperar. Cuando los brotes están apenas crecidos y no se alcanza a ver mucho de ellos, excepto las hojas de la punta, existirá la tendencia a escoger los brotes más largos, pero cuando la cosecha ha espigado, el observador puede ver plantas de todos los tamaños, y es más probable que seleccione las plantas que se acercan al promedio, omitiendo tanto las plantas muy largas y las muy cortas. El marcado sesgo negativo de la última serie de medidas demuestra que esta selección no fue de particular efectividad para mejorar la exactitud de la muestra.

## 2.5 Sesgos originados en una demarcación imperfecta de las unidades de muestreo

Cualquier error coherente en las medidas evidentemente dará origen a sesgos, ya sea que las medidas se efectúen en una muestra o en todas las unidades de la población. No obstante, donde el peligro de tales errores será probablemente mayor es en el muestreo, puesto que a menudo, las unidades que se miden son más pequeñas. Además, el saber que si por casualidad se hubiese elegido otra unidad de muestreo se podría haber obtenido un valor muy distinto, puede llevar al investigador sin experiencia a creer que la exactitud al medir las unidades escogidas no tiene gran importancia.

Cuando las unidades de muestreo no están constituidas por unidades naturales de la población, suele ser necesario demarcar las unidades seleccionadas al momento de efectuar las medidas. En la labor de muestreo de cosechas, especialmente, en que se seleccionan áreas pequeñas para obtener estimaciones del rendimiento o de otras características de la cosecha, la ubicación de las áreas por medio de coordenadas seleccionadas en forma aleatoria, aunque en teoría asegure una muestra aleatoria, lo hará solamente en la práctica si el trabajo en terreno se ejecuta con total objetividad. Como en la práctica es imposible localizar las áreas de a-

cuerto a sus coordenadas por medio de medidas exactas, es preciso utilizar la medida a pasos o algún otro método aproximado semejante.

En este tipo de trabajo, las áreas mismas no deben ser demasiado pequeñas, tanto porque los errores en la demarcación de los límites se tornan cada vez más importantes a medida que disminuye el tamaño de la unidad, como porque la posibilidad de influir sobre los resultados mediante pequeños cambios de ubicación, v.g., para incluir una planta especialmente adecuada, es mayor mientras más pequeñas sean las áreas de las unidades. Es posible que áreas pequeñas den resultados completamente confiables en manos de trabajadores en terreno experimentados y capacitados, pero pueden resultar muy poco confiables cuando son utilizadas por trabajadores sin experiencia, en especial si no se aprecia la necesidad de una objetividad total.

Por ejemplo, Sukhatme (1946 a, H) ha comunicado los sesgos de ciertos trabajos experimentales de muestreo de cosechas, los que se presentan en el cuadro 2.5. Este autor opina que los sesgos de las áreas muy pequeñas se deben a la inclusión de plantas de los bordes. No obstante, esto implicaría que el radio efectivo de las áreas más pequeñas, que nominalmente estaban constituidas por círculos de 2 pies de radio, tendría que aumentar en casi 5 pulgadas. Los errores de esta magnitud aparecen improbables, a menos que los observadores fueran muy descuidados en su trabajo, y parece probable que por lo menos parte del sesgo fue provocado por una ubicación imperfecta.

Las estimaciones a ojo son en sí una forma de medida, pero tales estimaciones siempre están sujetas a sesgo, que probablemente variará de un observador a otro, y que a menudo es muy considerable. Si se utilizan las estimaciones a ojo, se debe, por lo tanto, tomar precauciones para eliminar los sesgos resultantes tomando medidas adecuadas de una sub-muestra del material. Un ejemplo sencillo de esto lo proporciona el Censo de Bosques de 1938-39, descrito en la Sección 4.25, y los Ejemplos 6.12 b y 7.11. Un ejemplo más complicado se discute en la Sección 6.15 y 7.14.

## 2.6 Sesgos originados en el proceso de estimación

Además de los sesgos que se originan en procesos defectuosos de selección y en un trabajo defectuoso durante la recolección de la información, los métodos defectuosos de analizar los resultados también pueden introducir sesgos. El ejemplo sencillo se produce al estimar relaciones. Si, por ejemplo, una cosecha agrícola se cultiva en tipos de suelos con diversos niveles de fertilidad, y si los campos con diferentes tipos de suelos son de distinto tamaño promedio, el rendimiento medio por acre estimado

Cuadro 2.5

SESGO EN EL USO DE AREAS DE TAMAÑO PEQUEÑO EN LAS ENCUESTAS  
POR MUESTREO DE RENDIMIENTOS (SUKHATME)

Tamaño del área en pies cuadrados	No. de áreas	Rendimiento medio en <u>maunds</u> por acre	Porcentaje de sobreestimación
De riego:			
471.5	78	10.10	-
117.9	78	10.58	4.8
29.5	78	11.69	15.7
28.3	117	11.60	14.9
12.6	117	14.38	42.4
De seco:			
471.5	107	6.55	-
117.9	107	7.27	11.0
29.5	107	8.08	23.4
28.3	162	7.52	14.8
12.6	161	9.33	42.4

a partir de la media de los rendimientos por acre de todos los campos puede ser marcadamente distinto al rendimiento medio por acre de todos los suelos en que se cultiva la cosecha. Tomando un ejemplo numérico, si hay tres tipos de suelos con rendimientos medios de 20 quintales, 15 quintales y 10 quintales respectivamente, y campos con un tamaño promedio de 5 acres, 10 acres y 15 acres, respectivamente, siendo igual el número de campos con cada tipo de suelo, el rendimiento medio por acre en todos los suelos será dado por la media ponderada

$$\frac{5 \times 20 + 10 \times 15 + 15 \times 10}{5 + 10 + 15} = 13 \frac{1}{3} \text{ quintales por acre}$$

mientras que la media de los rendimientos por acre de todos los campos será de 15 quintales. Por consiguiente, el sesgo en la estimación con este último método será de alrededor del 12 por ciento.

Se pueden evitar las estimaciones sesgadas utilizando métodos adecuados de estimación. (Esta materia será tratada con mayor detalle en el Capítulo 6) \*

\* Véase también Secciones 10.6 y 10.7

## 2.8 Métodos para reducir el error de muestreo aleatorio

Una vez asegurada la ausencia de todo sesgo importante, la atención puede dirigirse hacia los errores del muestreo aleatorio. Es preciso que éstos sean claramente lo suficientemente pequeños para lograr la exactitud requerida.

Aparte de los errores debidos a sesgos, la manera más sencilla de aumentar la exactitud de la muestra consiste en aumentar su tamaño. Al permanecer los demás aspectos iguales, el error del muestreo aleatorio es aproximadamente inversamente proporcional a la raíz cuadrada del número de unidades incluidas en la muestra.

La exactitud alcanzada, no obstante, dependerá no sólo del número de unidades incluidas en la muestra, sino también de la variabilidad por unidad; o, en forma más estricta, de esa parte de la variabilidad por unidad que contribuye al error de muestreo. Es aquí que surgen las complicaciones del procedimiento de muestreo, tanto en cuanto a diseño como a su posterior análisis. Mediante procedimientos adecuados de selección que, a la vez que imponen restricciones respecto a una selección totalmente aleatoria, no introducen sesgos en los resultados, la parte de la variabilidad por unidad que contribuye al error de muestreo a menudo puede reducirse considerablemente, reduciendo con ello el tamaño de la muestra que se requiere para una exactitud determinada.

El tipo más sencillo de restricción es el que se conoce como estratificación. La población es "estratificada" o dividida en bloques de unidades de manera tal que las unidades de cada estrato o bloque sean lo más semejantes posible. Se obtiene luego una muestra aleatoria de cada uno de los estratos. Si de cada estrato se obtiene la misma proporción, es evidente que cada estrato estará representado en una proporción correcta en la muestra, y, por consiguiente, las diferencias entre distintos estratos quedan eliminadas del error de muestreo.

Además de la estratificación, existen diversos otros métodos, que serán discutidos con mayores detalles más adelante, por medio de los cuales se puede aumentar, a menudo de modo muy substancial, la exactitud del procedimiento de muestreo. Los tres más importantes son: utilización de información complementaria, empleo de una fracción variable de muestreo (denominada a veces "afijación óptima") y el muestreo polietápico.

La utilización de información complementaria, es decir, de información derivada de fuentes ajenas al esquema de muestreo, o de una muestra más extensa que aquella en que se recoge información sobre las principales características, asume diversas formas. Un ejemplo sencillo ilustrará el principio general. Supóngase

que se requiere estimar el rendimiento de trigo de un país y que se ha tomado una muestra aleatoria de los sembrados de trigo y determinado el rendimiento total de cada sembrado. Se puede entonces estimar el rendimiento total de trigo del país ya sea a) multiplicando el rendimiento total de la muestra por el inverso de la proporción de los campos incluidos en la muestra, o b) calculando el rendimiento medio por acre de los campos muestreados (dividiendo el rendimiento total de todos los campos muestreados por su superficie total, de modo de evitar los sesgos) y multiplicando este rendimiento medio por la extensión total de los sembrados de trigo en el país. Solo se puede efectuar esta última estimación si ya se conoce con suficiente exactitud la extensión total de los sembrados de trigo en el país, v.g., de las respuestas de los campesinos o de una muestra más grande. Si se dispone de esta información, es probable que la segunda estimación sea considerablemente más exacta que la primera, ya que la variabilidad de los rendimientos totales, los que hasta donde el rendimiento por acre es constante, será proporcional a las áreas de los campos individuales, probablemente será considerablemente más grande que la variabilidad de los rendimientos por acre de los campos individuales.

El uso de una fracción variable de muestreo, es decir, la inclusión de distintas proporciones de los distintos estratos de la muestra, permite el muestreo más intensivo de las proporciones más importantes, o más variables de la población. Si esto se hace, será necesario naturalmente, ponderar las contribuciones que hacen los diferentes estratos al total en las proporciones correctas.

Las fracciones óptimas de muestreo dependen de la variabilidad relativa de los diferentes estratos en que se divide la población con el propósito de obtener una muestra. Así, si se requiere determinar el número de trabajadores en una industria determinada, será mejor obtener una fracción mucho más grande de las industrias grandes, en lo posible de todas, que de las más pequeñas.

En el muestreo polietápico, la población se divide en un número de unidades de muestreo de primera etapa, las que son muestreadas en la manera corriente, siendo subdivididas las unidades de primera etapa seleccionadas, en unidades más pequeñas de segunda etapa, las que también son muestreadas. Pueden agregarse etapas adicionales si es necesario. Así, por ejemplo, en una encuesta de población puede obtenerse una muestra de todas las ciudades y poblados, y en cada una de las ciudades y poblados seleccionados se puede tomar una submuestra de todos los hogares, posiblemente, y para ciertos propósitos, con una submuestra adicional de individuos de los hogares seleccionados.

## Capítulo 3.

### LA ESTRUCTURA DE DIVERSOS TIPOS DE MUESTRAS

#### 3.1 Definición de marco y de unidad de muestreo

Nuestro propósito en este capítulo es proporcionar una descripción técnica de la estructura de los diversos tipos de muestras que se emplean más comúnmente en la práctica y de los métodos que deben seguirse en su selección. Los métodos para obtener estimaciones de los valores de población y de los errores de muestreo a partir de los valores de una muestra se discutirán en los Capítulos 6 y 7.

Todo muestreo riguroso exige una subdivisión del material a ser muestrado en unidades, las que se denominan unidades de muestreo, que conforman la base del procedimiento de muestreo propiamente dicho. Estas unidades pueden ser unidades naturales del material, como son individuos en una población humana, conjuntos naturales de tales unidades, como son los hogares, o pueden ser unidades artificiales, como son las áreas rectangulares en un mapa, que no guardan relación con las subdivisiones naturales del material.

No siempre es necesario hacer una división efectiva de todo el material antes de seleccionar la muestra, siempre que las unidades seleccionadas puedan ser definidas en forma clara e inequívoca. Así, en el caso de que las unidades de muestreo sean áreas rectangulares en un mapa, no es necesario demarcar todas estas áreas; pueden ser definidas por medio de coordenadas, demarcando las áreas seleccionadas luego de efectuada la selección.

Para que el diseño muestral sea claro e inequívoco debe contarse con la existencia o construcción de alguna forma de marco de muestreo. En el muestreo de una población humana, por ejemplo, en que los hogares son las unidades de muestreo, es preciso disponer de una lista de todos los hogares y que esta lista sea de manera tal que cualquier hogar que se seleccione en ella pueda ubicarse en forma inequívoca. En el muestreo de áreas tomadas de mapas, éstos deben ser de manera que las áreas seleccionadas puedan identificarse en forma inequívoca en el terreno.

La especificación del marco define implícitamente la extensión geográfica de la encuesta y las categorías de material cubierto. Una encuesta de una población humana basada en una lista de hogares, por ejemplo, solo abarcará aquellas categorías de la población que constituyen los hogares incluidos en la lista. Si se requiere incluir otras categorías, o si el marco es imperfecto, habrá que tomar medidas especiales para complementarlo y enmendarlo.

En terminología estadística, cualquier conjunto de valores se denomina población, y, por consiguiente, el conjunto total de unidades de muestreo en que se divide el material se conoce como población de unidades de muestreo. Las Unidades de muestreo pueden ser conjuntos de unidades naturales de un material y estos a su vez formarán una población, que es preciso distinguir de la población de unidades de muestreo.

En Norteamérica, el término muestreo por conglomerados ha sido aplicado al muestreo en que las unidades de muestreo son conjuntos o "conglomerados" de unidades naturales. El término es algo impreciso, ya que a menudo existe una jerarquía de unidades naturales, v.g., una muestra en que las unidades de muestreo son hogares puede ser considerada como una muestra corriente de hogares o como una muestra de individuos por conglomerados.

En el muestreo polietápico también existe una jerarquía de unidades de muestreo, de primera etapa, de segunda etapa, etc., que corresponden a las diferentes etapas de muestreo, y cada serie de unidades formará su propia población de unidades.

Las unidades de muestreo pueden ser de tamaños iguales o distintos. Pueden incluir el mismo, o aproximadamente el mismo, número de unidades naturales, o pueden contener cantidades sumamente distintas. Todo el procedimiento de muestreo, incluyendo la estimación de los valores de la población y de los errores de muestreo, resulta más simple cuando las unidades de muestreo son aproximadamente del mismo tamaño, y contienen aproximadamente el mismo número de unidades naturales. No obstante, a menudo el material es de índole tal que esta condición no puede cumplirse en forma adecuada. En particular, si las unidades naturales son en sí de tamaños sumamente distintos, resulta inevitable la variación en el tamaño de las unidades de muestreo o en el número de unidades naturales.

No existe en los procedimientos de muestreo restricción que exijan que las unidades de muestreo sean de algún tamaño en particular, pero, como se ha explicado en la Sección 2.9, mientras más pequeñas sean las unidades de muestreo empleadas, más exactos serán los resultados obtenidos cuando se incluye una proporción determinada del material en la muestra.

### 3.2 Muestra Aleatoria

La muestra aleatoria es el tipo más sencillo de muestra seleccionada con rigurosidad, y constituye la base de la mayoría de los métodos de muestreo más complicados. En una muestra aleatoria, luego de subdividir el material en unidades de muestreo, se selecciona en forma aleatoria el número necesario de unidades en toda la población de unidades.

Como se recalcó en la Sección 2.3, la selección aleatoria implica un procedimiento estricto de selección que equivale a un sorteo. En la práctica, puede realizarse ya sea mediante un procedimiento semejante, o preferiblemente, puesto que resulta difícil barajar tarjetas, etc., en forma adecuada, mediante el uso de una tabla de números aleatorios. Al final de este libro aparece una pequeña tabla de números aleatorios. Los ejemplos de esta sección ilustran el uso de una tabla semejante.

El proceso de selección aleatoria puede realizarse en dos etapas. Supóngase que la población está dividida en grupos de unidades que contienen:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  unidades. Se calculan primero los subtotales sucesivos  $x_1 = x_1, x_1 + x_2 = x_2, x_1 + x_2 + x_3 = x_3, x_1 + x_2 + \dots + x_n = x_n$ , lo cual se realiza fácilmente en una máquina de cinta.

El número necesario de números se selecciona luego en forma aleatoria entre 1 y  $x_n$ , siendo eliminados los números que ocurren más de una vez. Un número seleccionado mayor que  $x_{s-1}$  pero menor o igual a  $x_s$ , indica que debe tomarse una unidad del  $s$ -ésimo grupo. La selección aleatoria de una unidad de este grupo, que si resulta conveniente, puede hacerse sobre la base del número ya seleccionado, equivaldría entonces a una selección totalmente aleatoria.

Este proceso de dos etapas tiene valor cuando es difícil numerar o demarcar totalmente las unidades en todos los grupos con anterioridad al muestreo. Es de especial valor cuando las unidades son áreas artificialmente demarcadas, y se conocen las áreas totales de las subdivisiones naturales del material. Utilizando este proceso, solamente las unidades en los grupos seleccionados tienen que ser numeradas o demarcadas.

### Ejemplo 3.2.a

Selecciónese una muestra de 20 en una población de 2879 unidades.

Utilizando los números de cuatro cifras que dan las primeras cuatro columnas de dígitos del Cuadro A.1, y eliminando todos los números mayores que 2879, obtenemos la muestra 347, 1676, 1256, 1622, 1818, 2662, 2342, 1608, 2742, 39, 1690, 1127, 1490, 2046, 526, 797, 2699, 1465, 2467, 1753.

El procedimiento anterior da como resultado la eliminación, en este ejemplo, de casi las tres cuartas partes de los números aleatorios dados por la tabla. Se pueden emplear diversos métodos para evitar esto. En el presente ejemplo, lo más sencillo consiste en tomar los números 3001-6000 y 6001-9000 como equivalentes a 0001-3000, eliminando los números 9001-9999 y 0000. Utilizando la segunda columna de números de cuatro cifras se obtiene

la muestra 1373.....2467, 227, 2599, 2635, 1794, 1753, 378, 1234, 2632, 792, 897, 1064, 2819, 1712, 1837, 2722, 1504, 13, 2565.

Si con cualquiera de los procedimientos anteriores se selecciona la misma unidad una segunda vez, el número que lleva a esta selección se elimina, y se toma otro número.

Se observará que en ninguna de estas dos muestras se tiene el mismo número de unidades en cada uno de los tercios del rango. La distribución de las dos muestras es la siguiente:

Números	1a. muestra	2a. muestra
1-960	4	5
961-1920	10	8
1921-2879	<u>6</u>	<u>7</u>
	20	20

La selección aleatoria dará muestras que difieren entre sí con respecto a una distribución uniforme de unidades en cada uno de los intervalos señalados debido al propio proceso de muestreo. Pruebas estadísticas mostraron que de 3 de 4 muestras del tipo de la 1a. señalada en el cuadro, darán desviaciones menores que ella, con respecto a una distribución uniforme y para la segunda muestra, 3 de cada 10.

### Ejemplo 3.2.b

Selecciónese en forma aleatoria unidades de  $\frac{1}{10}$  de milla x  $\frac{1}{10}$  de milla en una área rectangular de 5 x 4 millas.

Existen 2 000 unidades de superficie, cuya mejor definición son las coordenadas 1-50 en el lado mayor del rectángulo, y 1-40 en el lado menor, definiendo las coordenadas seleccionadas el ángulo de la unidad de área más alejada del ángulo del rectángulo (0,0). La selección aleatoria de un número entre 1 y 50, y de un segundo entre 1 y 40, por lo tanto seleccionará una unidad en forma aleatoria. Tomando la tercera columna de números de cuatro cifras (comenzando con 8636) y siguiendo el segundo de los procedimientos descritos en el Ejemplo 3.2.a, se obtienen las parejas de coordenadas 36,36; 12,02; 16,16; 14,38; etc.

Si es necesario elegir puntos en lugar de unidades de área, cada rango de las coordenadas debería, en teoría, subdividirse infinitamente. Por lo general, no es necesario que el grado de subdivisión real sea demasiado fino.

\*/ La prueba adecuada es la que se conoce como prueba de la  $\chi^2$ . En la mayoría de los textos modernos de estadística se encuentra una descripción de esta prueba.

El procedimiento de este ejemplo puede utilizarse para seleccionar unidades de área o puntos a partir de una área de forma irregular, siempre que se incluya el rango extremo de cada coordenada, siendo eliminados los puntos que quedan fuera del área. Naturalmente, se pueden idear procesos más detallados, que involucran menos eliminaciones, pero es preciso cuidar que la probabilidad de selección de todas las áreas o puntos sea igual. Así, en una área triangular, la selección de líneas paralelas a la base, a distancias aleatorias de la base, seguida por la selección aleatoria de un punto dentro del triángulo en cada una de las líneas seleccionadas, dará una densidad mayor de puntos cerca del ápice del triángulo. La selección de puntos dentro de un círculo mediante la selección de distancias y de relaciones aleatorias con respecto al centro dará una mayor densidad de puntos cerca del centro. En las áreas de forma irregular, además, las unidades fraccionadas de áreas que requieren un tratamiento especial ocurrirán en los límites.

### Ejemplo 3.2.c

14 calles de un barrio contienen 25, 17, 5, 99, 64, 22, 38, 16, 21, 12, 14, 38, 17, 23 casas respectivamente. Hágase una selección aleatoria de 6 casas entre las 371 casas.

Los subtotales sucesivos son 25, 42, 47, 106, 170, 192, 230, 246, 267, 279, 293, 331, 348, 371. Una tabla de números aleatorios da los números 72, 128, 96, 326, 199, 202. Por lo tanto las unidades 72 y 96 caen en la 4a. calle, la unidad 128 en la 5a. calle, las unidades 199 y 202 en la 7a. calle y la unidad 326 en la 12a. calle. Puesto que  $72 - 47 = 25$  y  $96 - 47 = 49$ , se seleccionan las casas 25a. y 49a. de la 4a. calle, etc. Se requiere la numeración de cuatro calles, que incluyen 199 casas.

### 3.3 Estratificación con fracción uniforme de muestreo

En una muestra estratificada, la población de unidades de muestreo se subdivide en grupos o "estratos" antes de seleccionar la muestra. Cada uno de estos estratos pueden contener el mismo número de unidades, o distinto número de unidades. Si se emplea una fracción uniforme de muestreo, se incluye en la muestra la misma fracción de las unidades de cada estrato, siendo elegidas aleatoriamente las unidades entre todas las unidades en cada estrato. Por lo tanto, la muestra estratificada equivale a un conjunto de muestras aleatorias en varias subpoblaciones, y equivale cada una a un estrato.

La estratificación tiene dos finalidades. La primera consiste en aumentar la exactitud de las estimaciones globales de la población y la segunda, asegurar que las subdivisiones de la población, que son de interés de por sí, tengan una representación

adecuada. Estas subdivisiones pueden denominarse dominios de estudio. Se obtendrá una exactitud global máxima si los estratos se escogen de modo tal que las unidades dentro de cada estrato sean lo más semejantes posible. Sin embargo, a menudo es recomendable utilizar dominios de estudio como estratos, incluso si pudiera esperarse que alguna otra forma de estratificación diera resultados algo más exactos. Si existe una marcada heterogeneidad dentro de alguno de los dominios de estudio, o en todos ellos, éstos pueden ser subdivididos en estratos más pequeños para los fines del muestreo.

La estratificación afecta la estimación del error de muestreo. Como en una muestra estratificada solo las variaciones dentro de los estratos originan los errores de muestreo, este componente de la variación es el que requiere ser estimado, y esto, en general, solo se puede hacer a partir de las diferencias entre las unidades de un mismo estrato. Por lo tanto, es necesario, si se requiere una estimación del error de muestreo, que los estratos sean de tamaño tal que la muestra contenga dos o más unidades provenientes de por lo menos la mayoría de los estratos. En ciertos casos, en los que parece conveniente utilizar estratos que contienen solamente una sola unidad seleccionada por la mayor exactitud que así se obtiene, hay que adoptar métodos especiales, a menudo aproximativos, para estimar el error de muestreo. En la Sección 8.15 se analiza en mayor detalle este aspecto.

Si las unidades de muestreo ya están clasificadas en los estratos requeridos, se puede efectuar la selección de una muestra estratificada del mismo modo que se hace con una muestra aleatoria, seleccionándose aleatoriamente el número necesario de unidades provenientes de cada estrato. No obstante, si la población no ha sido clasificada de este modo, la selección mediante este método requeriría una clasificación previa. En este caso, si se conoce el número de unidades de los diferentes estratos, se dispone de un procedimiento alternativo. Este consiste en seleccionar una muestra en forma aleatoria; llevar una cuenta, a medida que se efectúa la selección, de los números que le corresponden a cada estrato; y eliminar cualquier componente de un estrato específico apenas se obtenga el número necesario para ese estrato. Por otra parte, si no se conoce el número de unidades de los diferentes estratos, de todos modos tendrá que realizarse un recuento de toda la población, en cuyo caso se puede efectuar en forma simultánea una clasificación que servirá de base para la selección posterior de la muestra.

A menos que todos los estratos contengan el mismo número de unidades, suele suceder que la fracción de muestreo escogida no da un número entero exacto de unidades en cada estrato. En este caso, se tomará el número entero de unidades más próximo. Podemos, por lo tanto, diferenciar entre la fracción de muestreo de trabajo, la cual al hacerse la estratificación, con una fracción

uniforme de muestreo, es igual para todos los estratos, y las fracciones exactas de muestreo, que serán ligeramente distintas a la fracción de muestreo de trabajo. El uso de la fracción de muestreo de trabajo en el análisis de los resultados lleva a inexactitudes menores, aunque éstas, pocas veces darán origen a errores que resulten importantes en la práctica.

Hay que anotar que si se conoce el número de unidades de toda la población que cae dentro de los diferentes estratos, y se toma una muestra aleatoria lo suficientemente grande para asegurar la obtención de un número adecuado de unidades en todos los estratos, el ajuste de los resultados para que los diferentes estratos estén representados en su proporción correcta llevará a prácticamente la misma exactitud que se obtendría con una muestra estratificada. Cuál de estos dos métodos alternativos será el que se adopte en un caso específico es asunto de conveniencia. Si la selección de cualquiera de los dos tipos de muestra es igualmente simple, es mejor usar una muestra estratificada, ya que con ello se simplifican los cálculos. En ciertos casos, no obstante, la clasificación de las unidades en estratos solo puede hacerse por medio de información obtenida en el transcurso de la encuesta, en cuyo caso se requiere una muestra aleatoria, con un ajuste posterior. Por ejemplo, en una encuesta de una población humana, puede que se conozca la distribución por edades de toda la población, pero puede resultar imposible la selección previa de individuos de edades específicas debido a la falta de información sobre estas edades.

### 3.4. Estratificación múltiple

Una población puede ser estratificada en relación a dos o más características distintas. Si la selección se hace a partir de sub-estratos formados por las diversas combinaciones de las clasificaciones principales, el procedimiento es exactamente equivalente a la estratificación corriente, equivaliendo los sub-estratos a estratos. De este modo, podemos estratificar los predios agrícolas de acuerdo a tamaño y de acuerdo a regiones geográficas. Si antes de tomar la muestra, los predios agrícolas de cada región son clasificados en grupos de tamaños, las combinaciones región-grupo de tamaños forman entonces los sub-estratos individuales.

Ocasionalmente, es posible que se conozca el número de unidades de la población que cae dentro de cada conjunto de estratos principales, v.g., a partir de datos censales previos, pero que se desconozca el número en los diversos sub-estratos. Así, en el ejemplo anterior puede existir información sobre la cantidad de predios en los diferentes grupos de tamaño, y también sobre la cantidad en las distintas regiones geográficas, pero no sobre la cantidad de cada grupo de tamaños en cada región. En semejantes casos podemos tratar de seleccionar una muestra que

tenga las proporciones correctas para cada conjunto de estratos principales. Esta estratificación puede denominarse estratificación múltiple sin control de los sub-estratos. La selección de una muestra semejante, sin embargo, presenta dificultades teóricas a la vez que prácticas, y también presenta problemas el cálculo del error muestral.

En los raros casos en que se estima necesaria una estratificación múltiple sin control de los sub-estratos, el siguiente es un procedimiento sencillo de selección que debe dar una muestra razonablemente satisfactoria. Se seleccionan unidades en forma aleatoria hasta que el total de cada hilera y columna de la tabla de doble o más entrada para los conjuntos de estratos sea por lo menos igual al total requerido. Se calculan los sobrantes de estos totales marginales, y se escogen números para restarlos de los totales de los sub-estratos que en conjunto componen estos sobrantes, y los que, sujetos a estas restricciones, son aproximadamente proporcionales a los totales de los sub-estratos. (En el ejemplo siguiente se muestra un método para calcular estos números). El número correspondiente de unidad es luego descartado de los grupos de sub-estratos, seleccionándose aleatoriamente los números descartados. Si la selección original fue estrictamente aleatoria, la condición de aleatoriedad será satisfecha si los últimos en seleccionarse son descartados.

#### Ejemplo 3.4

Se requiere una muestra de 1 000 proveniente de una población clasificada en dos series de cuatro estratos, desconociéndose los totales de los sub-estratos, pero conociéndose que los totales correctos de los estratos de la muestra son 120, 280, 350, 250, para cada serie de estratos.

Después de tomarse una muestra de 1 125 unidades, se obtuvieron los números de unidades en los 16 sub-estratos que se presentan en el Cuadro 3.4.a.

En el cuadro 3.4.b se muestran las tres etapas del cálculo. En la etapa 1, los sobrantes de las hileras han sido distribuidos en proporción al número de unidades en los sub-estratos de cada hilera. Los sobrantes distribuidos se suman por columnas y se comparan con los sobrantes requeridos. Las diferencias, con los signos invertidos, se distribuyen por columnas en la etapa 2, excluyendo la primera hilera, y el proceso se repite para las hileras de la etapa 3. Las cantidades son ahora pequeñas y se han escogido ajustes empíricos, que aparecen entre paréntesis, para hacer que los totales de las columnas sean iguales a cero.

Cuadro 3.4.a

ESTRATIFICACION DE DOBLE ENTRADA SIN CONTROL DE LOS SUB-ESTRATOS:  
MUESTRA INICIAL

Estratos B	Estratos A				Total	Requerido	Sobrante
	1	2	3	4			
1	37	40	35	8	120	120	0
2	39	140	82	56	317	280	+ 37
3	45	97	173	93	408	350	+ 58
4	8	40	86	146	280	250	+ 30
Total	129	317	376	303	1 125	1 000	125
Requerido	120	280	350	250	1 000	-	-
Sobrante	+ 9	+ 37	+ 26	+ 53	125	-	-



Quadro 3.4.c

NUMERO DE UNIDADES DESCARTADAS, NUMERO EN LA MUESTRA FINAL Y  
 TOTALES CORRECTOS PARA LOS SUB-ESTRATOS

	Número de unidades descartadas					Número en la muestra final					Totales correctos para los sub-estratos				
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	Total	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	Total	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	Total
B <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	37	40	39	8	120	40	40	30	10	120
B <sub>2</sub>	4	18	5	10	37	35	122	77	46	280	40	120	80	40	280
B <sub>3</sub>	4	16	18	20	58	41	81	155	73	350	30	80	160	80	350
B <sub>4</sub>	1	3	3	23	30	7	37	83	123	250	10	40	80	120	250
TOTAL	9	37	26	53	125	120	280	350	250	1 000	120	280	350	250	1 000

Se suman luego las tres etapas y se restan de las cantidades en la muestra original, según se muestra en el Cuadro 3.4.c. Este cuadro muestra además los totales proporcionales correctos de los sub-estratos de la población de la que se obtuvo la muestra. La prueba estadística adecuada <sup>\*/</sup>demuestra que se ha obtenido una muestra satisfactoria.

El proceso anterior no converge necesariamente, pero suele hacerlo en los casos prácticos. Si se obtiene un valor negativo para el número de unidades descartadas para cualquier sub-estrato, éste puede ser llevado a cero mediante un ajuste empírico.

### 3.5 Estratificación con fracción variable de muestreo

En cierto tipo de material se obtendrá una exactitud mucho mayor si se utilizan diferentes fracciones de muestreo para los diferentes estratos. Se alcanzará la mayor exactitud para un número dado de unidades si las fracciones de muestreo son proporcionales a las desviaciones estándar <sup>\*/</sup> de las unidades dentro de los estratos. Si  $f_1, f_2, \dots$  denotan las fracciones de muestreo y  $\sigma_1, \sigma_2, \dots$  las desviaciones estándar, tenemos:

$$\frac{f_1}{\sigma_1} = \frac{f_2}{\sigma_2} = \dots$$

En algunos casos, esta fórmula puede dar fracciones de muestreo mayores que la unidad para algunos de los estratos. Si esto ocurre, la totalidad de estos estratos se incluye en la muestra <sup>\*/</sup>

Una aplicación particularmente importante de la fracción variable de muestreo es en el material estratificado en grupos de tamaños. En este material, las diversas características cuantitativas de las unidades en estudio a menudo tienen desviaciones estándar dentro de los estratos que son aproximadamente proporcionales a los tamaños medios de las unidades en los diferentes grupos de tamaños. En este caso, las fracciones de muestreo deben tomarse en forma más o menos proporcional a estos tamaños medios. Si se estudian características cuantitativas que guardan una elevada correlación con el tamaño de la unidad, los rangos de los grupos de tamaños pueden dar estimaciones satisfactorias de las desviaciones estándar relativas dentro de los estratos. Se puede entonces considerar las fracciones de muestreo como proporcionales a estos rangos. Sin embargo, los cambios en el tiempo, no suelen de ninguna manera guardar una correlación tan elevada con el tamaño, y cuando los cambios son de interés, lo mejor suele ser tomar fracciones de muestreo proporcionales a los tamaños medios de los grupos de tamaños.

<sup>\*/</sup>  $\chi^2 = 9, 1, 9$  grados de libertad.

<sup>\*/</sup> En el capítulo 7 se explicará el significado de este término y el método de estimación.

<sup>\*/</sup> Cuando es necesario tomar en cuenta las variaciones en el costo, resulta apropiada la fórmula 8.17.b.

Las reglas anteriores determinarán fracciones de muestreo que dan una exactitud máxima a las estimaciones de los valores de la población. En los casos en que son de interés los valores para los estratos individuales, es decir, los casos en que los propios estratos conforman campos de estudio, también resulta importante ver que todos los estratos están adecuadamente representados en la muestra, y por esta razón, la regla de estricta proporcionalidad a las desviaciones estándar, o a los tamaños medios de los grupos de tamaños, a menudo requiere una ligera modificación \*/.

Cuando se investigan simultáneamente diversas características, suele encontrarse que sus desviaciones estándar dentro de los estratos no tienen exactamente las mismas proporciones. No obstante, en la práctica, esto no es un problema muy grave puesto que cualquiera fracción de muestreo que se aproxime al óptimo dará resultados que serán casi tan exactos como los que dan las fracciones óptimas. Por consiguiente, suele no haber grandes dificultades para seleccionar fracciones adecuadas de muestreo que reconcilien los diversos requerimientos en conflicto \*/.

Dado que por estas razones a menudo se emplean fracciones de muestreo que no son óptimas, hemos preferido no adoptar el término "afijación óptima", que a veces se ha utilizado para denotar un muestreo estratificado con una fracción variable de muestreo.

Solo se pueden estimar las desviaciones estándar dentro de los estratos a partir de datos relacionados con el material a ser muestreado, o a partir de datos derivados de un material semejante, pero un conocimiento general acerca del comportamiento del material de un tipo específico, v.g., material estratificado en grupos de tamaños, con frecuencia permitirá seleccionar fracciones adecuadas de muestreo que cuentan con la exactitud necesaria. A veces se ha dicho que debe ejecutarse una encuesta preliminar simplemente para determinar las fracciones óptimas de muestreo pero esto rara vez resulta conveniente hacerlo, aunque en el caso de que se ejecute una encuesta preliminar para otros propósitos, naturalmente también servirá para mejorar las fracciones de muestreo.

### 3.6 Muestras sistemáticas a partir de listados

Aunque se ha recalcado la importancia del principio de la selección aleatoria en el muestreo, de hecho una gran parte del muestreo realizado en la práctica no es totalmente aleatorio.

\*/ La situación en que los campos de estudio son los estratos al través se discute en las secciones 9.3 y 9.4.

\*/ En la Sección 10.4 se da una solución exacta a este problema.

Así, un método frecuente para seleccionar una muestra, cuando se dispone de un listado de las unidades de la población a ser muestreada, consiste en tomar cada  $q$ -ésima entrada de este listado. Esta puede calificarse como una muestra sistemática a partir del listado. Para fines específicos, se pueden adoptar ocasionalmente otros procedimientos sistemáticos más complicados.

Se acostumbra, y es conveniente, determinar la primera entrada mediante la selección aleatoria de un número entre 1 y  $q$ , pero este elemento de aleatoriedad no convierte a la muestra en aleatoria <sup>\*/</sup>. Una muestra sistemática equivaldría a una muestra totalmente aleatoria si el listado estuviese ordenado en forma enteramente aleatoria. Sin embargo, ningún listado se ordena en forma aleatoria. Lo que probablemente más se aproxime a un orden aleatorio son las listas por orden alfabético, aunque incluso éstas tienen ciertas características no aleatorias: en este país, por ejemplo, una gran proporción de los escoceses figura bajo la letra M. Si se toma cada  $q$  sima entrada, se obtendrá por lo tanto una especie de estratificación parcial, y la muestra será algo más precisa que una muestra enteramente aleatoria. Así, en una muestra sistemática de predios agrícolas tomada de un listado de predios agrícolas ordenado por parroquias, la proporción de predios tomados de cada parroquia será más o menos constante, siempre que el intervalo de muestreo sea pequeño en comparación con el número de predios de una parroquia <sup>\*/</sup>.

A causa de la falta de una definición de los estratos, es imposible realizar una estimación enteramente válida del error muestral, pero siempre que no existan rasgos periódicos en el listado, la muestra no será sesgada. Por lo general, se puede realizar una estimación del error de muestreo que en la práctica resulta lo suficientemente satisfactoria, considerando la muestra como una muestra estratificada en las sub-divisiones más importantes del listado, sin tomar en cuenta ningún agrupamiento secundario y mal definido. Si el error de muestreo se estima como si la muestra fuese enteramente aleatoria, se obtendrá una sobreestimación, siendo mayor la inexactitud mientras más marcada sea la semejanza entre las entradas vecinas en el listado.

En general, se encontrará que el muestreo sistemático a partir de listados es bastante satisfactorio, siempre que se tenga cuidado de que no existan rasgos periódicos en el listado asociados con el intervalo de muestreo. A menudo, el método es mucho más conveniente que el muestreo aleatorio o aleatorio estratificado, puesto que se evita el trabajo de hacer una selección aleatoria adecuada, el que en un esquema amplio de muestreo resulta

---

<sup>\*/</sup> Excepto en el sentido trivial de que la muestra es una muestra aleatoria de 1 unidad entre  $q$  unidades, estando compuesta cada unidad del agregado de un conjunto de todas las entradas con un espaciamiento  $q$ .

<sup>\*/</sup> En la sección 10.2 se describen métodos para obtener una muestra estratificada sistemática a partir de un listado o de un fichero.

con frecuencia bastante considerable. No obstante, hay que tener clara conciencia de que quien tiene la responsabilidad de determinar si el material es de índole tal que el muestreo sistemático dará resultados satisfactorios es el investigador.

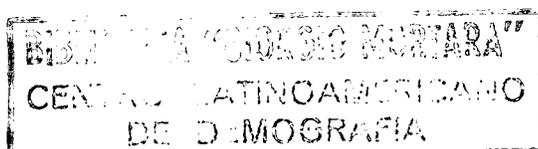
El muestreo en que la selección es enteramente sistemática debe distinguirse claramente del muestreo en que existe una selección aleatoria adecuada de unidades de muestreo que son en sí mismas, conglomerados sistemáticos de sub-divisiones más pequeñas del material. Así, un método común de muestrear hileras de papas consiste en utilizar unidades de muestreo compuestas por cada 20a. planta, seleccionándose en forma aleatoria dos de estas unidades de muestreo en cada hilera, mediante la selección aleatoria de dos números entre 1 y 20. Este método de muestreo satisface todas las condiciones requeridas para un muestreo aleatorio totalmente válido.

### 3.8 Muestreo polietápico

En el muestreo polietápico, el material se considera como compuesto por varias unidades de muestreo de primera etapa, cada una de las cuales está compuesta de varias unidades de segunda etapa, etc. El proceso de muestreo se realiza por etapas. En la primera etapa, las unidades de primera etapa son muestreadas mediante algún método adecuado, como por ejemplo, el muestreo aleatorio o estratificado. En la segunda etapa, se selecciona una muestra de unidades de segunda etapa en cada una de las unidades de primera etapa seleccionadas, nuevamente mediante algún método adecuado, que puede ser igual o distinto al método empleado para las unidades de la primera etapa. Se pueden agregar etapas adicionales a medida que se requieran.

Mediante una selección apropiada de fracciones de muestreo, a menudo se puede mantener constante la fracción global de muestreo (es decir, el producto de las fracciones de muestreo en las diferentes etapas) para los diferentes sectores de la población. Esto lleva a una considerable simplificación de los cálculos (véase Sección 6.18).

El muestreo polietápico introduce una flexibilidad en el muestreo que está ausente en los métodos más sencillos. Permite utilizar las divisiones y sub-divisiones existentes en el material como unidades en las diversas etapas, y, como se señaló en la Sección 2.9, permite concentrar el trabajo en terreno realizado en los censos y encuestas que abarcan áreas extensas. Por otra parte, por las razones que allí se dan, la muestra polietápica es en general menos exacta que una muestra que contiene el mismo número de unidades de etapa final que han sido seleccionadas mediante algún proceso apropiado de etapa única.



El muestreo polietápico además presenta la importante ventaja de que la sub-división en unidades de segunda etapa, es decir, la construcción del marco de segunda etapa, solo requiere efectuarse para aquellas unidades de primera etapa, que realmente están incluidas en la muestra. Por lo tanto, es particularmente valiosa en las encuestas en zonas subdesarrolladas, en las que no existe un marco lo suficientemente detallado y exacto para sub-dividir el material en unidades de muestreo razonablemente pequeñas.

Puesto que existen muchas variantes del muestreo polietápico para cualquier tipo determinado de material, a menudo se requiere una investigación cuidadosa para poder llegar a una decisión respecto al mejor procedimiento que puede emplearse para algún propósito en particular. Este asunto se discutirá en detalle en el Capítulo 8, luego de describir los métodos para evaluar los errores de muestreo.

### 3.9 Selección con probabilidad proporcional al tamaño de las unidades

Si tenemos áreas demarcadas en un mapa, tales como campos, y se ubica un punto en forma aleatoria en el mapa, la probabilidad de que el punto caiga dentro de los límites de los distintos campos es evidentemente proporcional a las áreas de los campos. Por consiguiente, se pueden seleccionar áreas en forma aleatoria con una probabilidad proporcional a su tamaño mediante el sencillo procedimiento de tomar puntos aleatorios en el mapa. Se observará que un procedimiento semejante de selección puede dar como resultado el que en la muestra se incluya una misma área dos veces o más. En este caso, debe ser contabilizada dos veces o más. Sin falsear las probabilidades, no podemos efectuar del mismo modo una selección adicional con iguales probabilidades.

El principio tiene aplicación en las encuestas agrícolas diseñadas para determinar el número de acres y el rendimiento de diferentes cosechas agrícolas, área total de cultivo, etc. Lo único que se requiere para el número de acres consiste en determinar la proporción de puntos que caen dentro de las áreas del tipo determinado. Por lo tanto, el método es particularmente atractivo para realizar medidas de las superficies de las cosechas, etc., mediante investigaciones aéreas, siempre que las diferentes cosechas puedan ser reconocidas en las fotografías, puesto que evitan todas las mediciones de áreas que se necesitarían si se tomara una muestra aleatoria corriente de las áreas. El muestreo de los campos con una probabilidad proporcional al tamaño equivale en este caso al muestreo de pequeñas unidades de áreas de igual tamaño cuyas ubicaciones son determinadas por los puntos aleatorios. Cuando solo se requiere determinar áreas el tamaño de los campos a los que corresponden los puntos aleatorios de hecho no tiene importancia.

La analogía con el caso de una muestra estratificada con una fracción variable de muestreo indica que en ciertas circunstancias se puede esperar una mayor exactitud de las áreas seleccionadas con una probabilidad proporcional a su tamaño que la que se obtendrá si se seleccionan con iguales probabilidades.

En el caso de la determinación de rendimientos, cuando se conoce el número total de acres, siempre se puede esperar que las determinaciones del rendimiento a partir de una muestra de campos seleccionados con una probabilidad proporcional al tamaño, darán una estimación más exacta del rendimiento medio por acre y del rendimiento total, que determinaciones similares del rendimiento en una muestra aleatoria de campos que prescinde del tamaño de éstos. Si el número total de acres no se conoce, la situación es más complicada, pero nuevamente el muestreo con probabilidad proporcional resulta a menudo ventajoso.

El muestreo con probabilidad proporcional al tamaño de la unidad, o a alguna otra característica cuantitativa conocida de las unidades, puede efectuarse en otros tipos de material formando un total acumulativo o corriente de todas las unidades a la manera del Ejemplo 3.2.c <sup>\*/</sup>, sin embargo, en general, la estratificación por tamaño y el uso de una fracción variable de muestreo será preferible en tales casos, tanto sobre la base de la exactitud como de la conveniencia, excepto en las circunstancias especiales que se describirán en la sección siguiente.

### 3.10 Muestreo estratificado con probabilidad proporcional al tamaño en la selección de unidades

Aparte del muestreo por áreas, el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño de la unidad es útil principalmente cuando las unidades están estratificadas de acuerdo a alguna otra característica, y el número de unidades a seleccionarse de cada estrato, o de alguno de ellos, es pequeño. En este caso, una muestra estratificada corriente dará estimaciones ya sea inexactas o sesgadas cuando se emplea el método de estimación a base de relaciones, que se explica en el Capítulo 6. Se elimina el sesgo o inexactitud seleccionando las unidades dentro de los estratos con probabilidad proporcional a su tamaño. Al parecer, los primeros en reconocer el hecho fueron Hansen y Hurwitz (1943.A).

Este procedimiento es de particular utilidad en conjunto con el muestreo bietápico con grandes unidades de primera etapa de tamaño variable. Las unidades de la primera etapa se seleccionan dentro de los estratos con probabilidad inversamente proporcional al tamaño de las unidades de la primera etapa. Mediante este método, la fracción global de muestreo se mantiene constante con la consiguiente simplificación del cálculo.

<sup>\*/</sup> En la Sección 10.8, se describe un método alternativo.

Al igual que antes, cuando se requiere más de una unidad en un estrato, la selección con probabilidad estrictamente proporcional al tamaño solo puede efectuarse de modo sencillo si una unidad que por casualidad es seleccionada dos veces es contabilizada dos veces. Por lo general, no obstante, cuando cada estrato contiene solamente unas pocas unidades grandes, no es conveniente la duplicación de unidades: en lugar de ello se selecciona otra unidad, con una ligera inexactitud en la probabilidad de selección, y con un consiguiente sesgo ligero, pero que por lo general puede despreciarse en los resultados.

### 3.12 Muestreo polifásico

Resulta a veces conveniente, y económico, recoger ciertos ítems de información en todas las unidades de una muestra, y otros ítems de información sólo en algunas de estas unidades, siendo elegidas estas últimas de modo de constituir una submuestra de las unidades de la muestra original. Esto puede denominarse muestreo en dos fases. Si se requiere, se pueden agregar fases adicionales.

El muestreo polifásico es valioso en diversos sentidos. Su aplicación más sencilla es en el caso que el número de unidades que se requiere para dar la exactitud necesaria sobre ítems diferentes es muy distinto ya sea porque la variabilidad de las variables asociadas es distinta, o porque la exactitud requerida es distinta. Si no se emplean las relaciones entre las distintas variables, este muestreo polifásico equivale a obtener muestras de distintos tamaños para los distintos ítems.

La información de primera fase también puede utilizarse como información complementaria a fin de mejorar la exactitud de la información de segunda fase, mediante los mismos métodos, relación y regresión, que son aplicables allí donde se dispone de información complementaria sobre toda la población. Así, en una encuesta para estimar cosechas basada en los predios como unidades de muestreo, puede tomarse una muestra relativamente grande de predios para determinar el número de acres de la cosecha, y se puede determinar los rendimientos en una submuestra de estos predios solamente.

Si la información de primera fase se recoge antes que la información de segunda fase, la primera puede utilizarse como base para el proceso de submuestreo, v.g., por estratificación de las unidades de primera fase para seleccionar la muestra de segunda fase, con o sin el empleo de una fracción variable de muestreo en la segunda fase.

Se observará que en ambas aplicaciones del muestreo en dos fases, los métodos seguidos son los mismos que los que se adoptan en el muestreo corriente de fase única, siendo reemplazada la población por la muestra de primera fase: pero como la información de primera fase no se conoce para toda la población, en sí misma está sujeta a error de muestreo, y es preciso tomar en cuenta esto al estimar los errores de muestreo en las estimaciones de las variables de segunda fase.

El muestreo polifásico difiere estructuralmente del muestreo polietápico en que en el primero se utilizan siempre las mismas unidades de muestreo, mientras que este último se utiliza una jerarquía de unidades de muestreo. El muestreo polifásico puede combinarse con el muestreo polietápico. En esquema para estimar el número de acres y los rendimientos de cosechas agrícolas, por ejemplo, se puede tomar una muestra en dos etapas de los predios y parroquias para estimar el número de acres, y se puede tomar una submuestra de estos predios para la estimación de los rendimientos.

### 3.13 Muestras balanceadas

Si se conoce para toda la población el valor promedio de alguna característica cualitativa de las unidades, tal como el tamaño, es posible, siempre que se conozcan los tamaños de las unidades individuales de muestreo, seleccionar una muestra de tal manera que el tamaño promedio de las unidades seleccionadas sea igual al tamaño promedio de todas las unidades de la población. Una muestra semejante solo será satisfactoria en los demás aspectos equivale a una muestra aleatoria, en cuyo caso puede denominarse muestra balanceada.

El balanceo puede emplearse junto con la estratificación respecto a alguna otra característica. En este caso el balanceo puede realizarse ya sea respecto a toda la población, o respecto a cada uno de los estratos por separado. Esta última vía sólo debe adoptarse si el número de unidades seleccionadas en cada estrato es moderadamente grande: de lo contrario, la muestra tendrá excesivas limitaciones, lo cual dará como resultado la selección de una muestra que en los demás aspectos no será equivalente a una muestra aleatoria. Por otra parte, cuando los estratos se balancean por separado, se obtendrán estimaciones más exactas de las medias y totales de los distintos estratos y también puede mejorarse un tanto la exactitud de las estimaciones de las medias y totales de la población global.

El balanceo respecto a una característica cuantitativa conocida proporciona una alternativa para la estratificación por grupos de tamaños en esta característica. No obstante, la compensación sólo será efectiva si las diferencias en la cantidad o cantidades en estudio son aproximadamente proporcionales a las di -

ferencias en la característica conocida, mientras que la estratificación por grupos de tamaños tomará en cuenta cualquier tipo de relación. Como se verá en el Capítulo 7, la estimación de los errores de muestreo resulta más sencilla en el caso de una muestra estratificada.

La mayor exactitud que resulta del balanceo puede obtenerse de modo igualmente satisfactorio a expensas de una labor adicional de computación, ajustando los resultados de una muestra no compensada mediante el uso de la regresión en la forma que se explica en el Capítulo 6. Dado que el trabajo adicional de ajuste es casi proporcional al número de variables en estudio, las ventajas del balanceo en oposición a la regresión son mayores a medida que aumenta el número de variables.

También puede efectuarse el balanceo respecto a una característica que es inherentemente cualitativa, pero que en relación a las unidades de muestreo efectivamente empleadas actúa como una variable cuantitativa porque las unidades de muestreo son ellas mismas conjuntos de unidades naturales más pequeñas. Así, si se toma una muestra de una población humana compuesta de dos razas distintas, y las unidades de muestreo son áreas administrativas que contienen números de individuos, la muestra puede balancearse en relación a los porcentajes de individuos de las dos razas. En el caso que las unidades de muestreo fuesen los individuos, el balanceo equivaldría a la estratificación por razas.

La mejor forma de seleccionar una muestra balanceada consiste en emplear un proceso de reemplazo. En primer lugar, se selecciona una muestra aleatoria o una muestra aleatoria estratificada del tamaño requerido, manteniéndose un registro del orden de selección. Se calcula luego, para la muestra el valor promedio de la característica cuantitativa conocida. En general, este valor no será igual al promedio para la población, indicando falta de balanceo. Se obtiene luego una unidad de muestreo adicional que se compara con la primera unidad de la muestra original. Si el balanceo mejora con la substitución de la nueva unidad, ésta se realiza, de lo contrario, se mantiene la unidad original. El proceso se repite luego para la segunda unidad y para las unidades siguientes de la muestra original, hasta alcanzar un grado adecuado de balanceo.

La selección de una muestra balanceada respecto a más de una característica presenta problemas más difíciles y no se discutirá aquí.

El balanceo, en su forma menos elaborada conocida como selección dirigida, fue en una época extensamente utilizada en los censos por muestras y encuestas. Sin embargo, no se seguía una regla estricta de selección, con el resultado de que muchas muestras seleccionadas en forma dirigida no equivalían de ninguna ma-

nera a muestras aleatorias balanceadas. Así, sucedía con frecuencia que la selección estaba limitada a las unidades de muestreo que en la característica cuantitativa conocida tenían valores cercanos al promedio. Evidentemente, en tales muestras, la variabilidad de la característica cuantitativa conocida, y de cualquiera otra característica estrechamente correlacionada con ella, será considerablemente menor que la variabilidad real en la población. Puede que la muestra tampoco sea representativa en otros aspectos.

La selección dirigida se utilizó a menudo en un intento de eludir la necesidad, que de otro modo era evidente, de emplear unidades de muestreo razonablemente pequeñas. Así Gini y Galvani (1929, A) seleccionaron una muestra de los Datos Censales de Italia de 1921, que incluía todos los resultados de 29 de los 214 circondari en que se divide el país, utilizando siete características como control. La concordancia entre los valores promedios de otras características de la muestra y de la población fue escasa, y la concordancia entre las distribuciones de frecuencias de tales características fue todavía menor.

El punto débil consiste aquí en el uso de unidades excesivamente grandes, aunque incluso con unidades más pequeñas el uso de una selección dirigida sin reglas estrictas de selección siempre corre el riesgo de dar resultados insatisfactorios. Por otra parte, no existe modo de juzgar su confiabilidad.

Por estas razones, la selección dirigida ha dejado de utilizarse en forma extendida y en los trabajos modernos de muestreo, ha sido en gran medida reemplazada por una aplicación más completa de los principios de la estratificación, etc. Sin embargo, siempre que se preste adecuada atención al proceso de selección no existe ninguna objeción fundamental a las muestras compensadas. Tienen una cierta utilidad limitada en ciertos tipos de censos y encuestas, aunque es preciso reconocer que de ningún modo se evita la necesidad de subdividir la población en un número adecuado de unidades de muestreo al balancear con respecto a una característica cuantitativa o más.

### 3.14 Muestras sistemáticas de áreas

Un método común de muestrear un material distribuido en forma continua, ya sea en el espacio o en el tiempo, consiste en obtener unidades de muestreo distribuidas a intervalos iguales en todo el material. Su aplicación principal en los censos y encuestas es en el muestreo de áreas territoriales. Cuando se dispone de mapas, las unidades de muestreo pueden ser ubicadas sobreponiendo una cuadrícula de puntos a menudo de patrón cuadrado, o casi cuadrado. Este tipo de muestra puede llamarse muestra sistemática de áreas.

La muestra sistemática de áreas se distingue, de la muestra sistemática de listados principalmente por la distribución espacial de las unidades de muestreo en el material. La mayoría de los listados en modo alguno corresponden en forma exacta, excepto en el caso de agrupamientos mayores, a alguna distribución física. Por lo tanto, la muestra sistemática de un listado se aproxima por lo general mucho más que la muestra sistemática de áreas a una muestra aleatoria. Por lo tanto son diferentes los métodos que resultan apropiados para estimar el error en cada uno de estos casos.

En general, siempre que no se presenten rasgos periódicos, la muestra sistemática de áreas será algo más exacta que la muestra aleatoria estratificada (con una unidad por estrato) a partir de estratos que se componen de bloques rectangulares (o células) cuyos centros están situados en los puntos de muestreo sistemático. En los materiales en que la variación es de índole continua, resulta imposible estimar exactamente el error de muestreo sin tomar puntos suplementarios de muestreo, aunque, en el caso de no existir características periódicas, se puede obtener un límite superior.

Sí es probable que las regiones cercanas al límite sean diferentes al resto del área, como puede suceder si el límite es natural, por ejemplo, un litoral o una cadena de montañas, será mejor, luego de ubicar en forma aleatoria, la cuadrícula de muestreo en el mapa, demarcar, las líneas divisorias de las células, y muestrear en forma aleatoria el área no cubierta por células completas, dividiéndola en áreas iguales o aproximadamente iguales y ubicando en forma aleatoria un punto de muestreo dentro de cada una de estas áreas. Será conveniente que, en lo posible, estas áreas de las células sean iguales en superficie a las de la cuadrícula de muestreo, puesto que entonces se dará una ponderación igual a todos los puntos de muestreo. El mismo método de tratar los límites puede utilizarse si el muestreo es aleatorio dentro de células rectangulares.

El muestreo sistemático es totalmente inadecuado para el material que presenta rasgos periódicos, pero aparte de esto, por lo general proporciona un método satisfactorio para muestrear áreas. Tiene la ventaja respecto al muestreo aleatorio estratificado con bloques de que la ubicación de las unidades de muestreo es más sencilla y que los resultados obtenidos proporcionan un material algo más satisfactorio para la construcción de mapas, etc. No obstante, al igual que en el muestreo sistemático de listados en el investigador recae exclusivamente la responsabilidad de juzgar que el material es de índole tal que el muestreo sistemático dará resultados satisfactorios.

### 3.15 Muestreo por líneas

En el muestreo de áreas, es posible averiguar cierto tipo de información casi tan fácilmente respecto a todos los puntos en una línea, como respecto a un conjunto de puntos o áreas aislados. En tales casos conjuntos de líneas o franjas paralelas pueden ser consideradas como unidades de muestreo. En el muestreo aleatorio estratificado, el área se divide en bloques rectangulares de un largo conveniente y de un ancho tal que dos líneas de muestreo seleccionadas estén incluidas en cada bloque con una ubicación aleatoria dentro del bloque. Si no se requiere una estimación exacta del error de muestreo, solo se necesita incluir una línea en cada bloque, con bloques correspondientemente más pequeños. En el muestreo sistemático por líneas, la muestra se compone de líneas a intervalos iguales.

El muestreo por líneas es un método alternativo para el muestreo por puntos (sección 3.9) para determinar las proporciones de tipos distintos en un área determinada. Estas proporciones son dadas por las razones del conjunto de las ordenadas en el origen de los distintos tipos. En este tipo de determinaciones de áreas, ya sea por muestreo de líneas o de puntos, por lo general puede adoptarse el muestreo sistemático. El método es útil tanto para las determinaciones de áreas en el terreno en los países subdesarrollados, como para la determinación de áreas en mapas y fotografías aéreas. El método ha sido muy utilizado para estudios de bosques, en los que se conoce como "cruce".

Si en lugar de obtener la información para todos los puntos de cada una de las líneas, se toma una muestra de estos puntos, el muestreo se convierte en un muestreo en dos etapas. Si tanto las líneas como los puntos en ellas están espaciados en forma pareja, el muestreo equivale a un muestreo sistemático de puntos.

Un tipo de muestreo de líneas algo diferente también se utiliza para determinar el número de acres de las cosechas agrícolas en áreas que cuentan con buenos caminos. Se escoge una ruta que cubra toda el área en la forma más adecuada posible y se miden las longitudes limitadas por las diferentes cosechas. Con este fin se puede utilizar un vehículo provisto de un cuenta-millas especial. También se pueden obtener estimaciones del rendimiento cerca de la época en que se recoge la cosecha, deteniendo el vehículo cada  $x$ -ésima milla de una cosecha dada, y cortando y recogiendo una pequeña área de la cosecha, seleccionando esta área mediante algún método sistemático, como por ejemplo entrando en el sembrado un cierto número de pasos en ángulo recto desde el camino.

Este tipo de muestreo por líneas no da una muestra sin sesgo, ya que de ninguna manera los caminos están situados en forma aleatoria con respecto a las cosechas. No obstante, los resultados de encuestas que siguen la misma ruta en años sucesivos pueden ser comparables, y con una calibración de tiempo en tiempo por métodos más exactos, el cruce de caminos puede proporcionar un método satisfactorio para efectuar encuestas rápidas y baratas. Se pueden emplear métodos semejantes basados en senderos en las áreas que cuentan solo con una escasa red de caminos.

### 3.17 Muestras interpenetrantes

A menudo resulta útil tomar dos o más muestras independientes de una población determinada, utilizando el mismo procedimiento de muestreo para cada muestra. Estas muestras se denominan muestras interpenetrantes.

Las muestras interpenetrantes son de valor si la encuesta o censo debe ejecutarse en etapas sucesivas. Con frecuencia es to es necesario cuando se requieren resultados preliminares con rapidez. Así, en el Censo de Bosques de Inglaterra y Gales de 1942, descrito en la sección 4.25, fue necesario obtener una estimación preliminar de la madera que éstos contenían, con personal de terreno muy escaso y dentro de los seis meses de iniciada la encuesta. Por lo tanto, el trabajo fue proyectado en dos muestras interpenetrantes. Antes de comenzar el trabajo en terreno, cada unidad de la primera muestra fue subdividida en dos, ya que se hizo evidente que no podía completarse la totalidad de la primera muestra en el tiempo asignado. Esta misma subdivisión adicional creó dos muestras interpenetrantes de tipo especial. Por medio de este procedimiento fue posible proporcionar una estimación preliminar del contenido total de maderas de todos los bosques del país en el momento requerido.

Una ventaja incidental de las muestras interpenetrantes es que se obtienen estimaciones separadas e independientes sobre las características de la población. La concordancia de tales estimaciones a menudo es más convincente para el lego que cualquier planteamiento sobre error muestral.

Las muestras interpenetrantes tienen un uso adicional, y este es que las diferentes muestras pueden ser asignadas a investigadores distintos. La comparación de los resultados permite controlar a los investigadores entre sí.

Para llevar a cabo las funciones descritas anteriormente, cada una de las muestras interpenetrantes debe proporcionar por sí sola una muestra adecuada del material y debe ser comparable con las otras muestras; en otras palabras, las muestras deben ser

realmente interpenetrantes. Si esto no es así, las comparaciones entre las distintas muestras estarán sujetas a errores relativamente grandes. Por ejemplo, si se utilizan para comprobar las diferencias entre distintos investigadores, la información obtenida no tendrá la exactitud suficiente para ser verdaderamente útil. Igualmente, si se utiliza una muestra para dar una estimación preliminar, puede suceder que esta estimación no alcance el grado requerido de exactitud. Así, en una encuesta agrícola estratificada por áreas tales como distritos, la división de los distritos en dos grupos, en que cada una de las muestras se limita a un grupo solamente, probablemente no dará una pareja satisfactoria de muestras interpenetrantes. Las muestras por separado estarían sujetas a las variaciones entre distritos y, por lo tanto, serían mucho menos exactas que la combinación de ambas, en que se elimina totalmente la variación entre distritos. El uso adecuado de las muestras interpenetrantes requiere por lo tanto un mayor gasto en viajes.

### 3.18 Muestreo en ocasiones sucesivas

Los tipos de muestreo discutidos hasta aquí son apropiados en los censos o encuestas realizados en una sola ocasión, para determinar las características de la población encuestada en, o alrededor de, un punto determinado en el tiempo. Si la población está sujeta a cambio, una encuesta realizada en una sola ocasión, por más exacta que sea, no puede por sí misma proporcionar información alguna sobre la naturaleza o el ritmo de ese cambio. En ciertos tipos de población, se puede recurrir a fuentes ajenas de información, tales como los registros de nacimientos y defunciones, para obtener información sobre los cambios que experimentan la población. Incluso en esos casos, es preciso repetir el censo cada cierto tiempo, tanto por las inexactitudes de la información ajena, que puede llevar a una acumulación gradual de errores, como también porque la información rara vez es de tal naturaleza que se pueden mantener al día todos los aspectos del censo o encuesta originales. Por ejemplo, el registro de los nacimientos y defunciones, junto con cifras sobre inmigración y emigración, proporcionará los datos para la revisión del total de la población, pero no permitirá determinar los cambios ocurridos en la población de ciudades y distritos por separado.

En muchos casos no se dispone de esta información externa sobre los cambios que tienen lugar, y en tales casos es necesario tomar medidas para efectuar nuevas encuestas periódicas si se requiere información actualizada. Se presentan entonces varias alternativas <sup>\*/</sup>:

- 1) Puede repetirse cada cierto tiempo el censo o encuesta completos en su forma original.

<sup>\*/</sup> Véase también la Sección 10.14.

- 2) Puede repetirse cada cierto tiempo el censo o encuesta por muestras, seleccionándose una nueva muestra en cada ocasión, sin tomar en cuenta las muestras anteriores.
- 3) Puede repetirse el censo o encuesta por muestras en la misma muestra.
- 4) En cada oportunidad puede reemplazarse parte de la muestra, manteniéndose el resto. Si estas oportunidades son varias, se puede seguir un plan definido de reemplazo, v.g., puede reemplazarse un tercio de la muestra, manteniéndose cada unidad seleccionada (excepto para las primeras dos oportunidades) en tres oportunidades.
- 5) Se puede ejecutar una nueva encuesta de una submuestra de la muestra original. En el caso de un censo completo, esto equivale a una nueva encuesta de una muestra de toda la población.

Se sugieren los siguientes términos para las últimas cuatro alternativas: 2) muestras independientes; 3) muestra fija; 4) reemplazo parcial; 5) submuestra. Se observará que las muestras independientes equivalen formalmente a las muestras interpenetrantes; la muestra fija equivale formalmente a la observación de diferentes características (variables) en la misma muestra; y la submuestra equivale formalmente a una muestra en dos fases. Solo el reemplazo parcial no tiene una equivalencia formal en los tipos de muestreo ya descritos. Estas equivalencias son importantes en el sentido de que los métodos de estimación serán iguales para los procesos de muestreo que son formalmente equivalentes.

Las ventajas relativas de los diversos tipos de procedimientos dependen de la relación entre la variabilidad de las unidades y la variabilidad de los cambios en estas unidades, así como de la importancia relativa de la información sobre las medias de la población y sobre los cambios en estas medias. Por ejemplo, si las unidades son muy variables, pero los cambios en todas las unidades son semejantes, la manera más fácil de obtener información exacta sobre el cambio es por medio de una nueva encuesta de una muestra fija de unidades; siempre que se tomen medidas adecuadas para tener en cuenta a los que recién ingresan a la población, para que se eliminen las perturbaciones ocasionadas por la extinción de unidades seleccionadas. Por otra parte, si la información sobre las medias de la población es de primera importancia, por lo general el reemplazo parcial o la submuestra serán preferibles. En la Sección 8.8 aparece una discusión más detallada, en términos de los errores a que están sujetas las diversas estimaciones.

Hay dos puntos adicionales que es preciso tener presente respecto al muestreo en oportunidades sucesivas. En primer lugar, la repetición de nuevas encuestas de las mismas unidades puede resultar inconveniente, ya que se puede crear resistencia a proporcionar la información necesaria, y en segundo lugar, la repetición de nuevas encuestas puede desembocar en modificaciones de estas unidades en relación al resto de la población, las que pueden surgir de muchas formas. En una encuesta sobre prácticas agrícolas, por ejemplo, las visitas a los predios agrícolas pueden hacer que los campesinos encuestados mejoren sus prácticas por los consejos que les dan los investigadores: consejos que si son solicitados, son difíciles de negar. Un ejemplo más sutil lo proporciona el Censo de Bosques de 1942. En este censo se consideró que si en las áreas de muestra entonces encuestadas se mantenía un registro de las posteriores talas y replantes de árboles, se podría obtener una medida adecuada de los cambios producidos en los bosques de todo el país a lo largo de un período prolongado. Desde entonces, se ha sugerido que la cantidad de talas en las áreas de muestra puede haberse visto afectada por el hecho que se disponía de información sobre estas áreas y no sobre otras, provenientes de la encuesta, con el resultado de que estas áreas han sido explotadas en forma más intensa.

### 3.19 Esquemas compuestos de muestreo

Obviamente, la sencillez y uniformidad del procedimiento de muestreo son aspectos en general deseables, pero hay veces en que se requieren diferentes métodos de muestreo para diferentes sectores de la población. Al muestrear una población humana, por ejemplo, lo más apropiado para los sectores rurales del país puede ser algún tipo de muestreo de áreas, mientras para las ciudades puede que lo mejor sea alguna forma de muestreo aleatorio estratificado o sistemático a base de listados de casas. Naturalmente, no se puede objetar el uso de semejantes esquemas compuestos, siempre que cada sector satisfaga los requisitos ya establecidos para un buen método de muestreo.

### 3.20 Combinación de censos completos con encuestas por muestreo

Sucede a veces que es fácil realizar una enumeración completa de la población, pero que la información detallada sobre las unidades individuales de la población solo puede obtenerse mediante métodos de muestreo. En tales casos, una enumeración completa resultará a menudo valiosa como marco para un censo por muestras. Así, en un censo sobre una población humana, se puede realizar una enumeración completa consistente en listados de hogares y personas en cada hogar. Los investigadores pueden visitar luego una muestra de hogares a fin de obtener detalles sobre la

edad, sexo, etc., de sus ocupantes. Semejante censo por muestras servirá no sólo para proporcionar la información detallada que se requiere, sino que además servirá para controlar en forma parcial la exactitud de la enumeración completa. No obstante, no servirá para controlar las omisiones en los listados de hogares. Para realizar un control de ese tipo, es necesario tomar una muestra adicional de áreas adecuadamente definidas, controlando que todos los hogares de las áreas de muestra hayan sido incluidos en las respuestas censales completas.

El censo completo, incluso si resulta muy inexacto, también resulta sumamente útil para planificar un censo por muestras más exacto. En un censo por muestras de una población humana, por ejemplo, es esencial tener cierto conocimiento sobre los tamaños relativos de las diferentes ciudades y poblados y sobre la densidad de población en las áreas rurales, para asignar los recursos disponibles en forma adecuada. De modo análogo en un censo agrícola se requiere tener conocimiento de la cantidad de tierra cultivada en las diferentes partes del país, para evitar que el estudio se centre en forma excesiva en las áreas en gran parte no cultivadas.

La información que proporciona un censo completo inexacto también puede utilizarse para mejorar la exactitud de un posterior censo por muestras mediante los métodos aplicables a la información complementaria que se da en el Capítulo 6. Aquí, sin embargo, es necesario proceder con cautela. Por ejemplo, si un censo completo de una población humana subestima uniformemente en alrededor de un 10 por ciento la población de los poblados de cualquier tamaño, el censo por muestras determinará a cuánto asciende la subestimación y puede efectuarse entonces un ajuste corriente. No obstante, si los poblados pequeños son subestimados en un 20 por ciento, y los poblados grandes en un 5 por ciento, al aplicarse una corrección corriente se dará origen a una subestimación de la población de los poblados pequeños y a una sobreestimación de la población de los poblados grandes. Se evitará esta distorsión si se calculan correcciones separadas para los poblados pequeños y grandes. Desgraciadamente, no siempre se puede tener la certeza de que han sido consideradas todas las perturbaciones potenciales. Estas inexactitudes diferenciales son particularmente incómodas en el sentido de que tienden a asociarse con aquellas áreas administrativas para las que se requieren resultados por separado. Sin embargo, los resultados globales no se verán afectados en forma importante por inexactitudes diferenciales de este tipo si se siguen los métodos de estimación que se presentan en el Capítulo 6.

## Capítulo 4.

### PROBLEMAS PRACTICOS QUE SURGEN AL PROYECTAR UNA ENCUESTA

#### 4.1 Problemas que es necesario considerar

Los problemas prácticos que se enfrentan al proyectar una investigación por muestreo varían enormemente según el tipo de material y la clase de información requeridos. Aquí solamente nos ocuparemos de los problemas que se presentan en la ejecución de censos y encuestas del tipo que se requiere para el estudio de poblaciones humanas, instituciones económicas y en la agricultura. El muestreo de lotes de material, productos industriales, etc., que se requiere en los procesos industriales de todo tipo, y que se clasifica en general con el término control de calidad plantea problemas algo distintos, los que no se discuten en este libro. Los problemas de muestreo en la investigación biológica tampoco se incluyen en la discusión.

Los problemas que hay que considerar en la etapa de planificación de los censos y encuestas pueden clasificarse globalmente de la siguiente manera :

- 1) Especificación de las finalidades de la encuesta
- 2) Definición de la población, tipos de instituciones, o categorías de material a ser abarcados por la encuesta
- 3) Decisión sobre la naturaleza de la información a ser recogida
- 4) Decisiones sobre el método de recolección de los datos, ya sea por entrevistadores, investigadores, por correo, etc., y métodos para tratar la falta de respuesta
- 5) Elección del marco, o construcción de éste si no existe
- 6) Elección de la unidad de muestreo y del tipo de muestra, ya sea estratificada, polietápica, etc.; determinación del tamaño de la muestra requerida; y método de selección
- 7) Decisión respecto a si la encuesta será única, ejecutada sin intención de repetirla, o si debe ser proyectada para repetirla cada cierto tiempo.

Estos problemas no pueden ser considerados en forma aislada. En mayor o menor medida, cualquier decisión que se tome respecto a un problema influirá sobre las decisiones que deben tomarse

respecto a los demás problemas. Por lo tanto, deben resolverse en conjunto, o si se llega a decisiones independientes, éstas deben al menos considerarse como tentativas y sujetas a modificación hasta que el plan en conjunto haya sido concluido.

Y tampoco se puede llegar a decisiones correctas sin contar con un considerable conocimiento acerca de la naturaleza del material a tratar, en particular sobre su variabilidad tanto en conjunto como dentro y entre los estratos de diversos tipos. También se requiere un conocimiento acerca de los métodos que resultan factibles para recoger la información requerida con la exactitud necesaria. Si no se dispone de un conocimiento previo acerca de estas materias, será necesario realizar una encuesta piloto o exploratoria. Incluso si existe un conocimiento adecuado de las propiedades estadísticas del material, a menudo las encuestas piloto resultan aconsejables en las investigaciones a gran escala para probar y perfeccionar el procedimiento y los formularios en el terreno y para entrenar a los trabajadores en terreno.

Los problemas que se originan bajo los números 1), 2), 3), 4) y 7) de la lista anterior son comunes tanto a los censos y encuestas completos como a los censos y encuestas por muestras. No obstante, incluso aquí los problemas que se enfrentan en los dos casos, son muy distintos debido a la esfera de acción más amplia para la recolección de información detallada y para la realización de observaciones complicadas que brinda el método de muestreo.

La determinación de los ítems sobre los que hay que recoger información, el grado de detalle a alcanzar, y la mejor forma de obtener la información, a menudo constituyen la parte más difícil y crucial de la planificación de una encuesta. Todo el cuidado que se tenga en la planificación del muestreo o toda la habilidad que se aplique para efectuar el análisis no compensarán un fracaso en este aspecto. En el mejor de los casos, las encuestas en que la información recogida no cubre en forma adecuada el campo a investigar proporcionan una imagen parcial e incompleta, y en el peor caso, pueden resultar inaplicables o francamente engañosas.

Es preciso, por lo tanto, tomar cuidadosamente en cuenta desde el comienzo los propósitos para los que se efectuará la encuesta, el tipo de información que se propone recoger, y los usos a los que se dedicará la información obtenida. En el caso de encuestas a gran escala, que probablemente proporcionarán información de valor para diversas organizaciones o departamentos gubernamentales, debe elaborarse una exposición detallada sobre estos puntos. De este modo, las personas que deseen utilizar los resultados de la encuesta tendrán pleno conocimiento de su naturaleza, y, si es necesario, podrán hacer sugerencias respecto a modificaciones antes de que se dé comienzo a la encuesta.

De ser posible, el estadístico que en último término será responsable del análisis y presentación de los resultados debe ser seleccionado y contratado en la etapa de planificación. En forma análoga, si hay que contar con la asesoría de un experto estadístico, esto debe hacerse desde el comienzo de la etapa de planificación. Esta regla se aplica incluso en los tipos más sencillos de censos. Con frecuencia sucede que estos censos se ejecutan sin asesoría previa de un experto estadístico, a quien se consulta solamente cuando los resultados ya se han recogido y se ha llegado a la etapa de análisis.

#### 4.2 Definición de la población

Las categorías, o tipos de material, que es necesario incluir en una encuesta, y el ámbito geográfico de ésta, en líneas generales están condicionados por las finalidades de la encuesta, y por exigencias de tipo administrativo y de investigación relacionadas con estas finalidades. Dentro de estas líneas generales, sin embargo, a menudo existe una cierta libertad, y por lo tanto hay que considerar cuidadosamente la inclusión u omisión de categorías marginales, en particular de aquéllas en que probablemente la recolección de información resultará especialmente difícil, o para las que falta un marco adecuado. Excluyendo las categorías marginales sin importancia, a menudo la tarea de recoger información se puede simplificar notablemente, sin disminuir seriamente el valor de los resultados.

Por ejemplo, un censo de la población humana que reside en un territorio determinado debe incluir idealmente a todos los individuos que están presentes en ese territorio en un momento dado, y por lo general en los censos sencillos se intenta alcanzar este objetivo. No obstante, a menudo es difícil obtener información sobre ciertas categorías secundarias, como son los nómades. Estas dificultades se producen incluso en un censo completo, pero a menudo son más marcadas en el caso de un censo por muestras. Por lo tanto, debe considerarse el problema de si tales categorías pueden ser omitidas enteramente sin que ello signifique una pérdida grave.

El asunto asume mayor importancia aun cuando se emprende un censo de una población humana que exige la recolección de información detallada y complicada y en el que se utiliza a investigadores capacitados para hacer visitas a los integrantes individuales de la población. En tales casos, las visitas a los integrantes de la población con residencia permanente, aun si están ausentes de su residencia en ciertos momentos, resultan relativamente sencillas, pero es mucho más difícil cubrir a los elementos flotantes de la población. La ejecución de un censo semejante por lo tanto se torna mucho más sencilla si es posible omitir esos últimos elementos.

Asimismo, en el caso de un censo agrícola, la determinación de las áreas de las diversas cosechas podría exigir idealmente la inclusión de todas las áreas de las cosechas que se cultivan dentro de los límites del territorio. Sin embargo, quizá sea posible excluir las áreas pequeñas, como las de los jardines y las de propiedades de tamaño muy reducido, sin disminuir seriamente el valor de la información. Los censos agrícolas de Inglaterra y Gales, por ejemplo, que se basan en información proporcionada por los campesinos, excluyen todas las propiedades agrícolas de menos de un acre, y no intentan abarcar las cosechas que se cultivan en jardines o lotes privados.

El problema de incluir o no categorías menores depende principalmente de las finalidades para las que se requiere la información. A veces se plantea la necesidad de incluir ciertas categorías para las que la información resulta intrínsecamente poco interesante, a fin de asegurar la comparabilidad con los resultados de censos o encuestas anteriores, o con los resultados de encuestas paralelas en otros países. Obviamente, es de desear la comparabilidad dentro y entre las series estadísticas, y la falta de comparabilidad puede disminuir seriamente el valor de los resultados, y también incrementar la labor de análisis estadístico y el peligro de que las personas que no están familiarizadas con los detalles de las diversas fuentes de información lleguen a conclusiones erróneas. No obstante, al introducir un método radicalmente nuevo de recoger la información, tal como el reemplazo de un censo completo por el método del muestreo, no debe atribuirse una importancia excesiva a las prácticas del pasado. No hay que olvidar que los así llamados censos completos a menudo están sujetos a errores de diversos tipos, incluyendo falta de integridad, y que estos errores son a menudo una fuente de mayor perturbación para la comparabilidad que la omisión o inclusión de algunas categorías secundarias. Si se presenta alguna duda sería de que una categoría determinada deba ser incluida o no, esto puede considerarse como evidencia prima facie de que la categoría en cuestión difiere en aspectos esenciales de otras categorías más importantes. Por consiguiente, si se decide incluir la categoría, hay que mantener los resultados separados para que puedan ser resumidos por separado y para poder eliminarlos de los cálculos finales si así se requiere, o para darles un tratamiento especial en estos cálculos. Si esto se hace con una o dos de las primeras encuestas del nuevo tipo, se asegurará la comparabilidad con resultados anteriores, sin que esto impida la omisión de la categoría en encuestas posteriores si por último así se estimara conveniente.

Los argumentos en pro de la adopción de definiciones idénticas en diferentes países en los que las condiciones son radicalmente distintas, son todavía menos convincentes. Categorías que en un país pueden ser de importancia muy secundaria, pueden ser muy importantes en otro. Las decisiones respecto a incluirlas u

omitirlas, deben tomarse principalmente sobre la base de su importancia en el país que se está encuestando, sin tomar demasiado en cuenta las definiciones destinadas a asegurar la uniformidad formal en las estadísticas mundiales.

En muchos casos en que no se justificaría una omisión completa de categorías de poca importancia, se las puede abordar mediante algún procedimiento especial de muestreo, que puede ser polifásico, o de un tipo totalmente distinto con marcos y unidades de muestreo distintos. Así, en un censo humano, algunos de los aspectos de la información sobre las personas ausentes en el extranjero pueden ser obtenidos de sus vecinos o de otros integrantes del hogar, o se puede obtener una submuestra de estas personas ausentes para una investigación de seguimiento mediante métodos más intensivos. Se puede encuestar a los nómadas instituyendo un censo complementario por muestras para tratar solamente esta categoría de la población.

En una encuesta por muestras, el marco adoptado contiene sus propias definiciones implícitas de las categorías de material a abarcar. Si una categoría no se incluye dentro del marco, habrá que omitirla totalmente o habrá que tomar medidas especiales para complementar el marco. Por lo tanto, deben considerarse las definiciones de la población en forma conjunta con la elección del marco.

#### 4.3 Determinación de los detalles de la información a recoger

Los menudos problemas que surgen al decidir sobre cuál información se requiere y cuál es el mejor modo de obtenerla varían enormemente entre las encuestas que cubren diferentes campos de investigación y también de acuerdo a si los resultados se requieren principalmente para finalidades administrativas o de investigación. Una discusión detallada de cualquier caso en particular necesariamente requiere un amplio conocimiento del tema en general y de los problemas en particular que se plantean, la que estaría fuera de lugar aquí, aunque existen ciertos puntos generales que podrían mencionarse.

El problema básico consiste esencialmente en seleccionar los ítems más pertinentes de información, o tipos de observación, entre todos los que resulta factible recoger y que concebiblemente podrían tener relación con las materias que se investigan. Esta selección debe hacerse de manera que se obtenga un todo coherente que cubra en forma adecuada el campo requerido, o, si esto no es posible, por lo menos que proporcione información respecto a alguna porción pertinente de éste.

Este problema básico es esencialmente el mismo en los censos completos y en los censos y encuestas por muestras, pero el pro-

blema resulta más complejo en el caso de estos últimos, puesto que los ítems de información que pueden recogerse y las observaciones que pueden realizarse son en sí más complejas y variadas.

El mejor modo de llegar a una solución satisfactoria de este problema básico suele ser el siguiente. En primer lugar, se determinan los detalles de la información que se requiere para abordar los problemas originalmente planteados. Se considera después el asunto de si existe algún problema afín de importancia sobre el cual arrojaría luz esta información, posiblemente hasta cierto punto complementada. Si esto es así, deben determinarse los ítems complementarios de información que se requieren para la elucidación total de estos problemas adicionales. Habiéndose delineado de este modo todo el campo, puede considerarse la factibilidad de obtener los ítems necesarios de información para cubrir cualquier conjunto determinado de problemas, y se pueden tomar las decisiones finales a la luz de la importancia relativa de estos problemas y de la carga total que se considera conveniente colocar sobre los investigadores y empadronados en una encuesta individual.

Los detalles de este proceso varían enormemente entre los distintos tipos de encuestas, pero el principio general a seguir en todos los tipos de encuestas consiste en ver que los ítems de información recogidos conforme un todo que cubre un tema definido o un grupo coherente de temas.

Este principio es de particular importancia en las encuestas de tipo cuestionario sobre poblaciones humanas, ya sea que los cuestionarios sean completados por los propios empadronados o que la información la obtengan investigadores en terreno. En tales encuestas sólo se puede obtener una información exacta si se obtiene la cooperación total y voluntaria de los que proporcionan la información. Es preciso, por lo tanto, que la encuesta tenga una finalidad clara que pueda ser explicada a los empadronados y que las preguntas planteadas tengan que ver con esta finalidad. Si se incluyen preguntas adicionales sobre temas no relacionados, o si las preguntas que se refieren a la investigación principal parecen triviales, y no cubren aspectos que aparecen de importancia a los ojos de los empadronados, la encuesta dejará de parecer una investigación seria sobre un tema específico, y dará origen a reacciones desfavorables, que se pueden resumir en términos tales como "intromisión", por ejemplo.

El asunto es importante incluso en las investigaciones que requieren recolectar información concreta mediante la observación y medición por parte de los propios investigadores, sin la cooperación de los empadronados. Si los investigadores en terreno no están imbuidos con un sentido de la importancia de su investigación y están demasiado recargados con la recolección de información miscelánea, no darán lo mejor de sí. Si se la requiere con

urgencia, ocasionalmente se buscará información sobre puntos no relacionados con la encuesta principal, con lo que se produce un considerable ahorro, v.g., en viajes, pero, en lo posible, habría que evitar esto.

A veces, en los casos en que de lo contrario el cuestionario sería demasiado largo, se lo puede separar en partes, obteniéndose de un conjunto de empadronados, información sobre un grupo de ítems y de un segundo conjunto de empadronados, sobre otro grupo de ítems. Se requerirán ciertos ítems básicos de información de todos los empadronados, y ambos conjuntos formarán un par de muestras interpenetrantes. El muestreo también tiene una estructura de dos fases, actuando la información básica como información de primera fase para ambos conjuntos. No obstante, si se sigue este procedimiento, sólo pueden estudiarse las relaciones entre ítems de información en ambos grupos respecto a estratos u otros campos apropiados de estudio, y no respecto a los empadronados en forma individual.

A menudo se requieren ciertos ítems de información a fin de asegurar la interpretación adecuada a otros ítems. Por ejemplo, si se les pregunta a las dueñas de casa si prefieren las cocinas a carbón, gas o electricidad, y las razones de su preferencia, es esencial averiguar en cierto detalle qué experiencia han tenido con métodos de cocinar que no sean lo que usan en la actualidad, incluyendo el tipo de aparato empleado. Si esto no se hace, las respuestas pueden constituir un indicio de la efectividad de una campaña publicitaria en favor de uno de los métodos o una condena de aparatos anticuados, más bien que un reflejo de los verdaderos méritos relativos de los distintos métodos.

A menudo también se requiere información sobre ítems que, si bien no son de interés primario, actuarán como información complementaria y permitirán con ello que la exactitud de los resultados aumente mediante métodos apropiados de estimación.

Para llegar a decisiones sobre el tipo de información que se requiere, tanto en líneas generales como en detalle, resulta absolutamente esencial trabajar en colaboración con especialistas en los temas que se pretende abordar. Si no existen investigaciones sobre los temas a cubrir o se carece de experiencia administrativa respecto a ellos, resulta funestamente fácil, al diseñar una encuesta, omitir algunos ítems vitales de información. Un ejemplo sencillo de una omisión semejante lo proporcionan los Censos de Población del Reino Unido de los años 1921 y 1931. En estos censos no se solicitó información sobre la edad de la madre al casarse y sobre el total de hijos nacidos, la que se había obtenido en el Censo de 1911, con el resultado de que el valor de la información proporcionada por estos censos para la investigación de los cambios en la fecundidad de la población se vio seriamente reducido. Como resultado de esta falta de información

se consideró necesario instituir un Censo Familiar especial en 1946 (Sección 4.10). En este caso, es difícil creer que se pasó totalmente por alto la necesidad de esta información, pero evidentemente debe habersele atribuido una importancia insuficiente a este aspecto de la información censal.

Además de una colaboración directa con los especialistas en los diversos temas, los planes para la encuesta en todas sus etapas de desarrollo deben divulgarse entre las diversas organizaciones e individuos que probablemente se interesen en sus resultados. Esto por lo general dará origen a peticiones en el sentido de recoger ítems complementarios de información, algunos de los cuales pueden no ser necesarios para la finalidad que originalmente se proyectó para la encuesta, pero que permitirán que los resultados sean utilizados para otros propósitos. De este modo, la utilidad de la encuesta puede a menudo incrementarse considerablemente. Por otra parte, hay que precaverse en contra del peligro de recargar la encuesta con la recolección de ítems misceláneos de información y, por lo tanto, toda petición debe ser evaluada con cuidado.

#### 4.4 Interrelaciones de grupos de unidades naturales

Si son de interés las interrelaciones físicas entre los integrantes de los grupos de unidades naturales del material en estudio, o si se requiere información para grupos de unidades naturales en conjunto, entonces la información debe recogerse para tales grupos en conjunto, o por lo menos para parejas de unidades provenientes de tales grupos. Así, si se necesita estudiar las interrelaciones entre los diferentes integrantes de un hogar, resulta esencial contar con información sobre parejas de individuos que pertenecen al mismo hogar, y por lo general es mejor que la información cubra todo un hogar. Esto puede asegurarse utilizando los hogares o viviendas como unidades de muestreo.

Otro tipo de conjunto natural para el cual es importante obtener resultados en conjunto es el que conforman las ciudades, poblados, etc., y, en las encuestas agrícolas, las áreas geográficas homogéneas. Esto a menudo exige la adopción del muestreo polietápico en que los conjuntos naturales forman las unidades de muestreo de la primera etapa, incluso en casos en que el uso del muestreo de etapa única sería preferible en otros aspectos. Así, en una encuesta sobre una población humana, puede ser muy interesante contrastar los resultados de ciudades individuales de distintos tipos, y estudiar las interrelaciones existentes dentro de una ciudad individual, incluso cuando no hay necesidad de cubrir todas las ciudades del país.

Análogamente, si son de interés las interrelaciones entre el comportamiento de los mismos individuos o de otras unidades

naturales en distintas épocas, la encuesta debe diseñarse para que proporcione información que cubra un período apropiado. Así, en una investigación de las horas de sueño de los niños, la determinación de la cantidad de sueño de una muestra de niños en un solo día no tiene mucho valor. Estos datos no arrojarán ninguna luz sobre el problema de si los niños que tienen un período corto de sueño en un día determinado también tienden a dormir poco o otros días o si son capaces de compensar este período corto con períodos más prolongados en los días anteriores o posteriores a ese día determinado. Del mismo modo, los estudios sobre nutrición en los que en un solo día se determina la ingestión de alimentos para cada individuo si bien mostrarán si un grupo está subalimentado en general, no son capaces de revelar el grado en que varía la subalimentación entre un individuo y otro, puesto que los individuos que se alimentan en forma insuficiente en un día determinado pueden compensar tales deficiencias, total o parcialmente en los días sucesivos.

Hemos recalcado este punto con cierto detalle porque en las encuestas sobre poblaciones humanas del tipo cuestionario ha existido la tendencia a tomar la vía relativamente fácil de preguntar a los entrevistadores acerca de acontecimientos que todavía están frescos en sus mentes, v.g., qué sucedió el día anterior. Esta vía se sigue por diversos motivos. Puede considerarse que la información proporcionada sobre acontecimientos anteriores resulta inexacta, o que existe el peligro de recargar a los empadronados si se intenta cubrir un período demasiado largo; o quizá el objetivo sea ahorrar a los entrevistadores la molestia de visitas repetidas que podrían requerirse para cubrir en forma exacta un cierto período. De hecho, se ha encontrado que el uso de un período muy breve no lleva necesariamente a resultados medios exactos: en ciertas circunstancias, puede existir la tendencia por parte de los empadronados, ya sea consciente o inconscientemente, a comprimir los acontecimientos en el tiempo e informarlos como que acontecieron en el período dado cuando en realidad sucedieron antes. Así, una encuesta sobre quebraduras de loza que se hizo preguntando qué quebraduras habían ocurrido durante la semana anterior llevó a una estimación totalmente excesiva de la cantidad de loza quebrada, mientras que una encuesta semejante que preguntaba acerca de las quebraduras del año anterior dio resultados que concordaban con las cifras de producción y con las existencias internas (Box y Thomas, 1944, D, discusión).

#### 4.5 Factibilidad de obtener la información requerida

Hasta aquí hemos considerado el problema de determinar qué ítems de información se requieren para poder satisfacer las finalidades de una encuesta. No obstante, es preciso considerar cada ítem a la luz de la factibilidad de obtenerlo. Si la información ha de proporcionarse en respuestas a preguntas, los aspectos

a considerar son si los empadronados cuentan con la información suficiente para poder dar respuestas exactas; si proporcionar las respuestas exactas les significa un trabajo muy grande, como sería consultar registros anteriores y si estarán dispuestos a emprender este trabajo; si tienen motivos para esconder la verdad, y de ser así, si simplemente se negarán a responder o darán respuestas incorrectas. Si la información debe obtenerse por observación o medidas físicas, el punto a considerar es si las observaciones son de índole tal que están dentro de la competencia de los investigadores o de las otras personas que tendrán que realizarlas; si significarán demandas excesivas del tiempo de que disponen los investigadores o las otras personas; o si requieren aparatos demasiado caros; y si los dueños del material estudiado permitirán que se realicen las observaciones.

Las consideraciones de este tipo inevitablemente darán origen a modificaciones en lo que en otros aspectos podría considerarse un esquema ideal. Y tampoco es posible dar respuestas generales, incluso dentro de los límites de un campo específico de investigación. Por ejemplo, en países como el Reino Unido no hay motivo para suponer que se introduce una cantidad apreciable de inexactitud en las respuestas a los censos de población a través de declaraciones erróneas deliberadas. En los países que no están acostumbrados a los censos de población el temor a que la información sea utilizada para propósitos tales como impuestos o para la conscripción puede dar origen a una considerable inexactitud. En forma análoga, en el muestreo de cosechas, el uso de pequeñas áreas de muestreo puede ser bastante satisfactorio con ciertas clases de trabajadores en terreno, pero, como se muestra en el cuadro 2.5, resulta enteramente insatisfactorio en otros casos.

Cuando no es posible satisfacer plenamente los requerimientos ideales, a veces se puede incluir otros ítems de información, observaciones o medidas físicas, que, debido a su elevada correlación con las cantidades que se desea determinar, servirán de substitutos más o menos adecuados de estas cantidades. Estas medidas de substitución pueden utilizarse para propósitos de estratificación o de clasificación de los datos en el análisis final, como por ejemplo cuando el valor imponible de una vivienda se utiliza como substituto del ingreso de la familia que la ocupa; o pueden ser substitutos de medidas de cantidades que requieren ellas mismas ser evaluadas, como por ejemplo el de estimaciones a ojo en lugar de medidas directas de los rendimientos de una futura cosecha. Sólo se puede juzgar la eficiencia de tales medidas de substitución mediante una investigación estadística adecuada de las relaciones entre ellas y las cantidades que substituyen. En el caso de los substitutos de medidas de cantidades que deben evaluarse, resulta esencial algún método de calibración para obtener estimaciones objetivas de las cantidades originales. (La calibración de las estimaciones a ojo se discuten en las Secciones 6.15 y 7.14).

En ciertos casos sucederá inevitablemente que una información de importancia considerable no se podrá obtener, o no se podrá obtener con la exactitud suficiente. Cuando se presenta una situación de este tipo, es preciso enfrentarla en forma honrada. A veces existe la tendencia a tratar de recoger información que, por su naturaleza, no puede obtenerse con la necesaria exactitud, y luego se condena el método de encuestas en general porque los resultados no tienen mucho valor.

No obstante, esto no quiere decir que no hay que intentar la recolección de ítems difíciles de información. El procedimiento de encuestas por muestras, debido a que posibilita la utilización de investigadores capacitados que trabajan en una muestra relativamente pequeña, con frecuencia es capaz de obtener información confiable sobre puntos que sería imposible incluir en una investigación general. Si los empadronados están al tanto del hecho que la investigación se efectúa en una muestra pequeña, con frecuencia los predispone a proporcionar información que ciertamente no estarían dispuestos a proporcionar si la investigación fuese general. En tales casos, es importante que los propios investigadores sean reconocidos como imparciales y desinteresados; en especial, no deben ser funcionarios de una institución que podría hacer uso de la información obtenida en detrimento de los empadronados.

No obstante, hay temas sobre los que resulta imposible recoger información exacta a partir de una muestra aleatoria de la población. En algunos de estos casos, se puede recoger información sobre un grupo seleccionado de individuos, v.g., individuos con los que están en contacto los asistentes sociales. La información de este tipo no carece necesariamente de valor, pero es preciso reconocer claramente que no equivale a la información obtenida de una muestra aleatoria de toda la población y que cualquier intento de generalización de los resultados tendrá una validez limitada.

A veces se intenta obtener una muestra de un grupo de individuos que en ciertos aspectos se acerca más a la población, v.g., en la clasificación por edades o clase social, que el grupo en su conjunto. Si bien esto puede mejorar un tanto la muestra, todavía no brinda el equivalente a una muestra aleatoria. Por otra parte, si no se necesita a todo el grupo, suele ser conveniente aplicar alguna forma de selección estricta en lugar de permitir que los propios asistentes seleccionen a los individuos a ser estudiados, ya que este último procedimiento sólo introducirá otros elementos innecesarios de sesgo.

En los casos en que resulta difícil recoger algunos de los ítems de información, puede ser útil el muestreo polisésico. Por ejemplo, puede permitirse el empleo de investigadores especialmente entrenados en los ítems más difíciles. Así, en una encuesta

sobre salud se pueden emplear investigadores médicos para una pequeña submuestra de una muestra mucho mayor en la que se ha recogido ítems de información más general relacionada con salud. Igualmente, este tipo de muestreo se puede utilizar para reducir la labor requerida a proporciones manejables. Así, en la Encuesta sobre Prácticas con Fertilizantes, se obtuvieron muestras de suelos para ser analizadas químicamente de un campo cultivado desde hacía tiempo, de un campo recientemente cultivado y de un campo de pastos perennes en cada predio agrícola; estos campos constituyeron una submuestra de todos los campos en los que se obtuvo información acerca del uso de fertilizantes. (Sección 4.23).

#### 4.6 Métodos para recoger la información

En gran medida, los métodos para recoger la información están condicionados por el material en estudio y por el tipo de información requerida. Donde existen alternativas, puede plantearse como regla general que es preferible hacer observaciones que preguntas, y son preferibles las preguntas sobre hechos y sobre acciones pasadas que las preguntas sobre generalidades y sobre un hipotético comportamiento futuro. Así, es preferible inspeccionar una casa para ver si muestra señales de humedad que preguntarle al ocupante si la casa es húmeda; y es mejor averiguar qué consideraciones, entre las diversas alternativas (si es que existen) que se le presentaron, primaron en la selección de la casa en que vive el ocupante, en lugar de preguntar qué tipo de vivienda -casa, departamento, bungalow, etc.- se "prefiere".

Por otra parte, es difícil plantear una regla general con respecto a las mediciones físicas y a las observaciones cualitativas que hace el investigador. Las mediciones físicas son más objetivas, pero a menudo las observaciones cualitativas pueden resumir mejor las características relevantes de una situación compleja. Así, una clasificación cualitativa por parte del investigador del grado de humedad de una casa probablemente será más efectiva que cualquier medición física destinada a determinar el grado de humedad. Además, mediante una estandarización y calibración adecuadas entre los investigadores, las propias observaciones cualitativas pueden hacerse objetivas.

Cuando la información se recoge por medio de un formulario o cuestionario censal, las preguntas a formularse deben considerarse durante la etapa de planificación, puesto que la información que se obtenga dependerá de la forma exacta de estas preguntas. Igualmente, debe determinarse la forma exacta de cualquier observación o medición física que se requiera.

Los formularios y cuestionarios censales pueden diseñarse ya sea para ser completados por el empadronado con poca o ninguna

asistencia por parte del investigador, o para ser completados por el investigador con la ayuda de preguntas formuladas a los empadronados. En los cuestionarios de este último tipo, se puede impartir instrucciones a los investigadores para que formulen las preguntas en ciertos términos, o se les puede indicar que obtengan la información que proporcionará una respuesta a las preguntas del cuestionario mediante preguntas y discusión que no se adhieren a ninguna fraseología determinada. Ambas maneras de obtener información pueden requerirse en una misma encuesta para distintos tipos de información.

Los formularios censales y los cuestionarios diseñados para ser completados por los empadronados pueden ser enviados y devueltos por correo, enviados por correo y recogidos por un empadronador o investigador, o viceversa, o entregados y recogidos por un investigador. El uso del correo es evidentemente el método más económico, y es el que en general se sigue en los censos y encuestas de organizaciones industriales y comerciales, tales como censos de producción. En tales casos, el empleo de investigadores habitualmente no presentará grandes ventajas con respecto al correo, ya sea para asegurar una respuesta más completa o para obtener una información más exacta, aunque ocasionalmente se pueden emplear investigadores en encuestas locales para explicar los propósitos de la encuesta y para persuadir a los empadronados para que cooperen. Sin embargo, en los censos de población se emplean normalmente investigadores para asegurar un máximo de respuesta y para prestar ayuda donde sea necesario para llenar los formularios. Los censos y encuestas de organizaciones industriales y comerciales a pequeña escala y de predios agrícolas, ocupan una posición intermedia y los métodos utilizados dependen en gran medida de las circunstancias locales.

Hay que prestar atención cuidadosa a la fraseología de todas las preguntas, incluso de las que tienen como finalidad servir de guías para el investigador. Si la misma pregunta crea una impresión errada en la mente del investigador, esto indudablemente conducirá a errores, aunque notas explicativas adicionales indiquen que en realidad lo que se requiere es otra cosa.

También se debe dedicar especial cuidado al orden de las preguntas. Si las preguntas están dispuestas en una secuencia ordenada, la labor del investigador se facilita enormemente, y es probable que la reacción del empadronado sea más favorable. Esto se aplica a todas las formas de cuestionarios, pero su importancia es mayor en las preguntas verbales.

En muchos tipos de encuestas resulta útil brindar al investigador o empadronado la oportunidad de hacer observaciones generales sobre puntos específicos lo cual puede hacerse con facilidad incluyendo un espacio para observaciones. Hay que darles cierta orientación respecto al tipo de observaciones que se re-

quiere. Aunque tales observaciones no se prestan fácilmente a un análisis exacto, frecuentemente son de mucha utilidad para llamar la atención hacia factores pertinentes no abarcados por el cuestionario mismo.

También debe considerarse el tipo de investigador a emplearse. Los investigadores deben poseer conocimientos básicos sobre el tema en estudio, especialmente en los estudios tipo investigación. Por ejemplo, en una investigación técnica sobre las condiciones habitacionales, los investigadores deben poseer algunos conocimientos sobre construcción de viviendas y sobre las normas prácticas que se adoptan al respecto. Este requisito de conocimientos técnicos por parte de los investigadores limita el ámbito de los equipos de investigadores no especializados, los que resultan apropiados para llevar a cabo investigaciones ad hoc y de rutina que sólo requieren cuestionarios relativamente sencillos, pero que no son un sustituto para los equipos más especializados que se requieren para una investigación más profunda que implique cuestionarios y observaciones técnicas o mediciones físicas por parte de los propios investigadores.

En las encuestas que exigen un grado elevado de conocimientos técnicos lo mejor suele ser emplear a miembros de organizaciones ya existentes o nombrar un pequeño equipo especializado de investigadores técnicamente calificados. Las diversas encuestas sobre los aspectos técnicos y económicos de las prácticas agrícolas realizadas en Inglaterra y Gales, por ejemplo, son ejecutadas por el personal del National Agricultural Advisory Service y por miembros del Provincial Advisory Economists. De este modo se obtienen equipos de investigadores que tienen una capacitación técnica y que son capaces de discutir sus problemas con los campesinos; al mismo tiempo, los propios investigadores obtienen un conocimiento más amplio de los predios agrícolas de sus distritos, de gran valor para sus otras labores.

#### 4.7 Métodos para encarar la falta de respuesta

A menos que la falta de respuesta se limite a una pequeña proporción de toda la muestra no se puede pretender que los resultados tengan una validez general. Por lo tanto, deben hacerse todos los esfuerzos por reducir la falta de respuesta a proporciones insignificantes.

Donde suele ser más seria la falta de respuesta es en los cuestionarios postales. Los retrasos en responder también pueden ser a veces muy molestos, en especial cuando se requieren con rapidez los resultados. Por lo tanto, es preciso instituir desde la partida un sistema estricto para encarar la falta de respuesta y el retraso en la respuesta. La primera medida consiste en

enviar una carta de seguimiento, pero si ésta no produce el efecto deseado, debe considerarse la posibilidad de emplear métodos más intensivos tales como llamadas telefónicas y visitas personales, las que requieren una organización regional especial.

En los censos de empresas industriales y comerciales en que se requieren datos sobre producción, ventas, fuerza de trabajo, etc. para la planificación económica, la respuesta suele ser obligatoria. Esto a menudo es una ayuda para enfrentar a pequeñas minorías de instituciones recalcitrantes, especialmente si se puede ejercer presión en otros sentidos, pero no es un sustituto para una cooperación total y voluntaria por parte de la mayoría. Los censos completos de población suelen también ser obligatorios, y aparentemente no existe una razón lógica para que los censos por muestras del mismo tipo no lo sean también. Si bien esto no es de gran ayuda para encarar las negativas obstinadas, puesto que las autoridades censales probablemente no desearán llevar a los transgresores frente a los tribunales, es un indicio que el gobierno considera el censo como algo importante, y en este sentido es probable que esto actúe como fuerza persuasiva frente a los indecisos.

En los censos que se repiten cada cierto tiempo, es de particular importancia encarar en forma enérgica y desde un comienzo la falta y el retraso en la respuesta, porque de lo contrario éstos tienden a aumentar en forma progresiva. Si persiste un volumen grande de falta de respuesta, o si existe un retraso serio en devolver los cuestionarios, constituye un indicio de que algo anda mal en el censo, el que debe ser ya sea reorganizado o dejado de lado.

En las encuestas sociológicas que utilizan el método de las entrevistas, la falta de respuesta suele ser pequeña. Si no es así, debe revisarse el cuestionario y el tipo de investigador empleado. Se pueden ensayar nuevas visitas de investigadores especiales, pero es probable que éstas no sean muy efectivas. En las encuestas técnicas en agricultura que implican entrevistas a los campesinos, la falta de respuesta también suele ser pequeña, a menos que la cantidad de información requerida sea tal que signifique una carga demasiado pesada para los empadronados.

En las encuestas sociológicas, no obstante, la falta de respuesta inicial por no poder ponerse en contacto con el empadronado puede ocasionar trastornos, ya que no existe un método adecuado para encararla a excepción de nuevas visitas realizadas en forma persistente. El número de nuevas visitas a menudo puede disminuirse averiguando entre los vecinos cuándo es probable que el empadronado se halle en casa, o cuándo se lo puede encontrar para concertar una entrevista. También se requieren nuevas visitas porque el empadronado, aunque está dispuesto a dar la información, está ocupado al momento de la primera visita.

Si se estima conveniente, la cantidad de trabajo que implica el seguimiento y las nuevas visitas puede disminuirse tomando una submuestra de los no contactados en la primera (o posteriores) visita, y ponderando la submuestra en los resultados finales. No obstante, en los censos repetidos, el seguimiento completo - constituye una ventaja que estimula una mejor respuesta en censos que se realicen con posterioridad.

#### 4.8 El marco

Toda la estructura de una encuesta por muestreo está determinada en una medida considerable por el marco. Los métodos de encuesta que son apropiados para un tipo determinado de material pueden ser radicalmente distintos en territorios diferentes porque se tienen que utilizar tipos diferentes de marcos.

Por consiguiente, hasta que no se conozcan los detalles acerca de la naturaleza y exactitud de los marcos disponibles, no se puede iniciar la planificación en detalle de la encuesta. Si no existe un marco, la construcción de uno adecuado a las finalidades de la encuesta puede constituir una parte importante de la labor que se realice en la encuesta.

Los marcos están sujetos a diversos tipos de defectos, que pueden clasificarse de modo general de la siguiente manera :

Un marco puede ser :

- 1) Inexacto
- 2) Incompleto
- 3) Sujeto a duplicación
- 4) Inadecuado
- 5) Anticuado

Un marco puede ser calificado de inexacto si la información acerca de las unidades listadas en él o definidas por él es inexacta. También se puede emplear el término para abarcar el listado de unidades que en el hecho no existen. Así, un listado de tarjetas de racionamiento en que ciertas mujeres se describen incorrectamente como casadas cuando de hecho son solteras, o en que se incluyen ciertos individuos que han fallecido, sería inexacta en este sentido.

Se puede decir que un marco es incompleto cuando ciertas unidades del material se omiten totalmente, y que está sujeto a duplicación cuando ciertas unidades del material se incluyen más de una vez. Así, un listado de tarjetas de racionamiento en que

no se incluyen ciertos individuos y en que otros se incluyen dos veces, está a la vez incompleto y sujeto a duplicación.

Se puede calificar a un marco como inadecuado cuando no cubre todas las categorías del material que se desea incluir en la encuesta. Así, un listado de tarjetas de racionamiento que no incluye a los residentes temporales de un distrito sería inadecuado para una encuesta de la población de ese distrito en que es necesario incluir a estos residentes temporales.

Un marco, aunque exacto, completo y libre de duplicación al momento de ser construido, puede que ya no lo sea al momento en que se requiere usarlo. Se puede decir que tales marcos son anticuados. Por estar anticuado el marco pueden introducirse errores del tipo de los tres primeros consignados más arriba.

Estos distintos tipos de defectos tienen consecuencias muy distintas en cuanto a los defectos que introducen en el proceso de muestreo. La inexactitud del marco, en cuanto se relaciona con las unidades seleccionadas de muestreo, se descubrirá y corregirá automáticamente a medida que avanza la encuesta, y, por consiguiente, no invalidará los resultados. Si la información incluida en el marco ha sido utilizada como base para la estratificación, etc., o como información complementaria, la inexactitud de esta información dará origen a una exactitud algo menor en los resultados, pero la exactitud efectiva alcanzada se podrá evaluar por los propios resultados.

La falta de integridad del marco no se descubrirá en el curso de la encuesta misma, y la población o material dejará de ser cubierto en la medida en que un marco esté incompleto. Es probable que la falta de integridad sea más grave de lo que parece a primera vista, puesto que a menudo se limita a unidades que poseen ciertas características especiales, que, por consiguiente, pueden estar demasiado poco representadas en la muestra. La duplicación tiene un efecto semejante, puesto que las unidades duplicadas tendrán una doble posibilidad de ser incluidas en la muestra. No obstante, la diferencia estriba en que no se puede determinar o corregir la falta de integridad mediante un análisis del propio marco, mientras que la duplicación puede, bajo ciertas circunstancias, ser detectada y corregida mediante un análisis semejante, aunque esto casi siempre será una operación tediosa. Si la fracción de muestreo es grande y el grado de duplicación lo es también, la duplicación puede revelarse en el transcurso de la encuesta. Así, con una duplicación de un 5 por ciento y una fracción de muestreo de 1 en 10, dos de cada 210 unidades de la muestra constituirán como término medio un par duplicado. Con una fracción de muestreo de 1 en 100, no obstante, sólo dos de cada 2 100 unidades de la muestra constituirán un par duplicado.

Un marco que resulta inexacto para ciertos propósitos puede ser incompleto para otros. Así, un listado de tarjetas de raciona-

miento en que algunas de las solteras se describen como casadas sería completo aunque inexacto, si se utiliza como marco para una encuesta de todas las mujeres, pero sería incompleto si se utiliza se como marco para una encuesta de solteras solamente. Esta falta de integridad podría subsanarse tomando una muestra que cubre a todas las mujeres, y eliminando a las integrantes de la muestra que al ser investigadas se descubre que son casadas.

La falta de adecuación del marco por lo general se conocerá antes de iniciarse la encuesta por la especificación del propio marco. En general, la falta de adecuación sólo puede encararse mediante la construcción de un marco auxiliar para las categorías omitidas.

En la práctica, es probable que los marcos adolezcan en mayor o menor medida de todos los defectos anteriormente enumerados. Por lo tanto es esencial en el momento mismo de la encuesta efectuar una investigación cuidadosa de cualquier marco que se proponga utilizar, puesto que muchos defectos no se evidencian en absoluto hasta que se realiza una investigación detallada. Una investigación semejante comenzará naturalmente con un estudio del aparato administrativo con el que se ha construido el marco y que lo mantiene al día, pero también puede involucrar una cierta cantidad de trabajo en terreno.

#### 4.9 Marcos adecuados para censar y encuestar poblaciones humanas

Las poblaciones humanas tienden a conglomerarse en ciudades y aldeas, a menudo con una alta densidad local, que hace que cualquiera forma de muestreo por áreas basado en mapas y planos esté sujeto a una gran variabilidad, a menos que se adopte un procedimiento muy elaborado de muestreo. Esto es muy grave si no se conocen las cantidades totales, y si se requiere estimarlas a partir de la muestra, pero incluso las proporciones de la población que caen dentro de categorías diferentes estarán sujetas a errores substanciales, puesto que diferentes clases de la población tienden a concentrarse en diferentes áreas.

Se pueden distinguir tres tipos sumamente distintos de encuesta de las poblaciones humanas, a saber :

- 1) Encuestas de tipo censal, que requieren la recolección de hechos relativamente sencillos, pero que cubren a toda la población y que pueden dar resultados separados para las pequeñas áreas administrativas.
- 2) Encuestas que cubren a toda la población de un país, y que pueden dar estimaciones razonablemente exactas para

toda la población, y posiblemente para ciertas subdivisiones generales, pero no para pequeñas áreas administrativas. Estas encuestas a menudo comprometen la recolección de información más detallada y elaborada que las del tipo 1).

- 3) Encuestas locales que cubren una ciudad o área rural en particular, o algunas ciudades o áreas rurales contrastadas, en que no se intenta obtener una muestra que sea plenamente representativa del país en conjunto.

Estas encuestas casi siempre comprometen la recolección de información detallada por parte de los investigadores en terreno. Suelen ser investigaciones bastante profundas y pueden ser las precursoras de encuestas simplificadas sobre los mismos problemas que cubren todo el país.

Las encuestas del primer tipo presentan problemas relativamente sencillos de muestreo y problemas administrativos relativamente complicados. El muestreo debido a que tiene que abarcar subdivisiones pequeñas de la población, por lo general tiene que ser de etapa única, usualmente con estratificación y con una fracción uniforme de muestreo. Las encuestas del tercer tipo también son relativamente sencillas; dado que sólo se tiene que cubrir áreas limitadas, suele ser suficiente un proceso de muestreo de una o dos etapas.

Las encuestas del segundo tipo, no obstante, presentan problemas de muestreo mucho más difíciles, y también admiten un incremento en su eficiencia mediante el empleo de métodos de muestreo más elaborados. Puesto que no se requieren resultados para áreas pequeñas, las áreas administrativas y otras pueden formar la primera etapa de un proceso polietápico, permitiendo así que el muestreo se concentre en un número relativamente pequeño de áreas en lugar de estar difundido en todo el país. Esta condición es absolutamente necesaria cuando se utilizan investigadores en terreno.

En las áreas plenamente desarrolladas suele disponerse de una gran cantidad de información previa sobre las áreas administrativas. Esto a menudo permite que la exactitud del muestreo en la primera etapa, que por lo general es la etapa que más contribuye a los errores de muestreo, mejore en forma considerable mediante el uso atinado de la estratificación, de la información complementaria, etc. Los problemas de muestreo de este segundo tipo de encuesta se discuten en mayor detalle en la Sección 4.18.

Los marcos adecuados para muestrear poblaciones humanas se pueden clasificar en general como sigue:

- a) Listados de los individuos de la población, o partes de ella, proporcionados para fines administrativos
- b) Conjuntos de respuestas censales provenientes de un censo completo
- c) Listados de hogares o viviendas en áreas determinadas
- d) Planos de ciudades
- e) Mapas de las áreas rurales
- f) Listados de ciudades, poblados y áreas administrativas, a menudo con información complementaria de diversos tipos

En las secciones siguientes daremos una breve descripción de las características relevantes, desde un punto de vista muestral, de estos diversos tipos de marcos.

#### 4.10 Marcos constituidos por listas de individuos

Diversas actividades administrativas, tales como el registro de la población, el racionamiento o incluso un censo reciente, proporcionan listas y ficheros de personas. Estas listas es probable que sólo sean completas, exactas y actualizadas si el aparato administrativo es muy eficiente, y existe alguna necesidad administrativa específica de que las listas se mantengan actualizadas. La mayoría de las listas de este tipo cubren la totalidad de un país sobre una base más o menos uniforme, pero es necesario que sean mantenidas por oficinas locales y, por consiguiente, su exactitud puede variar en distintos sectores del país. Incluso cuando una lista es lo suficientemente exacta para satisfacer en forma adecuada las finalidades administrativas para las cuales fue diseñada, a menudo presenta defectos insospechados que la hacen inadecuada como marco de muestreo.

Las listas de individuos no son adecuadas como marco para muestrear hogares, a menos que los individuos estén agrupados en hogares. Si se seleccionan direcciones de una lista que no ha sido agrupada de este modo, la probabilidad de selección será proporcional al tamaño del hogar, que rara vez es lo que se necesita. Si por alguna razón se utiliza un método semejante de selección, es preciso ponderar los resultados en razón inversa al número de personas en los hogares muestreados incluidos en la lista (Sección 6.16).

El Registro Nacional y las listas de libretas de racionamiento que se mantienen en el Reino Unido constituyen ejemplos de

listas administrativas. El Registro Nacional, instituido en 1939, probablemente ha constituido siempre un registro razonablemente exacto de toda la población, pero en sus etapas iniciales, en todo caso, fue muy defectuoso como registro local, debido a que las personas no registraban sus cambios de domicilio. Este defecto fue posteriormente rectificado mediante el establecimiento de oficinas adjuntas a las oficinas de alimentos, y con la exigencia de que toda persona que solicitase una nueva libreta de racionamiento debía primero hacer enmendar su tarjeta de identidad. No obstante, esto no aseguró el registro inmediato de los cambios locales de domicilio, ya que sólo se requería una nueva contraseña si el cambio significaba cambiar de tienda. Por consiguiente, los cambios locales a menudo se registraban al momento de la emisión anual y regular de libretas de racionamiento.

El fichero de las emisiones de libretas de racionamiento adolecía necesariamente de defectos semejantes. Por consiguiente, ninguno de los registros formaba un marco apropiado para el muestreo de pequeñas áreas administrativas, como sería un distrito con una sola oficina de alimentos, particularmente durante la guerra cuando los movimientos de población eran frecuentes y considerables debido a los ataques aéreos. Por otra parte, eran y son capaces de servir como marco razonablemente adecuado para un censo por muestras de toda la población.

El fichero de las oficinas de alimentos fue utilizado como marco para el Censo Familiar del Reino Unido en 1946. Este censo fue realizado por la Royal Commission on Population, con el objeto de proporcionar, para las mujeres casadas, información sobre la edad, la edad al casarse, número y fechas de nacimiento de todos los hijos y ocupación del marido, información que nunca antes había sido recogida en su totalidad. Se obtuvo una muestra de 1 de cada 10 mujeres casadas (incluyendo a las viudas o divorciadas), examinando cada décima ficha, y registrando el nombre y la dirección si la ficha era para una mujer adulta con el apelativo señora o sin ningún apelativo. A las mujeres solteras seleccionadas mediante este procedimiento se les solicitó que marcaran "soltera" en el cuestionario. Los cuestionarios fueron enviados por correo y recogidos en una visita posterior.

Como necesariamente hay un desfase en el tiempo en la anulación de la antigua tarjeta de la oficina de alimentos al efectuarse el traslado -anulación que se efectúa por notificación de la oficina de alimentos que emite las nuevas contraseñas- hubo que tomar medidas especiales para tratar los traslados. Esto se realizó fijando una fecha "cero" en un intervalo anterior a la fecha en que se obtuvo la muestra. Se eligió un intervalo que fuera algo más largo que el tiempo que tardaba la notificación del cambio de domicilio en ser recibida en la antigua oficina. Así, prácticamente todas las fichas duplicadas correspondientes a cambios de domicilio antes de la fecha cero quedarían eliminadas.

Los registros efectuados con posterioridad a la fecha cero fueron excluidos de la muestra y todas las anulaciones que registraban una fecha de nuevo registro posterior a la fecha cero fueron muestradas, siendo registrado el nuevo domicilio. Se verá que mediante este procedimiento todos los individuos entraban sólo una vez al marco de muestreo, y los únicos individuos para los que se registraron domicilios incorrectos fueron aquellos que por alguna razón atrasaron su nuevo registro, o respecto a quienes la antigua oficina no había recibido aún la notificación de cambio de domicilio. Este procedimiento evitaba toda duplicación excepto en el caso raro de un retraso excesivo en la notificación entre oficinas, a la vez que obviaba la necesidad de construir un índice no duplicado totalmente actualizado.

#### 4.11 Marcos constituidos por los censos completos de población

Un censo completo, en tanto es verdaderamente completo proporcionará automáticamente un conjunto de formularios que incluye a todos los individuos de la zona abarcada por el censo. No obstante, los censos completos, aunque a primera vista parecerían proporcionar marcos muy satisfactorios, presentan varios defectos. Por su misma índole, el censo completo sólo puede realizarse a intervalos poco frecuentes, v.g., cada diez años, y, por consecuente, el marco que proporciona es, durante la mayor parte de su existencia, sumamente anticuado. La forma en que se acostumbra recoger y analizar la información censal también tiende a disminuir su utilidad como marco, puesto que la información no es fácilmente accesible, por lo menos en las etapas iniciales en que se traspaasa a tarjetas perforadas. Una de las grandes ventajas del registro de las oficinas de alimentos utilizado en el Censo de Familias fue que las fichas podían consultarse y muestrearse en las oficinas locales sin perturbar seriamente la rutina de oficina.

Muchas de estas desventajas pueden ser superadas si al momento de emprender un censo completo se dispone la construcción de una muestra maestra, de la cual se pueden obtener otras muestras a medida que se requieren. La unidad de muestreo para esta muestra debe ser la vivienda y no el individuo o familia que ocupa esa vivienda al momento del censo. Si las viviendas se adoptan como unidades de muestreo, la muestra principal tendrá un grado mucho mayor de permanencia que si se usaran los individuos como unidades de muestreo. Por otra parte, para casi todos los propósitos, se requiere una muestra de hogares y no de los individuos dispersos en todos los hogares.

Un censo completo proporciona un marco muy apropiado para un censo simultáneo por muestreo en que se recoge una información más detallada de una muestra de la población. Este procedimiento

fue utilizado en el censo de población de EE.UU. de 1940 (Stephan et al., 1940, C). En este censo, se formularon preguntas complementarias a 1 de cada 20 individuos incluidos en el censo completo, en el mismo momento en que se recogía la información principal del censo. De este modo, el procedimiento resultó análogo al muestreo de dos fases, con la excepción de que en la primera fase estaba incluida toda la población.

Puesto que la selección de 1 entre 20 individuos para la recolección de la información complementaria fue realizada en el mismo lugar por los investigadores de terreno, fue necesario instituir normas muy estrictas para evitar sesgos. El procedimiento adoptado fue el siguiente. Cada formulario censal contenía líneas para 80 individuos, con 40 líneas a cada lado. Se hizo una marca especial en dos líneas de cada lado. Se utilizaron cinco tipos diferentes de formularios, con las líneas marcadas distribuidas en la forma que se presenta en el cuadro 4.11.

Cuadro 4.11

NUMEROS DE LAS LINEAS DE MUESTREO EN EL CENSO DE POBLACION DE EE.UU. DE 1940, Y SUS PROPORCIONES

Estilo	Proporción	Números de las líneas			
V	16	14	29	55	68
W	1	1	5	41	75
X	1	2	6	42	77
Y	1	3	39	44	79
Z	1	4	40	46	80

Se instruyó a los investigadores para que anotaran los nombres de cada familia en un orden definido, y para que completaran todas las líneas del formulario antes de iniciar uno nuevo. De hecho, estas instrucciones no siempre fueron cumplidas, encontrándose en blanco un 3,5 por ciento de las líneas finales (Nos. 40 y 80). Si los espacios en blanco se extienden a las líneas anteriores, que no están marcadas en los formularios W-Z, pero no hasta las líneas marcadas en el formulario V, esto dará origen a una leve deficiencia en la proporción incluida en la muestra de las anotaciones en la línea 1 y en las otras líneas marcadas en los

formularios W-Z. No obstante, esta perturbación es muy pequeña, pero cualquier tendencia de los investigadores a alterar el orden en que se anotaban los nombres, a fin de obtener una persona adecuada para ser sometida a las preguntas complementarias, podría fácilmente dar origen a sesgos más graves.

El peligro de este tipo de sesgo siempre se encuentra presente en este método de muestreo, y sólo puede ser superado por un entrenamiento muy riguroso de los encuestadores y por la implantación de normas que determinan, en forma única, el orden en que se anotan los nombres en la lista.

#### 4.12 Marcos constituidos por hogares o viviendas

A menudo se dispone de listas de hogares o viviendas provenientes de fuentes tales como las oficinas locales de impuestos, los registros electorales, etc. Los marcos basados en este tipo de listas son preferibles en múltiples aspectos a los marcos basados en listas de individuos. Como ya se ha mencionado en la mayoría de las encuestas en que se recoge información mediante visitas personales, resulta ventajoso y a menudo esencial, recoger información de todos los miembros de un hogar, en otras palabras, utilizar los hogares como unidades de muestreo.

Los marcos constituidos por listas de viviendas también tienen un grado mucho mayor de permanencia, por no estar afectados por los movimientos de la población. Tales marcos, si son completos al momento de su construcción, sólo se volverán incompletos en la medida en que se construyan nuevas edificaciones, o se produzcan cambios en el uso de las ya existentes. La edificación nueva es un proceso necesariamente lento, y el listado de nuevos edificios no suele presentar dificultades serias.

Por lo general, las listas de hogares pueden utilizarse para dar un marco de viviendas, tomando como unidades de muestreo las viviendas ocupadas por los hogares al momento de construirse el marco. Se requiere tomar ciertas precauciones especiales para asegurar la inclusión de las viviendas que estaban desocupadas al momento de preparar la lista. En las ciudades en que las viviendas están dispuestas en calles y en que la lista también está ordenada por calles, esto no presenta dificultades especiales. Puede utilizarse lo que se ha denominado el intervalo semiabierto, que consiste en lo siguiente: al tomar la muestra, se registra la unidad habitacional que aparece en la lista próxima a la unidad seleccionada, y se imparte instrucciones al investigador para que verifique si hay alguna otra unidad en el terreno entre estas dos unidades, y de ser así, que incluya esa unidad en la muestra. De este modo, si el investigador en terreno recibe instrucciones de encuestar el No.9 de una determinada calle, que

tiene en No.13 registrado como unidad vecina (números impares solamente) y al visitar el No.9 encuentra que también existen los Nos. 9A y 11, también encuesta a éstos. Los números pares entre el 9 y el 13 no se incluyen, ya que la instrucción "números impares solamente" indica que están en el costado opuesto de la calle. Evidentemente, este procedimiento sólo puede adoptarse si la lista está dispuesta en un orden que corresponde a algún patrón geográfico en el terreno. Si no es así, no se puede corregir la falta de integridad del marco mediante el empleo del intervalo semiabierto o de un procedimiento análogo. En tales casos, habrá que enmendar el marco mediante otros métodos, y quizá sea necesario un reordenamiento completo de la lista de acuerdo a algún orden geográfico.

Ejemplos del uso de este tipo de marco son algunas encuestas ejecutadas durante la guerra en ciertas ciudades del Reino Unido por el Ministerio de Seguridad Interior, para investigar las perturbaciones provocadas por los ataques aéreos en la población. En las ciudades inglesas se utilizaron como marcos los registros electorales, y en las ciudades escocesas las listas de contribuyentes. Los registros electorales consisten en listas impresas de votantes, ordenados por calles y por orden de vivienda, en que todos los votantes de una vivienda aparecen juntos. Por lo tanto, cada vivienda tiene tantas entradas como votantes. Por consiguiente, una selección de entradas en la lista, con igual probabilidad, no dará la misma probabilidad de selección en las diferentes viviendas. Esto podría haberse superado subdividiendo la lista en viviendas, y basando el muestreo en estas viviendas.

Como las encuestas tuvieron que realizarse con mucha rapidez, se evitó el retraso en la selección de la muestra mediante un método que consistía en examinar cada  $x$ -ésima entrada, siendo incluida la vivienda en la muestra si la entrada se refería al primer miembro listado en la vivienda. Esto introduce una cierta discrepancia adicional entre la fracción muestral de trabajo,  $1/x$ , y la fracción efectiva de viviendas incluidas en la muestra, que produce errores apreciables en relación a los errores de muestreo para las estimaciones de cantidades tales como número total de población, obtenido al multiplicar el total de la muestra por  $x$ . Estas estimaciones no constituían el interés principal de estas encuestas, y, por consiguiente, no se necesitó ningún ajuste. De ser necesario, los errores que se originan por esta causa podrían haber sido eliminados con posterioridad averiguando la razón entre el número de viviendas incluidas en la muestra y el número de viviendas en todo el registro, y tratando esta razón como la verdadera fracción de muestreo.

En esta encuesta, el método del intervalo semiabierto fue utilizado para tratar las viviendas no incluidas en la lista, el cual resultó bastante satisfactorio. Si hubiesen existido nuevas edificaciones habitacionales que no estaban incluidas en el registro, habría que haber tratado éstas en forma separada.

En ciertas ciudades, no se listaron los distintos departamentos de los bloques de departamentos, los que por lo tanto presentaron una dificultad, puesto que los bloques constituían unidades sumamente grandes. Si estas unidades hubiesen sido incluidas o excluidas al azar habrían aumentado considerablemente el error de muestreo. No obstante, la existencia de bloques de departamentos siempre era evidente por el gran número de votantes que aparecían con un mismo domicilio. Por lo tanto, los bloques fueron listados, junto con otras instituciones grandes, mediante una inspección preliminar del registro, y se seleccionó cada x-ésimo departamento en visitas a todos los bloques por turno.

#### 4.13 Marcos basados en planos de ciudades

Los mapas y planos de ciudades brindan un marco útil para el muestreo de viviendas en zonas edificadas. En algunos casos, quizá existan mapas detallados que muestran la ubicación de todas las viviendas, pero en muchos casos se dispone solamente de planos de calles que no son muy detallados.

Cualquier plano de ciudad que dé una representación exacta de las calles permitirá dividir la ciudad en "manzanas", es decir, áreas limitadas por calles. Por consiguiente, este plano proporcionará un marco para el muestreo de áreas en que las unidades están constituidas por manzanas. Puede obtenerse entonces una muestra de viviendas incluyendo todas las viviendas en las manzanas seleccionadas. En general, no obstante, la variabilidad entre una manzana y otra probablemente será grande, incluso después de una estratificación cuidadosa, ya que a menudo existe una considerable segregación local de las diferentes clases de la población. Por consiguiente, el muestreo en dos etapas por lo general resulta útil, tomando las manzanas como unidades primarias de muestreo y las viviendas como unidades secundarias.

Para obtener una muestra de dos etapas en los casos en que el mapa no incluya la ubicación de las viviendas, será necesario construir el marco de la segunda etapa para las manzanas escogidas en la primera etapa mediante una encuesta en terreno. No obstante, ésta es una tarea mucho más fácil que construir un marco para todas las viviendas de la ciudad mediante una encuesta en terreno, y con frecuencia puede hacerse en el transcurso de la misma encuesta.

En las ciudades en que las manzanas naturales son muy desiguales, debe realizarse el agrupamiento de las manzanas más pequeñas o la subdivisión de las manzanas más grandes, a fin de reducir las desigualdades de área dentro de los estratos. Si poco se sabe acerca de la ciudad, quizá sea útil realizar una encuesta en terreno a fin de demarcar y estratificar las unidades de manzanas.

Quizá incluso sea útil realizar un recuento preliminar aproximativo, o hacer alguna otra estimación aproximativa del número de viviendas en cada manzana, ya que esto permitirá seleccionar posteriormente en los estratos, las unidades de la primera etapa con probabilidades proporcionales al número estimado de viviendas. Esto se hizo en partes del censo de población de Grecia que se describe en la Sección 4.16. Si no se dispone de estas estimaciones preliminares, el mejor método que se puede adoptar consiste en hacer una selección con probabilidades proporcionales al área, pero es poco probable que las áreas de las manzanas guarden una correlación muy estrecha con el número de viviendas, incluso dentro de los estratos. En cualquiera de los dos casos, las fracciones de muestreo de la segunda etapa pueden tomarse en forma inversamente proporcional a las fracciones de la primera etapa, para dar una fracción global de muestreo constante.

El hecho de que se requiera un procedimiento elaborado de este tipo, depende no solo de la exactitud requerida sino que también de que se requieran estimaciones de las cantidades totales a partir de la encuesta. Puesto que las cantidades totales guardarán una elevada correlación con el número de viviendas, la información complementaria previa sobre estas cantidades para las diferentes manzanas, aunque solo sea aproximada, será de particular efectividad para reducir la variabilidad de muestreo en las estimaciones de las cantidades totales. No es probable que tengan efectos tan considerables sobre las estimaciones de la proporción de la población que cae dentro de las diversas categorías.

A veces se utiliza el muestreo por calles en lugar del muestreo por manzanas. Este suele no ser tan satisfactorio como el muestreo por manzanas, ya que cada manzana representa un área claramente definida, mientras que si se toma una calle, a menudo hay dudas respecto a qué se ha incluido y qué se ha excluido exactamente. Los callejones y los patios que tienen acceso desde más de una calle, que no aparecen en el mapa de calles, por ejemplo, presentan considerables dificultades si el muestreo es por calles.

El muestreo por manzanas es particularmente valioso en las encuestas de ciudades en que hay que cubrir todo tipo de edificaciones. Si es necesario se puede adoptar el muestreo en dos etapas de cualquiera de los diferentes tipos de edificaciones, o de todos ellos, enumerando los diferentes tipos en las manzanas seleccionadas después de obtenida la muestra de la primera etapa.

#### 4.14 Marcos basados en mapas de áreas rurales

El uso de mapas como marco para el muestreo de las áreas rurales presenta problemas algo distintos a los que se enfrentan en el muestreo de ciudades con la ayuda de planos.

Si se dispone de mapas exactos y detallados en que figuran todas o prácticamente todas las edificaciones, se pueden utilizar áreas rectangulares como unidades de muestreo, examinándose en el terreno las edificaciones que caen dentro de las áreas seleccionadas para averiguar si son viviendas, haciéndose una verificación adicional de las viviendas que no figuran en los mapas.

Resulta factible el muestreo con probabilidad proporcional al número aparente de viviendas indicado por el mapa, pero implicaría contar las viviendas en todas las áreas rectangulares. Por consiguiente, si al parecer vale la pena realizar una labor preliminar de esta magnitud en los mapas, es mejor dividir el mapa en áreas que contengan aproximadamente el mismo número de viviendas, utilizando en lo posible los límites naturales y prestando especial atención a la estratificación.

Cabe observar aquí que la selección aleatoria de un punto en el mapa y la selección de la unidad habitacional más cercana a este punto para incluirla en la muestra -método que a veces se utiliza- resulta inadmisibles, ya que la unidad que está a gran distancia de otras unidades tendrá una posibilidad mucho mayor de ser seleccionada que la que está cerca de otras unidades.

Con mapas menos detallados, las áreas rectangulares marcadas en el mapa no podrán ser demarcadas exactamente en el terreno. Los accidentes naturales que se presentan en los mapas deben por lo tanto utilizarse como límites de las unidades de muestreo, lo cual necesariamente dará unidades de diferentes tamaños. En particular, habrá ocasiones en que resultará imposible subdividir un área algo grande. En tales casos, se puede considerar que el área en cuestión representa dos o más unidades. Si se selecciona cualquiera de estas unidades, la subdivisión en dos o más partes lo más semejante posible se hace en el terreno al momento de la encuesta, y se elige aleatoriamente el número necesario de partes.

En la mayoría de los países, incluso en las áreas rurales pueden existir varios poblados de diversos tamaños, que es mejor tratar por separado mediante alguna forma de estratificación y de muestreo en dos etapas, puesto que si se incluyen en el muestreo de áreas se introduce un alto grado de variabilidad. Resultará conveniente el uso de una fracción variable de muestreo en la primera etapa, seleccionándose una proporción mayor de los poblados más grandes. Si se desea, se puede efectuar una reducción compensatoria en la fracción de muestreo de la segunda etapa. Es necesario demarcar con cuidado los límites de todos los poblados, ya que de lo contrario existirá ambigüedad respecto a lo que debe incluirse en la muestra de áreas.

#### 4.15 Marcos constituidos por listas de poblados

Es probable que en las zonas subdesarrolladas los mapas disponibles no sean lo suficientemente exactos para el muestreo de áreas. Donde la población se concentra en poblados, éstos por lo general conforman las unidades más satisfactorias de muestreo en la primera etapa. Una lista de poblados servirá entonces de marco apropiado.

Incluso si la mayoría de la población se concentra en poblados, puede existir un residuo de ella ubicado en las zonas rurales intermedias. Si este residuo está asociado a poblados definidos, el problema es relativamente sencillo, ya que sólo se requiere identificar a los individuos que pertenecen a los poblados seleccionados. Normalmente, esto lo pueden realizar los jefes de estos poblados.

Si no existe este tipo de asociación, puede requerirse alguna forma de muestra de las áreas intermedias. Si se dispone de mapas aproximados, se puede demarcar áreas apropiadas mediante senderos, ríos, etc. Si no se dispone de ningún mapa, puede resultar factible alguna forma de muestreo por líneas en las áreas descampadas.

Si la región no es lo suficientemente descampada para atravesarla con facilidad, quizá sea necesario la construcción de un mapa aproximativo de los senderos antes de que se pueda efectuar un muestreo apropiado de las áreas intermedias. No obstante, quizás estos senderos puedan utilizarse sin delinear un mapa completo. Así, se pueden recorrer todos los senderos que salen de los poblados seleccionados para la muestra e incluirse las viviendas a las que dan acceso, hasta mitad de camino del próximo poblado listado, pero no necesariamente seleccionado. Este método sólo resultará efectivo con un sistema de senderos relativamente sencillo como el que se encuentra en las zonas forestadas; los puntos intermedios de bifurcación por ejemplo, presentan problemas especiales.

#### 4.16 El censo muestral de Grecia de 1946

El censo muestral de Grecia de 1946 es un buen ejemplo de la forma en que pueden utilizarse los distintos tipos de métodos muestrales que se han discutido en las secciones anteriores a fin de obtener datos censales en forma acelerada a partir de una muestra que cubre toda la población de un país (Jessen et al., 1947, c). \*

---

\*/ Véase también la publicación del U.S. Dept. of State 2522(1946, D°) y Jessen et al. (1949, D°).

La Misión Aliada de Observadores de la Elección Griega obtuvo la muestra como parte de la investigación sobre la exactitud de las listas electorales. Fue necesaria una muestra poblacional para verificar las omisiones en las listas electorales, y, por lo tanto, se aprovechó la oportunidad para obtener datos censales más generales. Se realizó la verificación correspondiente de las duplicaciones y redundancias de las listas examinando las propias listas e investigando una muestra de nombres obtenida de estas listas.

El marco para la primera etapa de la muestra de población fue el proporcionado por el Censo de Población de 1940. Este censo dio resultados para koinotetes, que son pequeñas comunidades o grupos de poblados, y para demoi, que son pueblos y ciudades, por lo general de más de 10 000 habitantes. Se dispuso de mapas que mostraban las áreas incluidas en estos koinotetes y demoi, y los nombres y ubicación de todos los centros poblados. Como unidades de la primera etapa del muestreo se utilizaron los koinotetes y demoi, los que fueron estratificados de acuerdo a la población que tenían en 1940, y se utilizó una fracción variable de muestreo. El esquema correspondiente figura en el cuadro 4.16. La selección dentro de los estratos fue sistemática.

Cuadro 4.16

## CENSO GRIEGO DE POBLACION: RESUMEN DEL DISEÑO MUESTRAL

Código del tamaño de clase	Población en 1940	Población promedio supuesta en 1940	Fracción de muestreo		Número de lugares	
			Para la selección de lugares	Para la selección de nombres y hogares dentro del lugar	En el tamaño de clase	En la muestra
<u>Para koinotetes</u>						
1	0- 499	350	1/100	1/5	2.147	20
2	500- 999	750	1/50	1/10	2.049	40
3	1.000-4.999	2.500	1/20	1/25	1.366	70
4	5.000 y más	7.000	1/5	1/100	54	10
				Totales	5.616	140
<u>Para demoi</u>						
5	- de 25.000	17.000	1/2	1/250	52	26
6	25.000 y +	-	1/1	1/500	22	22
				Totales	74	48

El muestreo de las unidades seleccionadas en la primera etapa se basó en listas de los hogares dentro del área. Estas listas estaban basadas en listas existentes, comprobadas y actualizadas, o fueron preparadas especialmente para mostrar la ubicación de los hogares en un mapa.

Para el muestreo de las ciudades se utilizó una etapa adicional, tomándose en primer término una muestra de manzanas de - marcadas en un plan de calles existente o construido con una muestra adicional de casas tomadas de las manzanas seleccionadas. Algunas veces el muestreo se realizó con una probabilidad proporcional al número estimado de casas obteniéndose estas estimaciones mediante un rápido recorrido de toda el área, y algunas veces con probabilidades iguales.

La fracción de muestreo en la etapa final se ajustó en todos los casos de modo que diera una fracción global de muestreo constante. Cuando las manzanas fueron muestreadas con una probabilidad proporcional al número estimado de casas, esto exigió que la fracción de muestreo dentro de las manzanas seleccionadas fue inversamente proporcional al número estimado de hogares en la manzana. Así, la parroquia de Agios Panteleemous, que se da como ejemplo, fue subdividida inicialmente en 98 manzanas. Antes del muestreo, se combinaron algunas de las manzanas más pequeñas para obtener 65 manzanas combinadas\*. El número total estimado de hogares fue 966. Se decidió muestrear tres manzanas, que fueron seleccionadas en forma sistemática tomando un intervalo muestral de 322 ( $= 966/3$ ) con un punto de partida aleatorio de 288, utilizando los subtotales del mismo modo que en el Ejemplo 3.2., lo que dio manzanas combinadas que contenían 23, 18 y 13 hogares estimados, respectivamente. Como se requería una fracción de muestreo de  $1/100$  dentro de la parroquia, el número estimado de hogares en la muestra fue de  $966/100 = 10$ . Este número fue dividido en forma aproximada de igual entre las tres manzanas seleccionadas (3, 3, 3), y se calcularon los intervalos de muestreo dividiendo el número estimado en las manzanas por estos números, es decir, se tomaron los intervalos como de  $23/3 = 6$ , etc. Este procedimiento da la constancia requerida en la probabilidad global de selección. El número real de casas en la muestra naturalmente será distinto a 10 si los números estimados están equivocados: lo que debe determinarse son las probabilidades globales de selección, no el número de casas.

Se adoptó el método de estimación por razones, utilizando los datos sobre la población de 1940 como información complementaria. El método utilizado fue el adecuado para muestreo sin estratificación, con una probabilidad proporcional al tamaño de la unidad (Sección 6.16), ya que se consideró como el más exacto. No

\* Este es el mismo procedimiento empleado en el muestreo de los predios agrícolas de Hertfordshire por parroquias, Sección 3.11.

obstante, existe aparentemente un cierto peligro de que se introduzcan sesgos mediante este método, y quizás habría sido preferible el método sin sesgos adecuado para una muestra estratificada con una fracción variable de muestreo (Sección 6.11).

La encuesta tuvo gran éxito y alcanzó un alto grado de exactitud, siendo calculado el error estándar de la estimación para la población total en  $\pm 2,1$  por ciento. El trabajo en terreno ocupó a 65 equipos de encuestadores, compuesto cada uno de un observador, un intérprete y un chofer, con un jeep a su disposición, los que operaron durante tres semanas. La muestra total y las computaciones se completaron en 7 semanas.

#### 4,17 Muestras maestras

Cuando es probable que se requiera un conjunto de encuestas que cubran la misma población o un mismo conjunto de materiales, es útil a veces construir una muestra maestra, de la que se pueden obtener muestras menores a medida que se requieran por medio de un esquema de sub-muestreo.

El uso de una muestra maestra presenta varias ventajas. Permite construir un marco más exacto, completo y adecuado que el que resultaría justificado si el marco sólo se requiriera para una encuesta única. Simplifica la selección de las muestras, puesto que en el sub-muestreo sólo el material contenido en la muestra maestra debe ser sometido al proceso de selección. Permite obtener información complementaria útil para mejorar la exactitud de las diversas encuestas. Además, permite que las encuestas sobre el mismo material sean planificadas de tal modo que las mismas unidades no sean seleccionadas una cantidad excesiva de veces para diferentes encuestas, asunto de cierta importancia cuando la información se obtiene a través de respuestas a cuestionarios.

La muestra maestra más extensa y elaborada, construida hasta ahora es la muestra maestra para la agricultura de los Estados Unidos de América. La construcción de esta muestra fue realizada por el Statistical Laboratory del Iowa State College, en cooperación con el Bureau of Agricultural Economics y el Bureau of the Census (King y Jessen, 1945, C).

Las unidades de muestreo de esta muestra maestra consisten en pequeñas áreas que cubren todos los Estados Unidos. Las unidades tienen un área media de alrededor de 2,5 millas cuadradas, pero varían de acuerdo a su ubicación y a otras circunstancias, fluctuando el área media por estado entre 0,71 y 108 millas cuadradas. Fueron conformadas para que incluyesen como término medio 4, 5 ó 6 predios agrícolas, según el sector del país. Un dieciochoavo de todas las áreas fueron seleccionadas para la muestra maestra.

Todo el suelo de los Estados Unidos fue dividido en tres categorías, denominadas "estratos primarios" en la muestra maestra. Estos estratos primarios son 1) el estrato incorporado, 2) el estrato no incorporado, 3) el estrato a campo abierto. El estrato incorporado se compone de ciudades y pueblos y de lugares no incorporados considerados "urbanos" por el Bureau of the Census. El estrato no incorporado se compone de todos los lugares con nombre fuera de las áreas incorporadas que tienen una población estimada de 100 o más habitantes, y todas las demás áreas que figuran en el mapa y que tienen una densidad de población de 100 personas o más por milla cuadrada.

Las áreas incorporadas fueron definidas por los límites fijados para los que fue posible obtener la ubicación. Las áreas no incorporadas fueron demarcadas en los mapas para dar áreas lo más compactas posible, que a la vez incluyesen todo lo que no parecía ser campo abierto. Sujetos a lo anterior, se eligieron los límites para que pudiesen ser fácilmente identificados en el terreno. En algunos casos, se utilizaron fotografías aéreas para esta labor.

Los mapas generales de carreteras y de transporte mostraban, con diversos grados de exactitud, la ubicación de los predios agrícolas y de otras viviendas en las áreas a campo abierto y, en cierta medida, en las localidades no incorporadas más pequeñas, y se utilizaron, por lo tanto, para demarcar las unidades efectivas de muestreo del estrato a campo abierto. El procedimiento fue el siguiente: se hizo en primer lugar un recuento del número de predios agrícolas y de las unidades no agrícolas en lo que se denominan "unidades de recuento" del mapa. La unidad de recuento consiste en una unidad definida por límites civiles secundarios o por límites naturales, y en general incluía entre 6 y 30 predios agrícolas. Estas unidades de recuento fueron numeradas, y se marcó en el mapa el número de predios agrícolas y el total de viviendas incluyendo los predios agrícolas. También se decidió acerca del número de unidades de muestreo en que se subdividiría cada unidad de recuento, anotándose en el mapa. Para llegar a esta decisión, se tomó en consideración la existencia de límites naturales, etc. Los datos sobre cada unidad de recuento fueron luego registrados en tarjetas perforadas, y se tabularon los totales acumulativos del recuento de viviendas y del número de unidades de muestreo. Estos totales acumulativos fueron utilizados para fijar las unidades de recuento que contenían unidades seleccionadas, eligiéndose un número aleatorio entre 1 y 18 como punto de partida, seleccionándose de allí en adelante la unidad de recuento que contenía cada 18a. unidad de muestreo. Las unidades de recuento que contenían las unidades de muestreo seleccionadas fueron subdivididas luego en el mapa en el número especificado de unidades de muestreo, eligiéndose las subdivisiones de modo que pudieran ser ubicadas en el terreno. Las unidades así demarcadas fueron luego numeradas o contadas en forma sistemática y fueron seleccionadas las unidades de muestreo adecuadas.

Las fotografías aéreas existentes fueron utilizadas en forma extensiva en la demarcación de los límites. En los casos en que no existían límites naturales apropiados en los mapas o fotografías, se amalgamaron dos o más unidades, efectuándose luego en el terreno la subdivisión y la selección aleatoria si cualquiera de las dos unidades resultaba seleccionada.

Se utilizaron procedimientos algo diferentes para los estratos no incorporados e incorporados, que no requieren ser detallados aquí. Para el estrato incorporado se obtuvo información sobre el número de predios agrícolas, etc., del Bureau of the Census.

En su forma final, la muestra maestra proporciona una muestra adecuada tanto para los predios agrícolas como para la población, y también el área territorial de todos los Estados Unidos. Debido a que las unidades de muestreo se componen de áreas, el marco permanecerá completo y adecuado a pesar de cualquier cambio que ocurra con el transcurso del tiempo. La información complementaria proporcionada por el número de predios agrícolas y el número de unidades habitacionales naturalmente se tornará progresivamente más inexacta, pero es probable que sólo se produzcan cambios importantes en áreas limitadas, y la muestra maestra revelará, a medida que se la utiliza, el grado de estas inexactitudes. Por lo tanto, no habrá ninguna dificultad en revisar la muestra cuando sea necesario, en aquellas áreas del país en que han ocurrido cambios extensos, y esto de ninguna manera invalidará la muestra existente para el resto del país.

Se verá que la construcción de una muestra de este tipo constituye una empresa de gran envergadura, y no hay que pensar que resulta necesariamente conveniente una muestra maestra del mismo tipo en otros países en que las condiciones son diferentes. Así, en el Reino Unido los mapas de 6 pulgadas de la Ordnance Survey proporcionan un marco excelente para las encuestas de áreas territoriales, y el registro de predios agrícolas que se mantiene para recoger estadísticas agrícolas proporciona un marco muy completo de los predios agrícolas. Si alguna vez se considerara necesaria una muestra maestra para la agricultura en Gran Bretaña, su construcción podría basarse en este registro y en las respuestas de los campesinos que se adjuntan a éste. La labor de construcción sería, por lo tanto, mucho más sencilla que en el caso de que no existiera semejante registro. Por otra parte, existe la necesidad en el Reino Unido de una muestra maestra adecuada para encuestas localizadas de población. Este problema se discute en la sección siguiente.

#### 4.18 Encuestas localizadas de población

Como ya se señaló en la sección 4.9, a menudo se requieren encuestas que den estimaciones razonablemente exactas para el total del país, pero no para los distritos administrativos pequeños por separado. Estas encuestas tienen que concentrarse en unas pocas localidades, particularmente si son ejecutadas por investigadores en terreno, puesto que de lo contrario la cantidad de viajes resultaría excesiva y la supervisión difícil. Por lo tanto, pueden denominarse encuestas localizadas. Es preciso utilizar un proceso polietápico, estando constituidas las unidades de la primera etapa por distritos administrativos o áreas similares de un tamaño tal que cada unidad seleccionada puede ser abarcada por un solo investigador o por un pequeño equipo de investigadores.

Por lo tanto, lo crucial del problema radica en planificar de tal modo la etapa primaria del proceso de muestreo que el error de muestreo en esta etapa no resulte excesivo. Una consideración secundaria, que no debe dejarse de lado, es que las comparaciones dentro de los estratos deben ser lo suficientemente numerosas para proporcionar una estimación razonable del error de muestreo en la primera etapa.

Obviamente, el uso de la estratificación está indicado. Es preciso que en primer lugar esta estratificación sirva para diferenciar entre las áreas urbanas y rurales y, por consiguiente, el país debe ser dividido en ciudades grandes, en áreas urbanas más pequeñas, y en áreas rurales, de un modo algo parecido al empleado en la muestra maestra de los Estados Unidos. El número de categorías requeridas dependerá del carácter de las ciudades y de las áreas rurales. Junto con esta estratificación se requerirá una fracción variable de muestreo; para la mayoría de las encuestas, probablemente será necesario tomar todos los pueblos muy grandes, pero sólo una proporción de los pueblos intermedios, una proporción menor de los pueblos más pequeños y una aun más pequeña, de las áreas rurales. La estratificación regional de los pueblos más pequeños y de las áreas rurales también puede adoptarse, en la medida de lo posible, en forma paralela a esta estratificación.

No obstante, estos dos tipos de estratificación por sí mismos, probablemente no resultarán del todo adecuados para las áreas urbanas, y puede buscarse alguna forma adicional de estratificación que asegure a) proporciones razonablemente correctas de distintos tipos de áreas industriales y b) proporciones razonablemente correctas de las diferentes clases sociales.

Los métodos que permiten asegurar lo anterior variarán enormemente de acuerdo a las características del país, al tipo de unidad primaria que se adopte y a la cantidad de información que

esté disponible sobre estas unidades primarias. Por lo general, las áreas administrativas son las más adecuadas, desde el punto de vista de la cantidad de información fácilmente disponible, pero no siempre resultan ideales desde el punto de vista del muestreo. En lo que respecta al Reino Unido, las áreas administrativas aparecen como el único tipo de área que se puede utilizar sin que esto signifique una gran cantidad de trabajo preliminar. Probablemente resultarán razonablemente satisfactorias si las corporaciones municipales y los distritos urbanos asociados a las ciudades grandes se tratan como partes de estas ciudades, y se muestrean en forma bastante intensiva. Así, por ejemplo, el muestreo de los diversos sectores de Londres y de sus ciudades suburbanas satélites debe considerarse como un problema especial, aparte del muestreo de las ciudades más pequeñas en otros lugares del país.

El muestreo de la segunda etapa, de las unidades seleccionadas en la primera, probablemente no presentará ningún problema muy serio. En las ciudades muy grandes como Londres, y en áreas rurales dispersas, es probable que se requieran dos o más etapas para evitar el exceso de viajes. A menudo es recomendable ajustar la fracción de muestreo en la etapa final para dar fracciones globales de muestreo iguales, ya que entonces se pueden obtener estimaciones en forma rápida y sencilla. También es importante que en la etapa final exista una nómina adecuada de hogares a ser incluidos en las diferentes muestras, a fin de evitar el uso de un mismo hogar en forma repetida.

Todavía queda mucha labor de investigación por realizar antes de que se pueda plantear con seguridad que probablemente una muestra de esta naturaleza que abarque al Reino Unido resultará satisfactoria para todos los fines, o si se requerirán muestras con diferentes estructuras para diferentes fines. La importancia que tiene investigar la posibilidad de obtener una muestra semejante es evidente. Sin ella, no se pueden realizar encuestas sociológicas y económicas localizadas de la población general con un grado alto, y a la vez determinable, de exactitud.

#### 4.19 La encuesta de empleo de EE.UU.

Uno de los primeros ejemplos de muestra localizada es la instituida en 1939 en los Estados Unidos para proporcionar estadísticas regulares y rápidas sobre el desempleo y sobre la población económicamente activa (Frankel y Stock, 1942, F). La muestra fue modificada y perfeccionada en 1943 (Eckler, 1945 a. F).

En la muestra original, se utilizaron los condados como unidades de muestreo de la primera etapa. Los 3097 condados de los Estados Unidos fueron clasificados y muestreados de la siguiente manera :

	No. total de condados	Porcentaje de población	No. de condados en la muestra
Ciudades.....	9	14	9
Urbanos.....	447	72	28
Rurales.....	2 641	27	27
	3 097	100	54

Los 9 condados de ciudades se refieren a las ciudades de mayor tamaño; todos fueron incluidos en la muestra. Los condados urbanos son los que en 1930 tenían una población de 45 000 y más. En las categorías urbana y rural se adoptó una triple estratificación, cada una compuesta de tres estratos, constituyendo las bases de las tres estratificaciones: la población, las áreas administrativas y el porcentaje de desocupados. Las divisiones entre cada uno de los estratos principales fueron escogidas de modo que a cada estrato principal le correspondiera aproximadamente el mismo número de condados. De este modo hubo 27 subestratos tanto para la categoría urbana como para la rural \*. Se escogió en forma aleatoria un condado de cada uno de estos subestratos, con una excepción en que se escogieron dos condados.

Se utilizó un procedimiento adicional de dos etapas para muestrear las áreas urbanas y rurales dentro de los condados seleccionados. El número de hogares a ser seleccionados de las diversas áreas urbanas y rurales fue distribuido de acuerdo a las cifras censales para esas áreas, lo cual llevó al gradual desarrollo de un sesgo diferencial entre las áreas urbanas y rurales, debido a la tendencia de la población a trasladarse fuera de las áreas rurales.

Los resultados de cada condado individual fueron agregados sin ponderación. Los totales globales fueron luego ponderados según la población del estrato del que fueron obtenidos.

La muestra de cada condado fue cambiada cada 4-6 meses. Esto constituyó un término medio entre tener un grupo constante de hogares, que daría las estimaciones más exactas de los cambios mensuales, y tener nuevos hogares en cada ocasión a fin de evitar

---

\*/ Se observará que el número de condados en los diferentes subestratos no era de ningún modo igual.

las visitas repetidas al mismo hogar. Introdujo una cierta discontinuidad en los resultados, que en la muestra modificada ha sido evitada utilizando un sistema adecuado de reemplazo parcial del tipo que se describe en la Sección 3.18.

En la muestra modificada, que incluía 68 unidades primarias, la distribución de los hogares sobre la base de las cifras de población fue abandonada utilizándose en lugar de ella, áreas pequeñas como unidades de la segunda etapa. Esto elimina los sesgos que resultan de los traslados de la población.

También se introdujeron ciertos refinamientos a fin de mejorar la exactitud de los resultados. La estratificación fue más detallada, efectuándose la selección de las unidades primarias con una probabilidad proporcional a sus poblaciones, mientras que las razones entre las cantidades de hogares que presentaban ciertas características contrastantes, v.g., agrícolas y no agrícolas, fueron ajustadas en cada unidad primaria escogida, a fin de que concordaran con las razones correspondientes en el estrato a que pertenecía la unidad. Este último procedimiento no está enteramente libre del peligro de sesgos. En una unidad con una proporción relativamente pequeña de hogares agrícolas, por ejemplo, cabe esperar que las razones que efectivamente existen sean algo anormales debido a su proximidad a áreas no agrícolas, y, por consiguiente, tales hogares recibirán una ponderación excesiva en los resultados finales.

En ambas muestras, se seleccionó sólo una unidad en cada uno de los estratos de la primera etapa. Aunque esto indudablemente aumenta la exactitud al permitir el uso de estratos más pequeños, tiene como consecuencia el que no se disponga de ninguna estimación del error, totalmente válida. La mejor estimación es la que se obtiene combinando los estratos en pares, aunque probablemente ésta será, en cierta medida, una sobreestimación.

#### 4.20 Marcos apropiados para grupos especiales de población

A menudo se requieren encuestas de grupos especiales tomados de la totalidad de una población humana. Si se dispone de un marco general que cubre a toda la población, se puede utilizar éste para una encuesta de un grupo especial seleccionando una muestra de toda la población, y eliminando a aquellos integrantes que no caen dentro del grupo requerido. Si el propio marco no contiene la información necesaria, será necesario encuestar a todas las unidades de la muestra a fin de averiguar cuáles individuos deben mantenerse y cuáles eliminarse. Si el grupo requerido constituye sólo una fracción pequeña de toda la población, habrá una gran proporción de eliminados y, por lo tanto, en tales casos será necesario invertir una cantidad desproporcionada de trabajo.

Por consiguiente, si se dispone de un marco que abarca solamente el grupo o grupos requeridos, éste debe ser utilizado de preferencia a un marco general. Por ejemplo, en las encuestas sobre la población económicamente activa se pueden utilizar algunas veces registros de seguros de desempleo y otros semejantes. A menudo, estos marcos son hasta cierto punto inadecuados -por ejemplo, no se puede incluir todos los tipos de trabajo en un plan de seguro de desempleo- pero su mayor comodidad con frecuencia pesa más que sus defectos. Ocasionalmente, puede considerarse conveniente cubrir los grupos excluidos por medio de un marco general, aunque sea con una exactitud menor.

A veces, cuando no existe un marco parcial, una encuesta ejecutada con otra finalidad puede proporcionarlo. Así, en una encuesta reciente de los ancianos realizada por el Nuffield Trust en ciertas ciudades del Reino Unido, se utilizaron los registros de una encuesta anterior llevada a cabo por la Encuesta Social de la Oficina Central de Información que cubría todos los hogares para localizar los hogares que incluían a personas de edad.

#### 4.21 Marcos convenientes para encuestas de instituciones económicas

Las encuestas de instituciones económicas pueden dividirse en dos categorías generales: las que cubren la totalidad, o una parte importante, de las empresas comerciales e industriales de una determinada ciudad o país, y las que cubren un tipo único de empresa o industria.

En las encuestas del primer tipo a menudo resulta factible el uso de marcos contruidos a partir de mapas o planos: así, en una encuesta general de las fábricas de una determinada ciudad puede utilizarse un plano de la ciudad, con un muestreo de áreas a partir de este plano. No obstante, como la mayoría de las empresas comerciales e industriales varían enormemente de tamaño, a menudo se requiere una fracción variable de muestreo, seleccionándose una proporción mayor de las empresas grandes. Un mapa no proporciona un marco adecuado para este propósito. Por lo tanto, incluso para las encuestas generales es recomendable utilizar un marco especial para las grandes empresas excluyendo a éstas de la muestra por áreas, que se utiliza solo para cubrir las empresas más pequeñas. Por ejemplo, en una encuesta de las fábricas de una ciudad suele no haber grandes dificultades en la elaboración de una lista de las fábricas más grandes. Si es necesario, se puede ejecutar una encuesta preliminar en terreno, con o sin la ayuda de mapas detallados.

Si se requiere encuestar un tipo particular de empresa o industria, el uso de cualquier forma de muestreo por áreas por lo general resultará insatisfactorio, a menos que las unidades sean pequeñas y estén muy dispersas, como ocurre por ejemplo con las

tiendas minoristas. Incluso, será necesario en este caso establecer una diferenciación entre los centros comerciales y las demás áreas. En otros casos, una lista de todas las unidades del tipo determinado de empresa o industria conformará un marco mucho más adecuado. Para que se pueda utilizar una fracción variable de muestreo, es importante que esta lista contenga alguna indicación sobre el tamaño de las unidades. Si no existe ningún marco satisfactorio de este tipo, a menudo es conveniente efectuar un censo completo, sólo con el fin de construir un marco y de recoger algunos hechos básicos acerca del tipo determinado de empresa o industria. Este tipo de censo es, por lo general, más efectivo si se hace en forma obligatoria.

Cuando el marco que proporciona un censo completo se requiere para encuestas repetidas, es preciso considerar el problema de mantenerlo actualizado. La mejor forma de efectuar esto consiste, por lo general, en mantener un registro de las empresas respectivas y establecer un reglamento que exija la notificación de todos los cambios. Para los propósitos del muestreo, el tipo más importante de cambio que requiere registrarse es el de las nuevas entradas. La no comunicación de otros cambios sólo dará como resultado inexactitudes en el marco.

#### 4.22 Encuestas para investigación de mercados y de opinión pública

La investigación de mercados incluye no sólo la investigación de las reacciones de los consumidores frente a bienes y servicios y campañas publicitarias, sino que también la investigación sobre las necesidades de los consumidores. En el caso de las reacciones de los consumidores, se necesita principalmente información sobre las opiniones, mientras que en las investigaciones sobre las necesidades de los consumidores se requiere además información concreta. Por lo tanto, las encuestas para investigación de mercado pueden efectuarse del mismo modo que las encuestas sociológicas de tipo cuestionario, utilizando los métodos ya descritos.

Esto también se aplica a otras encuestas de opinión pública, pero en muchas de ellas, y también en ciertos tipos de investigaciones sobre las reacciones de los consumidores, los requisitos son algo distinto a los de las investigaciones sociológicas. A menudo, la rapidez es fundamental, y los cambios en el porcentaje de los individuos que sustentan una opinión determinada, frecuentemente son de mayor interés que el valor absoluto de los porcentajes que sustentan esa opinión en un momento dado.

Para satisfacer estos requisitos, y para disminuir los costos a un mínimo, se ha desarrollado el método por cuotas para el

muestreo. Este método es una variante de la selección dirigida. Se le asignan a los entrevistadores cuotas específicas de personas de distintas clases sociales, de diferentes grupos de edades, etc., y se les pide que obtengan el número requerido de entrevistas en cada cuota. A fin de que no se produzca una selección demasiado poco representativa dentro de las cuotas asignadas, a veces se imparten instrucciones adicionales sobre modalidades de contacto, etc. Las entrevistas mismas a veces se realizan mediante visitas casa por casa, a veces entrevistando a personas en la calle y en otros lugares públicos, e incluso a veces por teléfono.

Es evidente que no importa cual sea la exactitud con que se cumplen las cuotas, estas muestras no pueden considerarse como equivalentes a muestras aleatorias. Por consiguiente, siempre está presente el peligro de sesgos, y por lo tanto, hay que descartar el método por cuotas como procedimiento adecuado para realizar investigaciones exactas en que se requieren resultados inseguros. Por otra parte, si hay un cambio en las condiciones, una muestra por cuotas que anteriormente había reproducido en forma adecuada las características de la población, puede dejar de hacerlo. Así, el hecho que un sistema por cuotas haya dado resultados uniformemente confiables a lo largo de un período de varios años no es garantía alguna de que seguirá haciéndolo en el futuro.

Se ha explicado que el notorio fracaso de las encuestas de opinión pública en predecir los resultados de la Elección Presidencial Norteamericana de 1948 -en contraste con éxitos alcanzados anteriormente- se debería a un cambio de opinión durante las semanas finales de la campaña, pero es posible que este fracaso fuese en parte atribuible a deficiencias en el procedimiento de muestreo. Hay consenso de que los votos de los obreros sindicalizados influyeron en el resultado de la elección en mayor medida de lo acostumbrado, y quizá sucedió que, a pesar del sistema de cuotas, las muestras fueran muy deficientes respecto a los obreros industriales y a otros obreros sindicalizados. El hecho de que el sistema por cuotas está destinado a dar la proporción correcta de obreros, o incluso de diferentes categorías de obreros, no asegura necesariamente que los que incluye sean representativos de los obreros en conjunto, con respecto a la forma como votan. Por consiguiente, los resultados en las elecciones en que los diferentes tipos de trabajadores votan de modo muy distinto, pueden ser sesgados.

Por otra parte, el sistema por cuotas, si se usa con habilidad, puede dar resultados suficientemente exactos en encuestas sencillas en que sólo se requiere indicadores generales sobre opiniones. Si las muestras se toman de una misma manera, en diferentes oportunidades, y las circunstancias permanecen iguales en general, este sistema puede proporcionar una medida que no es demasiado inexacta de los cambios de opinión.

#### 4.26 Marcos para áreas subdesarrolladas

Si no se dispone de mapas exactos, la ubicación de áreas pequeñas de muestra previamente demarcadas resultará imposible en el terreno. Por lo tanto, es preciso utilizar métodos alternativos.

Para áreas totalmente no desarrolladas como son los bosques naturales, el método por líneas de muestreo es muy adecuado, siempre que el terreno y la vegetación sean de índole tal que puedan seguirse las líneas, respecto a ciertas orientaciones de la brújula, sin un exceso de desviación. Las distancias en las líneas, pueden ser determinadas mediante algún método de medición sencillo, como por ejemplo una cuerda o incluso midiendo a pasos. Donde se requieran mediciones de volúmenes se pueden demarcar pequeñas áreas a distancias dadas en cada línea.

Se requiere un marco para la ubicación de las líneas. A menudo lo pueden proporcionar caminos u otras sendas ya trazados en mapas, pero también se puede construir un marco secundario a medida que se realiza la encuesta, mediante el uso de transversales y empleando cualquier punto de conexión disponible. Excepto cuando es necesario trazar mapas, no se requiere una gran exactitud en la ubicación de las líneas, ya que sólo es preciso que estén ubicadas en forma no sesgada, con una misma densidad en las diferentes partes del área, o, en el caso de que la densidad no sea igual, que ésta pueda determinarse.

En las áreas en que no se puede seguir una línea con una orientación establecida, cualquiera tentativa de alcanzar una cobertura completa e insesgada resulta necesariamente muy costosa. Sin embargo, a menudo puede obtenerse una muestra de la vegetación natural lo suficientemente insesgada, recorriendo las sendas existentes y tomando áreas de muestra a intervalos adecuados, mediante ordenadas en ángulo recto respecto a las sendas. Si no se dispone previamente de un mapa de estas sendas quizás resulte conveniente construir uno mediante alguna técnica topográfica.

Las encuestas de cosechas en áreas parcialmente desarrolladas, que no cuentan con mapas adecuados, presentan problemas algo distintos. Si las áreas cultivadas están situadas en las cercanías de poblados, probablemente se requerirá un proceso de muestreo en dos etapas, tomando en la primera etapa una muestra de los poblados. Puesto que es probable que el área total de tierra cultivada vinculada a un poblado este íntimamente correlacionada con las cifras de población, éstas (si se conocen) debieran tratarse como información complementaria. Si no se conocen, habría que considerar la posibilidad de ejecutar un censo simultáneo de población, puesto que la información sobre las áreas cultivadas será más valiosa si puede relacionarse con cifras de población. En este caso, el muestreo puede ser en dos etapas, tomándose una muestra mayor para determinar la población.

La encuesta de las áreas cultivadas vinculadas a los poblados seleccionados, exigirá la construcción de marco de segunda etapa. Si el método de muestreo por líneas o por puntos es factible, probablemente éste será el más sencillo para abordar las áreas compactas de cultivo. En este caso, los campos distantes tendrán que ser enumerados y muestreados en forma separada.

En muchos casos, el único método factible será la enumeración de todos los campos, y entonces es conveniente preparar un croquis del área. Se puede medir el área de un cierto porcentaje de los campos enumerados, y determinar las cosechas si esto no se ha podido hacer en la etapa de preparación del croquis. Si se conoce el tipo de cosechas, debe hacerse la estratificación por cosecha antes de seleccionar la muestra de campos cuya área será medida. Un marco de este tipo puede servir, con ciertas revisiones, durante varios años. También servirá para localizar las muestras que se requieren en un plan de estimación de cosechas.

#### 4.31 Determinación del tamaño de la muestra en el caso de muestreo aleatorio simple

Como ya se señaló en el Capítulo 3, el tamaño de la muestra que se requiere para alcanzar una exactitud determinada depende de la variabilidad del material y del grado en que sea posible eliminar los diferentes componentes de esta variabilidad, del error de muestreo. En esta sección y en la siguiente, describiremos el procedimiento adecuado para determinar el tamaño de una muestra aleatoria, e indicaremos la relación general entre los errores de una muestra aleatoria y los de otros tipos de muestra. Dejaremos para el Capítulo 8, en que se discute la exactitud comparativa de los diversos tipos de muestreo, la consideración detallada de los tipos más complicados de muestreos.

En la discusión del tamaño de la muestra, es necesario definir el concepto de error estándar. Como ya se explicó en la Sección 3.7, el error estándar de muestreo de una estimación, es una medida de la magnitud media del error del muestreo aleatorio que cabe esperar en esa estimación. También indica la frecuencia con que se puede esperar que ocurran errores de diversas magnitudes (Sección 7.3). En términos generales, un tercio de los errores de muestreo efectivos será mayor que el error estándar, y un vigésimo será mayor que el doble del error estándar.

En el caso de una muestra aleatoria simple de una población grande, la fórmula para el error estándar en la estimación de la proporción de unidades de un tipo determinado, es decir, que tiene un atributo determinado, es muy sencilla \*. Si es la proporción

\*/ El ajuste para el muestreo de poblaciones finitas, que se requiere cuando la población no es grande en relación a la muestra, se presenta en la Sección 8.1.

de unidades del tipo determinado en toda la población, y  $Q = 1 - P$  es la proporción que no es del tipo determinado, el error estándar de la proporción de unidades del tipo determinado en una muestra aleatoria de  $n$  unidades (que proporciona una estimación  $p$  de  $P$ ) es dado por :

$$\text{error estándar de } p = \sqrt{\frac{P Q}{n}}$$

La fórmula permanece invariable si las proporciones son reemplazadas por porcentajes. Así :

$$\text{error estándar de } (p\%) = \sqrt{\frac{P(\%) Q(\%)}{n}}$$

La línea completa del gráfico 7.4 proporciona una representación gráfica de los errores estándar que da esta fórmula. Si el 20 por ciento de las unidades de la población son del tipo determinado, por ejemplo, el error estándar del porcentaje de unidades en una muestra de 100 es :

$$\sqrt{\frac{20 \times 80}{100}} = 4.0$$

que es el valor dado por la línea completa. Así, se obtendrán estimaciones en el rango  $20 \pm 4$  por ciento, es decir, entre 16 y 24 por ciento, en los dos tercios de todas las muestras de 100 unidades, y se obtendrán estimaciones en el rango  $20 \pm (2 \times 4)$  por ciento, es decir entre 12 y 28 por ciento, en diecinueve vigésimos de todas las muestras. Si se toma una muestra de 1000, el error estándar será de 1,26 y se obtendrán estimaciones entre -- 18,7 y 21,3 por ciento en dos tercios de las muestras (Sección 7.4).

Al tratar las estimaciones de cantidades tales como medias y totales, es mejor trabajar en términos de los errores estándar porcentuales. El error estándar porcentual de la estimación de una cantidad es el error estándar de la estimación expresado como porcentaje del valor de la cantidad verdadera.

El error estándar porcentual de la estimación del número total de unidades que tienen el atributo determinado en la población

es igual que el error estándar porcentual de  $p$ . A partir de la fórmula anterior, vemos que este error estándar porcentual es dado por :

$$\text{error estándar porcentual} = 100 \sqrt{\frac{Q}{nP}} = 100 \sqrt{\frac{Q(\%)}{nP(\%)}}$$

En el gráfico 7.4 los errores estándar porcentuales dados por esta fórmula están representados por la línea punteada.

En la población en que el 20 por ciento de las unidades poseen el atributo determinado, por ejemplo, el error estándar porcentual con una muestra de 100 es \*

$$100 \sqrt{\frac{80}{100 \times 20}} = 20 \text{ por ciento}$$

Si hay 10 000 unidades en toda la población, 2000 poseerán el atributo determinado. El error estándar de una estimación de este número a partir de una muestra de 100 será por lo tanto ---  $2000 \times 20/100 = 400$ , es decir, en dos tercios de las muestras se obtendrán estimaciones entre 1 600 y 2 400 .

La fórmula puede escribirse nuevamente para que dé el número  $n$  que se requiere para la muestra cuando se conoce el error estándar requerido de  $P$  o el error estándar porcentual requerido.

Tenemos :

$$n = \frac{P Q}{(\text{error estándar de } p \text{ requerido})^2}$$

$$= \frac{10,000 Q}{P(\text{error estándar porcentual requerido})^2}$$

Las proporciones  $P$  y  $Q$  y  $p$  pueden ser reemplazadas por los porcentajes correspondientes sin cambio.

\*/ Este resultado también se puede obtener directamente a partir del error estándar real del porcentaje, que es  $100 \times 1/20$ , es decir, 20 por ciento.

Por ejemplo si muestreamos una población en la que se cree que alrededor del 20 por ciento de las unidades son de un tipo determinado, se requiere determinar este porcentaje con un error estándar del 1 por ciento (es decir, un error estándar porcentual del 5 por ciento), tendremos que tomar una muestra con un número de unidades dado por :

$$n = \frac{20 \times 80}{1^2} = \frac{10,000 \times 80}{20 \times 5^2} = 1\ 600$$

Estas fórmulas rigen solamente para una muestra aleatoria en que las unidades de muestreo son las unidades para las que se requiere estimar la proporción que tiene un atributo determinado. Al muestrear una población humana, por ejemplo, la unidad de muestreo puede ser el hogar y no el individuo. En este caso, los errores estándar de las proporciones de individuos determinados a partir de la muestra serán mayores -a menudo considerablemente mayores- que los que se obtienen al hacer  $n$  igual al número de individuos en las fórmulas anteriores (Sección 7.7 y ejemplo -- 7.8 b).

Las fórmulas correspondientes para una característica cuantitativa son igualmente sencillas. Para estimar la media o el total a partir de una muestra aleatoria de  $n$  de una población numerosa, tenemos :

$$\text{Error estándar porcentual} = \frac{\text{Desviación estándar porcentual de una unidad}}{\sqrt{n}}$$

$$n = \frac{(\text{Desviación estándar porcentual de una unidad})^2}{(\text{Error estándar porcentual requerido})^2}$$

Para emplear estas fórmulas necesitamos una estimación  $s$ , la desviación estándar (o error estándar) de una unidad en términos porcentuales. La desviación estándar de una unidad es la medida de la variabilidad de las unidades entre ellas, y puede determinarse a partir de una distribución de frecuencias de los valores unitarios. El cuadro 7.1 da un ejemplo de una distribución de frecuencias semejante, y el ejemplo 7.1b da el método para calcular la desviación estándar a partir de esta distribución. Para estos datos (ingresos familiares)  $s^2 = 276\ 290$  y por lo tanto,  $s = 526$ . El valor de la media es 1629,1 y la des-

viación estándar porcentual es por lo tanto  $100 \times 526/1629,1 = 32.3$ . El número requerido en la muestra para dar un error estándar de un 5 por ciento en la estimación del ingreso promedio por familia es:

$$n = \frac{32 \cdot 3^2}{5^2} = 42$$

Para un error estándar de un 1 por ciento, el número sería 1050.

Un cálculo similar del número de acres de trigo, de la muestra aleatoria de los predios agrícolas de Hertfordshire (Cuadro 7.2), ya descritos en la Sección 3.7, es dado por el Ejemplo 7.2b. En este caso,

$$s = \sqrt{1351.4} = 36.8 .$$

El número medio de acres de trigo por predio agrícola es 18,6 y la desviación estándar porcentual es por lo tanto  $100 \times 36,8 / 18,6 = 198$ . El error estándar porcentual es aquí muy elevado porque hay un gran número de predios agrícolas en que el cultivo de trigo es escaso o nulo. Para determinar el número total de acres de trigo de un área con un error estándar de un 5 por ciento, a partir de una muestra aleatoria de predios agrícolas, requeriremos por lo tanto,  $198^2/5^2 = 1570$  predios agrícolas.

En las fórmulas anteriores vemos que los errores estándar de las estimaciones derivadas de muestras aleatorias de distintos tamaños, tomadas de la misma población, son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de las cantidades en las muestras. A la inversa, para reducir los errores estándar de los resultados en una proporción determinada, necesitamos aumentar el tamaño de la muestra por el cuadrado de la proporción. Así, para disminuir los errores estándar de los resultados a la mitad hay que multiplicar el tamaño de la muestra por 4.

#### 4.32 Algunas reglas generales sobre el tamaño de la muestra

De la discusión anterior se desprende que el cálculo del tamaño de la muestra, que se requiere para alcanzar una exactitud dada, es un asunto relativamente sencillo cuando se toma una muestra aleatoria. Con los tipos más complicados de muestreo los cálculos son también más complicados, y es preciso conocer mejor el material que se muestrea.

Sin embargo, el cálculo de la exactitud que alcanzaría una muestra aleatoria, a menudo sirve de guía preliminar respecto al tamaño de la muestra que probablemente se requiera para los tipos más complicados de muestreo. Si sólo se considera un tipo de unidad de muestreo, la reducción en las cantidades de unidades requeridas con los tipos más complicados de muestreo, es determinada por la fracción de la variabilidad total que se elimina mediante la aplicación de restricciones tales como la estratificación, y mediante el uso de información complementaria. Con frecuencia se puede obtener una idea aproximada de la probable reducción, a partir de un conocimiento general de las características del material. Así, en una encuesta diseñada para determinar el número de acres de una cosecha, en que se utilizan los predios agrícolas como unidades de muestreo, puede esperarse que la estratificación por tamaño de los predios y el uso de una fracción variable de muestreo junto con esta estratificación significarán cada uno un considerable aumento de la exactitud en relación a una muestra aleatoria. Esto lo confirman los resultados ya dados en la Sección 3.7.

Cuando se consideran unidades de muestreo de tipos diferentes o de tamaños alternativos, la situación se complica, como lo demuestran los resultados ya presentados en la Sección 3.11. Esto rige también para el muestreo polietápico.

Las siguientes reglas generales pueden resultar valiosas. Las reglas 1 a 5 pueden ser aplicables en el caso en que solamente se considera un tipo de unidad de muestreo, las reglas 6 y 7 en el caso en que se considera más de un tipo de unidad de muestreo.

- 1) En general, se puede esperar que el uso de la estratificación, de una fracción variable de muestreo o de información complementaria aumentará la exactitud. Por consiguiente, el cálculo del número de unidades requeridas en el caso de una muestra aleatoria, da un límite superior al número de unidades requeridas en cualquier forma razonable de muestreo que utilice las mismas unidades de muestreo.
- 2) La estratificación sólo aumentará substancialmente la exactitud si existen diferencias marcadas entre los diferentes estratos. Por lo general, los aumentos son mayores respecto a las características cuantitativas que respecto a las características cualitativas, es decir, los atributos (Cuadro 3.7.b).
- 3) Una fracción variable de muestreo puede aumentar enormemente la exactitud, cuando hay una gran variedad de tamaños entre las unidades, o en forma más general una gran variabilidad entre un estrato y otro. Las fraccio-

nes que aumentan la exactitud respecto a las características cuantitativas, pueden hacerla disminuir respecto a las características cualitativas (Cuadro 3.7.b).

- 4) El uso de información complementaria puede aumentar enormemente la exactitud en casos apropiados, y a menudo sirve como alternativa para la estratificación (Cuadro 3.7.b).
- 5) Puesto que debe haber por lo menos una unidad por estrato, se puede lograr una estratificación más detallada con muestras más grandes. En tales circunstancias, el aumento de la exactitud con el tamaño, cada vez mayor, de la muestra será más rápido de lo que indica la ley de las raíces cuadradas. A la inversa, para muestras de una exactitud determinada puede disminuir la utilidad de la estratificación, por el hecho de que la reducción en el tamaño de la muestra requiere un aumento en el tamaño de los estratos (Sección 8.15).
- 6) Si las unidades de muestreo de Tipo A se componen de un conjunto de unidades de muestreo de Tipo B (v.g., hogares e individuos); el uso de unidades de muestreo de tipo A en lugar de unidades de tipo B, suele tener como resultado una exactitud menor para una cantidad determinada de material en la muestra (Cuadro 3.11.b y Ejemplo 7.8.b).
- 7) Si se utiliza un muestreo polietápico, se requerirán más unidades en la etapa final, que en el caso del muestreo de una sola etapa (Cuadros 3.7.b y 3.11.b).

Todas las reglas anteriores son solo indicativas. Las ganancias cuantitativas en exactitud o la reducción en el número de unidades requeridas en cualquier caso particular deben ser evaluadas por los métodos que se describen en el Capítulo 8. La decisión final en cuanto al tipo de muestreo a adoptar depende necesariamente de la exactitud relativa de los diversos métodos y de sus costos relativos.

Es conveniente que en la etapa de planificación se considere, en lo posible, la forma en que se deben presentar los resultados. En las encuestas más detalladas, en especial en las de tipo exploratorio y de investigación, los propios resultados sugerirán en parte la forma en que deben ser presentados, pero en los tipos sencillos de encuesta se puede especificar a menudo su presentación en forma muy detallada. Esto es una ayuda para verificar que la muestra sea lo suficientemente grande para cubrir adecuadamente los campos requeridos de estudio.

#### 4.33 Encuestas piloto y exploratorias

Por lo expresado en las secciones anteriores de este capítulo, resultará evidente que existen innumerables puntos respecto a los cuales sólo se puede llegar a decisiones adecuadas luego de realizadas investigaciones preliminares en la forma de encuestas piloto. Respecto a un material del que no se sabe nada inicialmente, como por ejemplo en las encuestas de territorios no desarrollados, es posible que se requiera una encuesta exploratoria preliminar, antes de que se pueda llevar a cabo una encuesta piloto propiamente dicha. Además de proporcionar información general, esta encuesta exploratoria puede utilizarse para construir un marco de la primera etapa.

La encuesta piloto tiene dos objetivos principales: en primer lugar, proporcionar información sobre los diversos componentes de variabilidad a que está sujeto el material y, segundo, desarrollar procedimientos en terreno, someter a prueba los cuestionarios y formar investigadores. La encuesta piloto puede también proporcionar datos para estimar los diversos componentes de costo de las diferentes operaciones involucradas en la encuesta, v.g., tiempo de cada entrevista, tiempo que demandan los viajes, etc. El conocimiento de tales costos se necesita, no sólo como base para las estimaciones generales de costo, sino que también para determinar qué tipo e intensidad de muestreo serán los más eficientes.

Otra función que cumplen las encuestas piloto consiste en determinar el tipo y tamaño más efectivos de unidad de muestreo. Por ejemplo, en una encuesta sobre recolección de cosechas, que involucra cosechar áreas pequeñas, quizá se requiere determinar el mejor tamaño y forma de estas áreas. Para investigar la variabilidad de los distintos tipos y tamaños de unidad, es necesario poder formar conjuntos que representen a las unidades más grandes que son de interés. Así, si están en estudio áreas que fluctúan entre, digamos, 1/2 pie x 1 pie y 3 pies x 3 pies, es necesario, o por lo menos es preferible, cosechar áreas distribuidas en forma aleatoria de 3 x 3 pies en secciones de 1/2 x 1 pie. (Sección 8.14).

Habitualmente, no se requerirán encuestas piloto para un material respecto al cual existe una considerable experiencia previa en relación a encuestas, puesto que cada encuesta proporciona información sobre la variabilidad del material encuestado, y ésta puede a menudo utilizarse en la planificación de otras encuestas. Así, el Censo de Bosques de 1942 (Sección 4.25) fue proyectado sobre la base de experiencias obtenidas en el Censo de Bosques de 1938-39. Sin embargo, incluso en estos casos, deben ensayarse los nuevos cuestionarios y los nuevos métodos de observación y de medida en una muestra más o menos aleatoria del material, antes de ser puestos en operación.

El ensayo del procedimiento en terreno por medio de una encuesta piloto se discute en el Capítulo 5. Su planificación no requiere comentarios especiales. La planificación de una encuesta piloto para que proporcione información pertinente sobre los diversos componentes de variación es algo más complicada. Los puntos más sutiles quedarán en plena evidencia luego que se discuta la estimación de la eficiencia (Capítulo 8), pero aquí se pueden plantear algunos de los puntos más fundamentales.

A primera vista, podría creerse que una muestra totalmente aleatoria sería una forma satisfactoria de muestra para una encuesta piloto. Sin embargo, esto no es necesariamente así. Como ejemplo sencillo, podemos considerar la encuesta de un material en que probablemente resultará apropiado el uso de una muestra estratificada. En este caso será necesario determinar los componentes de la variación dentro de los estratos. Esto sólo puede hacerse a partir de una muestra totalmente aleatoria, si la muestra es lo suficientemente grande en relación al número de estratos para que la mayoría de éstos contengan por lo menos dos unidades.

Esta dificultad puede superarse adoptando alguna forma de muestreo polietápico, de modo que toda la muestra piloto se concentre en algunos de los estratos. La etapa primaria de este procedimiento polietápico no tiene necesariamente que ser muy rigurosa. Así, en una encuesta que abarca una población humana concentrada en poblados, puede resultar mucho más conveniente utilizar ciertos poblados para la encuesta piloto en lugar de otros. Siempre que se conozca lo bastante de estos poblados para indicar que son suficientemente típicos, no existe una objeción seria para su uso. En forma semejante, en el muestreo por áreas puede que sea suficiente limitar la encuesta a los distritos que están convenientemente situados con respecto a la sede principal y regional, siempre que exista una cierta seguridad de que los diferentes tipos de distritos están adecuadamente representados.

Dentro de las ciudades o áreas seleccionadas para la encuesta piloto se puede realizar una encuesta bastante intensiva. Si es necesario, puede introducirse una etapa adicional en el proceso de muestreo. Así, la encuesta puede limitarse a una selección de manzanas de una ciudad, en lugar de cubrir en forma somera toda la ciudad. Por este medio, se pueden obtener datos que cubren las áreas seleccionadas con una densidad del mismo orden que el que se adoptará en la encuesta final. Al hacer esto, se puede estudiar en forma efectiva los diversos tipos y tamaños posibles de estratos.

La concentración de la muestra piloto en áreas seleccionadas no debe llevarse a extremos. Es mejor cubrir en forma adecuada una muestra representativa de los datos, que cubrir en forma muy detallada secciones pequeñas y posiblemente no representa

tiva de ellos. En todo caso, no se requerirá una cobertura detallada si el material es de índole tal que se sabe que no son factibles los estratos muy pequeños, o que su valor es nulo.

Cuando se tiene que investigar las posibilidades del muestreo polietápico, el problema de diseñar una encuesta piloto resulta más difícil. El componente de variabilidad que rige el error de muestreo para toda la población, es la variabilidad de las unidades de la primera etapa (Sección 7.17). Sólo si en la muestra piloto está representado un número adecuado de unidades de la primera etapa, será posible hacer un cálculo confiable de su variabilidad. Por otra parte, es preciso seleccionar las unidades de la primera etapa en forma aleatoria, dentro de los estratos de la primera etapa que finalmente serán adoptados.

Por este motivo, se requiere una encuesta piloto mucho más extensiva para una encuesta polietápica, a fin de obtener una estimación preliminar confiable del error de muestreo. En las encuestas en que se utiliza un número comparativamente escaso de unidades de la primera etapa, como son las encuestas localizadas de poblaciones humanas (Sección 4.18), probablemente no resultará factible la determinación previa de la exactitud esperada de los datos de la encuesta piloto. Habrá que confiar entonces en experiencias previas, o en estimaciones del error a partir de datos disponibles con anterioridad. Sin embargo, esto no es tan grave como parece a primera vista, puesto que las muestras polietápicas, con un número relativamente escaso de unidades en la primera etapa, en general se utilizan con mayor frecuencia en encuestas de investigación, o en las encuestas que se repiten cada cierto tiempo. En tales casos, las primeras encuestas realizadas pueden utilizarse para proporcionar datos sobre los diversos componentes de la variación, y si es necesario, puede modificarse el diseño a la luz de esta información.

Incluso si no es posible determinar el error de muestreo de la primera etapa por medio de una encuesta piloto, se puede realizar este tipo de encuesta para proporcionar información confiable sobre los errores que se pueden esperar en las etapas segunda y siguientes. Esto permitirá planificar la encuesta de modo de obtener la exactitud necesaria respecto a las comparaciones entre las unidades de la primera etapa que, en las encuestas de este tipo, frecuentemente forman importantes campos de estudio.

Es poco probable que valga la pena realizar complicadas encuestas piloto, en el caso de encuestas a pequeña escala. Lo mejor suele ser iniciar la labor de la encuesta misma, incluso si el diseño adoptado no es tan eficiente como podría serlo si se emprendiera primero una encuesta piloto completa. Si es necesario realizar una serie de encuestas a pequeña escala de tipo similar, las primeras encuestas actuarán como encuestas piloto para las encuestas posteriores, cuyo diseño puede ser modificado a la luz de las experiencias obtenidas.

Fórm. 430-150, Octubre de 1973





