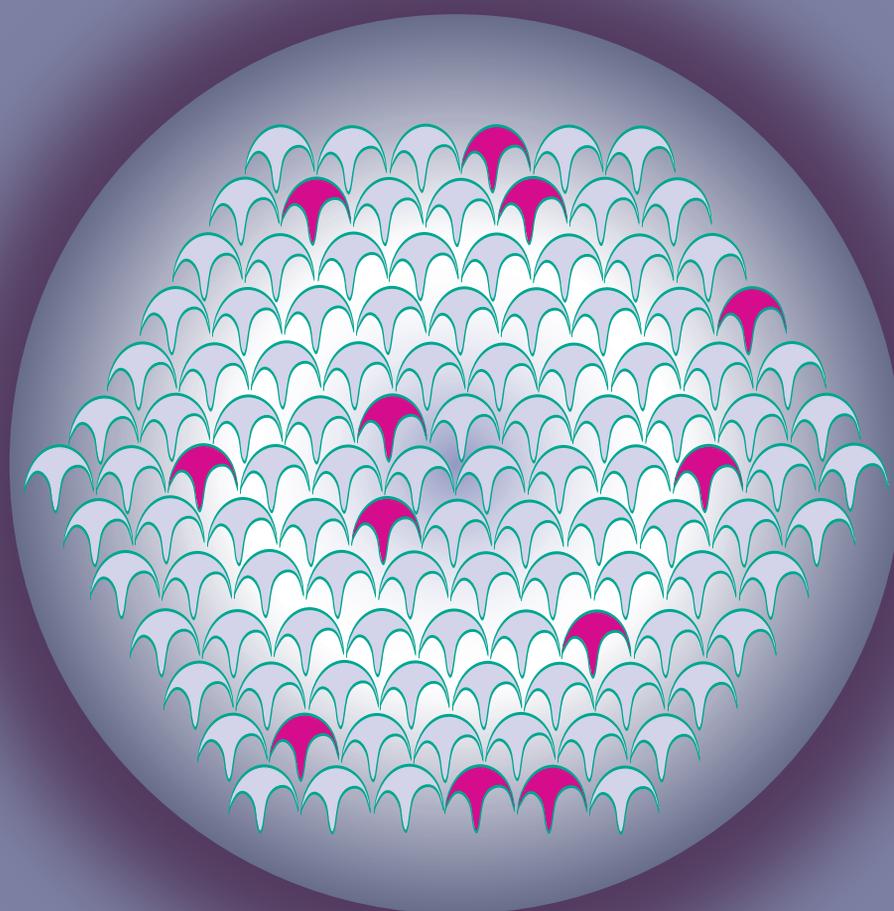


A s u n t o s e c o n ó m i c o s

y
s
o
c
i
a
l
e
s

Diseño de muestras para encuestas de hogares

Directrices prácticas



Naciones Unidas

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales
División de Estadística

Estudios de métodos

Serie F No. 98

Diseño de muestras para encuestas de hogares: directrices prácticas



Naciones Unidas
Nueva York, 2009

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría de las Naciones Unidas desempeña un papel vital como enlace entre las políticas económicas, sociales y ambientales mundiales en las acciones que tienen lugar en el ámbito nacional. El Departamento lleva a cabo su labor en tres áreas principales e interrelacionadas: i) recopila, genera y analiza una amplia gama de datos e información económica, social y ambiental, a la que recurren los Estados Miembros de las Naciones Unidas para examinar problemas comunes y evaluar las opciones de política; ii) facilita las negociaciones de los Estados Miembros en numerosos órganos intergubernamentales orientadas a adoptar acciones conjuntas para abordar los problemas mundiales actuales o nacientes, y iii) asesora a los gobiernos interesados sobre la forma de plasmar los marcos normativos elaborados en las conferencias y cumbres de las Naciones Unidas en programas de carácter nacional y, a través de la asistencia técnica, ayuda a fortalecer las capacidades nacionales.

Nota

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen publicados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados, ni de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

En la presente publicación la palabra “país” también hace referencia, cuando corresponde, a territorios o zonas.

Se recurre a los calificativos de países, territorios o regiones “más desarrollados”, “menos desarrollados” y “menos adelantados” únicamente para facilitar la presentación estadística, pero esta denominación no entraña necesariamente juicio alguno sobre la fase del proceso de desarrollo a que puede haber llegado un país o territorio dado.

Los símbolos de los documentos de las Naciones Unidas se componen de letras en mayúscula combinadas con cifras. La mención de un símbolo de este tipo indica una referencia de un documento de las Naciones Unidas.

ST/ESA/STAT/SER.F/98

ISBN 978-92-1-361236-1

Publicación de las Naciones Unidas

Copyright © Naciones Unidas, 2008

Reservados todos los derechos

Prefacio

El objetivo principal de *Diseño de muestras para encuestas de hogares: directrices prácticas* es ofrecer un manual que englobe en una sola publicación las cuestiones primordiales relacionadas con el diseño de muestras para encuestas y que pueda ser consultado con comodidad por estadísticos, investigadores y analistas nacionales en activo implicados en las labores y actividades de encuestas por muestreo en países. En este manual se emplean técnicas metodológicamente adecuadas basadas en la estadística que llevan consigo el uso del muestreo probabilístico en cada fase del proceso de selección de muestras. Una encuesta de hogares bien diseñada y correctamente realizada puede generar de forma rápida y a un coste relativamente bajo información útil y de suficiente calidad y exactitud.

Los contenidos de la presente publicación también pueden utilizarse, en cierta medida, como guía de capacitación en cursos de introducción al diseño de muestras en las diversas instituciones de formación estadística que imparten cursos de estadística aplicada y, en concreto, de metodología de encuestas.

Asimismo, esta publicación se ha concebido con el objetivo de complementar otras publicaciones de las Naciones Unidas relacionadas con la metodología de encuestas por muestreo, como la reciente publicación titulada *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición** y la serie del Programa para desarrollar la capacidad nacional de efectuar encuestas por hogares (PDCNEEH).

Los objetivos del presente manual son, de forma más específica, los siguientes:

- a) Proporcionar en una sola publicación conceptos básicos y procedimientos metodológicamente adecuados para diseñar muestras destinadas, en particular, a encuestas de hogares a escala nacional, poniendo especial énfasis en los aspectos aplicados del diseño de muestras de hogares.
- b) Ofrecer a los profesionales del ámbito de las encuestas una guía práctica para diseñar y realizar encuestas de hogares por muestreo eficaces.
- c) Ilustrar la interrelación entre diseño muestral, recopilación de datos, estimación, procesamiento y análisis.
- d) Poner de relieve la importancia de controlar y reducir los *errores no muestrales* en encuestas de hogares por muestreo.

A pesar de que para utilizar el manual se requieren nociones básicas de muestreo, los usuarios con conocimientos básicos de estadística y matemáticas pueden utilizarlo y aplicar el contenido sin apenas o ninguna ayuda, ya que uno de los objetivos prioritarios del manual consiste en exponer el material en un formato práctico e intuitivo sin entrar a fondo en los aspectos teóricos del muestreo, aunque cuando se ha estimado necesario se han incluido los apuntes teóricos oportunos. Sin embargo, en

* Estudios de métodos No. 96 (Publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.05.XVII.6).

términos generales, se prevé que unas nociones básicas de álgebra bastarían para poder seguir la exposición con facilidad y aplicar las técnicas. Además, se han incluido numerosos ejemplos, que ilustran los conceptos, las técnicas y los métodos expuestos.

En la elaboración del manual ha intervenido un gran número de expertos. El Sr. Anthony Turner, consultor en muestreo, se encargó de redactar los capítulos 3, 4 y 5 y revisar el documento completo una vez acabado; el Sr. Ibrahim Yansaneh, subdelegado de la División del Costo de la Vida de la Comisión Internacional del Servicio Civil, elaboró los capítulos 6 y 7; y el Sr. Maphion Jambwa, estadístico de la Secretaría de la Comunidad de África Meridional para el Desarrollo, se hizo cargo del capítulo 9.

El Sr. Jeremiah Banda, de la División de Estadística de las Naciones Unidas, que ejerció de redactor jefe y coordinador técnico del proyecto, elaboró los capítulos 1, 2 y 8 y el anexo I. La Sra. Clare Menozzi colaboró en la elaboración del primer borrador de varios capítulos, y la Sra. Bizugenet Kassa y la Sra. Pansy Benjamin aportaron su inestimable colaboración en el procesamiento de los textos y en la unificación de los formatos respectivamente.

Las versiones provisionales de los textos fueron revisadas por un grupo de expertos en una sesión celebrada por la División de Estadística del 3 al 5 de diciembre de 2003 en Nueva York. La lista de participantes se incluye en el anexo II. Asimismo, el manual fue sometido a una revisión por homólogos a cargo del Dr. Alfredo Bustos, la Sra. Ana María Landeros y el Sr. Eduardo Ríos, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de México (INEGI), que aportaron comentarios de gran valor.

PAUL CHEUNG

Director

División de Estadística

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales

Naciones Unidas

Índice

	<i>Página</i>
Prefacio	iii
Capítulo 1	
Fuentes de datos para estadísticas sociales y demográficas	
1.1. Introducción	1
1.2. Fuentes de datos	1
1.2.1. Encuestas de hogares	1
1.2.2. Censos de población y vivienda	4
1.2.3. Registros administrativos	5
1.2.4. Complementariedades de las tres fuentes de datos	6
1.2.5. Observaciones finales	7
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	8
Capítulo 2	
Planificación y realización de las encuestas	
2.1. Planificación de las encuestas	9
2.1.1. Objetivos de una encuesta	9
2.1.2. Universo de la encuesta.	11
2.1.3. Información para recopilar	12
2.1.4. Presupuesto de la encuesta	12
2.2. Ejecución de las encuestas.	12
2.2.1. Métodos de recopilación de datos.	12
2.2.2. Diseño del cuestionario	18
2.2.3. Plan de tabulación y análisis.	20
2.2.4. Ejecución sobre el terreno.	21
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	24
Capítulo 3	
Estrategias de muestreo	
3.1. Introducción	25
3.1.1. Panorama general.	25
3.1.2. Glosario de muestreo y términos relacionados	27
3.1.3. Notaciones	29
3.2. El muestreo probabilístico frente a otros métodos de muestreo para encuestas de hogares	30
3.2.1. El muestreo probabilístico	30
3.2.2. Métodos de muestreo no probabilístico	32
3.3. Determinación del tamaño de la muestra para encuestas de hogares.	35
3.3.1. Magnitudes de las estimaciones de la encuesta	35

	<i>Página</i>
3.3.2. Población objetivo	36
3.3.3. Precisión y confianza estadística	36
3.3.4. Grupos de análisis: campos.	37
3.3.5. Efectos de la conglomeración	40
3.3.6. Ajustar el tamaño de la muestra a la falta de respuesta prevista.	41
3.3.7. Tamaño de la muestra para muestras maestras	41
3.3.8. Estimación del cambio o nivel	41
3.3.9. Presupuesto de la encuesta	42
3.3.10. Cálculo del tamaño de la muestra.	42
3.4. Estratificación	45
3.4.1. Estratificación y asignación de la muestra	45
3.4.2. Normas de estratificación	46
3.4.3. Estratificación implícita	47
3.5. Muestreo por conglomerados	48
3.5.1. Características del muestreo por conglomerados.	48
3.5.2. Efecto de conglomeración.	50
3.5.3. Tamaño del conglomerado	51
3.5.4. Cálculo del efecto del diseño (<i>deff</i>).	52
3.5.5. Número de conglomerados.	52
3.6. Muestreo en etapas	53
3.6.1. Ventajas del muestreo en etapas	53
3.6.2. Uso de etapas ficticias.	54
3.6.3. El diseño en dos etapas.	56
3.7. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño y con probabilidad proporcional al tamaño estimado.	57
3.7.1. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño.	57
3.7.2. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado	60
3.8. Opciones de muestreo.	61
3.8.1. Muestreo con igual probabilidad, muestreo con probabilidad proporcional al tamaño, muestreo con tamaño fijo y tasa fija	62
3.8.2. Encuestas demográficas y de salud (DHS)	65
3.8.3. Diseño por conglomerados modificado: encuestas por conglomerados de indicadores múltiples (MICS)	66
3.9. Cuestiones especiales: muestras en dos fases y muestreo para la estimación de tendencias	68
3.9.1. Muestreo en dos fases.	68
3.9.2. Muestreo para la estimación del cambio o tendencia	70
3.10. Cuando falla la ejecución	72
3.10.1. Definición y cobertura de la población objetivo	72
3.10.2. Muestra excesivamente grande para el presupuesto de la encuesta	73
3.10.3. Tamaño del conglomerado mayor o menor de lo previsto.	73
3.10.4. Gestión de los casos de falta de respuesta	74
3.11. Resumen de directrices	74
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	76

Capítulo 4

Marcos muestrales y muestras maestras

4.1. Marcos muestrales de las encuestas de hogares	79
4.1.1. Definición de marco muestral	79

	<i>Página</i>
4.1.2. Propiedades de los marcos muestrales	80
4.1.3. Marcos de área	82
4.1.4. Marcos de lista	83
4.1.5. Marcos múltiples	84
4.1.6. Marco(s) típico(s) de los diseños en dos etapas	86
4.1.7. Marcos muestrales maestros	86
4.1.8. Problemas comunes de los marcos y soluciones propuestas	87
4.2. Marcos muestrales maestros	90
4.2.1. Definición y uso de una muestra maestra	90
4.2.2. Características ideales de las unidades primarias de muestreo de un marco muestral maestro	91
4.2.3. Uso de marcos maestros para sostener las encuestas	92
4.2.4. Asignación por campos (regiones administrativas, etc.)	94
4.2.5. Mantenimiento y actualización de muestras maestras	94
4.2.6. Rotación de las unidades primarias de muestreo de las muestras maestras	95
4.3. Resumen de directrices	102
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	103

Capítulo 5

Documentación y evaluación de diseños muestrales

5.1. Introducción	105
5.2. Necesidad y tipos de documentación y evaluación de la muestra	106
5.3. Etiquetas de las variables del diseño	106
5.4. Probabilidades de selección	106
5.5. Tasas de respuesta y tasas de cobertura en las diversas etapas de selección de la muestra.	107
5.6. Ponderación: ponderaciones básicas, falta de respuesta y otros ajustes.	110
5.7. Información sobre los costos de realización del muestreo y la encuesta	110
5.8. Evaluación: limitaciones de los datos de la encuesta	111
5.9. Resumen de directrices	113
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	114

Capítulo 6

Construcción y uso de ponderaciones de la muestra

6.1. Introducción	115
6.2. La necesidad de las ponderaciones de la muestra.	115
6.2.1. Panorama general	116
6.3. Desarrollo de las ponderaciones de la muestra.	116
6.3.1. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en casos de admisibilidad desconocida.	117
6.3.2. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en caso de duplicación	118
6.4. Ponderación para compensar la probabilidad desigual de selección.	118
6.4.1. Estudio de caso sobre la construcción de ponderaciones: Encuesta Nacional de Salud de Viet Nam, 2001.	122
6.4.2. Muestras autoponderadas	123
6.5. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en función de la falta de respuesta	123
6.5.1. Reducción de la falta de respuesta en las encuestas de hogares	124
6.5.2. Compensación de la falta de respuesta	124
6.5.3. Ajustes de ponderaciones de la muestra en función de la falta de respuesta.	125

	<i>Página</i>
6.6. Ajuste de las ponderaciones de la muestra en función de la falta de cobertura.	127
6.6.1. Causas de la falta de cobertura en las encuestas de hogares.	127
6.6.2. Compensación de la falta de cobertura en las encuestas de hogares	128
6.7. Aumento de la varianza de muestreo a causa de la ponderación	129
6.8. Reducción de las ponderaciones	130
6.9. Observaciones finales	132
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	133

Capítulo 7

Estimación de errores muestrales en los datos de las encuestas

7.1. Introducción	135
7.1.1. Estimación del error de muestreo en datos de encuestas complejas.	135
7.1.2. Panorama general	136
7.2. La varianza de muestreo en el muestreo aleatorio simple.	137
7.3. Otras medidas del error de muestreo.	141
7.3.1. El error estándar.	142
7.3.2. Coeficiente de variación	142
7.3.3. Efecto del diseño	142
7.4. Cálculo de la varianza de muestreo para otros diseños estándar	142
7.4.1. Muestreo estratificado	143
7.5. Características comunes de los datos y los diseños de muestras de encuestas de hogares.	145
7.5.1. Desviaciones en los diseños de las encuestas de hogares del muestreo aleatorio simple.	145
7.5.2. Preparación de los archivos de datos para el análisis	146
7.5.3. Tipos de estimaciones.	147
7.6. Directrices para la presentación de información sobre errores de muestreo	148
7.6.1. Determinar qué información incluir.	148
7.6.2. Cómo difundir la información relativa al error de muestreo.	148
7.6.3. Reglas generales para la notificación de errores estándar.	149
7.7. Métodos de la estimación de la varianza en las encuestas de hogares.	149
7.7.1. Métodos exactos.	150
7.7.2. Método del conglomerado último	150
7.7.3. Aproximaciones por linealización	154
7.7.4. Replicación.	155
7.7.5. Algunas técnicas de replicación	157
7.8. Inconvenientes en el uso de conjuntos de programas informáticos estándar de estadística para el análisis de datos de encuestas de hogares.	161
7.9. Programas informáticos para la estimación del error de muestreo.	162
7.10. Comparativa general de los conjuntos de programas informáticos	165
7.11. Observaciones finales	166
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	167

Capítulo 8

Errores no muestrales en las encuestas de hogares

8.1. Introducción	169
8.2. Sesgo y error variable	170
8.2.1. El componente variable.	172

	<i>Página</i>
8.2.2. Error sistemático (sesgo)	172
8.2.3. Sesgo de muestreo	173
8.2.4. Más comparaciones entre sesgo y error variable	173
8.3. Causas del error no muestral	173
8.4. Componentes del error no muestral	174
8.4.1. Error de especificación	174
8.4.2. Error de cobertura o marco	174
8.4.3. Falta de respuesta	176
8.4.4. Error de medición	178
8.4.5. Errores de procesamiento	179
8.4.6. Errores de estimación	179
8.5. Evaluación del error no muestral	179
8.5.1. Comprobaciones de coherencia	179
8.5.2. Verificación/comprobación de la muestra	180
8.5.3. Comprobaciones posteriores a la encuesta o reentrevistas	180
8.5.4. Técnicas de control de calidad	181
8.5.5. Estudio de los errores de recuerdo	181
8.5.6. Submuestreo interpenetrante	182
8.6. Observaciones finales	182
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	182

Capítulo 9

Procesamiento de datos para las encuestas de hogares

9.1. Introducción	185
9.2. El ciclo de las encuesta de hogares	185
9.3. La planificación de la encuesta y el sistema de procesamiento de datos	187
9.3.1. Objetivos y contenido de la encuesta	187
9.3.2. Procedimientos e instrumentos de las encuestas	187
9.3.3. Diseño para sistemas de procesamiento de datos en encuestas de hogares	190
9.4. Operaciones de la encuesta y procesamiento de datos	194
9.4.1. Creación del marco y diseño de la muestra	194
9.4.2. Recopilación de datos y gestión de datos	196
9.4.3. Preparación de datos	196
Apéndice	212
Microsoft Office	212
Visual Basic	213
CENVAR	213
PC CARP	213
Sistema de procesamiento de censos y encuestas (CSPro)	213
Programa de cálculo y listado de estadísticas útiles sobre errores de muestreo (CLUSTERS)	214
Sistema integrado de análisis de encuestas (ISSA)	214
Sistema de análisis estadístico (SAS)	214
Paquete estadístico de ciencias sociales (SPSS)	214
Análisis de datos de las encuestas	214
Referencias bibliográficas y lecturas complementarias	214

Anexo I

Consideraciones básicas del diseño muestral de encuestas

A.1.	Introducción	219
A.2.	Unidades de la encuesta y conceptos	219
A.3.	Diseño de la muestra	221
A.3.1.	Requisitos básicos para el diseño de una muestra probabilística	221
A.3.2.	Importancia del muestreo probabilístico en encuestas de hogares en gran escala	221
A.3.3.	Procedimientos de selección, aplicación y estimación	221
A.4.	Consideraciones básicas sobre estrategias de muestreo probabilísticas	222
A.4.1.	Muestreo aleatorio simple	222
A.4.2.	Muestreo sistemático	225
A.4.3.	Muestreo estratificado	229
A.4.4.	Muestreo por conglomerados	234

Anexo II

Lista de expertos

Expertos participantes en la reunión del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas para examinar el proyecto del Manual sobre diseño de encuestas de hogares por muestreo celebrada en Nueva York del 3 al 5 de diciembre de 2005	239
--	-----

Cuadros

3.1.	Glosario de muestreo y términos relacionados	27
3.2.	Notaciones empleadas para valores de población y características de la muestra	29
3.3.	Comparación de los componentes de conglomeración del efecto del diseño para varias correlaciones intraclass δ y tamaños de los conglomerados \bar{n}	51
3.4.	Planes de muestreo alternativos: últimas dos etapas de selección	62
6.1.	Categorías de respuesta en una encuesta	117
6.2.	Ponderaciones según el método de probabilidades desiguales de selección	119
6.3.	Ajuste de las ponderaciones en función de la falta de respuesta	126
6.4.	Ponderación posestratificada para ajustes de cobertura	129
6.5.	Parámetros por estratos para la varianza	130
6.6.	Compensación de las ponderaciones	132
7.1.	Gasto mensual en alimentos por hogar	137
7.2.	Cálculo de la varianza de muestreo real de \hat{Y} , el parámetro del promedio	138
7.3.	Estimaciones y sus varianzas en características de la población seleccionadas	140
7.4.	Gasto semanal en alimentos por hogar y televisor en propiedad en los hogares de la muestra	141
7.5.	Ejemplo de datos en un diseño muestral estratificado	144
7.6.	Proporciones de niños en edad escolar vacunados en 10 zonas de empadronamiento como la variable de interés	145
7.7.	Gasto semanal en alimentos por hogar clasificado por estratos	153
7.8.	Aplicación de los pasos del método del conglomerado último para la estimación de la varianza	153
7.9.	Estructura del archivo de datos para los métodos de replicación	156
7.10.	Valores del factor constante en la fórmula de la varianza para distintas técnicas de replicación	158
7.11.	Aplicación del método <i>jackknife</i> de estimación de varianzas a una pequeña muestra y sus submuestras	159
7.12.	Muestra completa: gasto por estratos	159

	<i>Página</i>
7.13. Método <i>jackknife</i> (eliminación de la UPM 2 del estrato 1)	160
7.14. Estimaciones basadas en réplicas.	160
7.15. Método de replicación repetida y equilibrada (eliminando la UPM2 de los estratos 1 a 3 y la UPM1 del estrato 2	161
7.16. Uso de varios conjuntos de programas informáticos para estimar las varianzas de las estimaciones de las encuestas en la proporción de mujeres seropositivas entre las mujeres que han dado a luz recientemente, Burundi, 1988-1989	162
8.1. Clasificación de errores en las encuestas	170
9.1. Ejemplo de los objetos/unidades de análisis de una encuesta, extraído de la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987.	192
9.2. Archivos de hogares e individuos usados en la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987.	207
9.3. Archivos típicos de una encuesta sobre el presupuesto de los hogares	207
9.4. El archivo de formato plano tal como se utilizó en el archivo de hogares para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987.	207
9.5. Archivo de observación con los datos finales para las variables de una encuesta de hogares.	210
A.1. Número de escuelas por número de empleados.	233

Figuras

2.1. Calendario de las actividades de una encuesta de hogares para un país X.	10
2.2. Ejemplo de una hoja de costos para un programa de encuestas de hogares	13
3.1. Clasificación de zonas administrativas en la estratificación implícita	49
3.2. Ejemplo de selección sistemática de conglomerados con probabilidad proporcional al tamaño	59
8.1. Relación entre errores muestrales y no muestrales como componentes del error total de la encuesta	170
8.2. Error total de la encuesta y sus componentes.	171
8.3. Reducción del error total de la encuesta	171
9.1. Ciclo de las encuesta de hogares	186
A.1. Muestreo sistemático lineal (selección muestral).	226
A.2. Selección sistemática circular	226
A.3. Tendencia lineal monotónica	228
A.4. Fluctuaciones periódicas	229

Capítulo I

Fuentes de datos para estadísticas sociales y demográficas

1.1. Introducción

1. Las encuestas de hogares figuran entre las tres fuentes principales de estadísticas sociales y demográficas en muchos países. Es cierto que los censos de población y vivienda constituyen también una fuente clave de estadísticas sociales, pero por lo general se realizan con intervalos prolongados de aproximadamente 10 años. Los sistemas de registros administrativos constituyen la tercera fuente. Sin embargo, para la mayor parte de los países esta fuente es, en cierto modo, más adecuada para estadísticas vitales y de salud que para estadísticas sociales. Las encuestas de hogares proporcionan una alternativa más barata que los censos a la hora de obtener datos oportunos y más adecuada y ventajosa que los sistemas de registros administrativos. Se emplean para la recopilación de datos sociodemográficos detallados y diversos asociados a las condiciones de vida de las personas, su bienestar y las actividades que realizan, y a las características y factores demográficos que influyen tanto en el comportamiento como en los cambios sociales y económicos. Esto, no obstante, no excluye el empleo complementario de datos obtenidos mediante encuestas de hogares con datos procedentes de otras fuentes, como censos y registros administrativos.

1.2. Fuentes de datos

2. Si las tres fuentes principales de datos sociales y demográficos antes mencionadas se planifican y ejecutan bien, y en el caso de los sistemas de registros administrativos se establecen de forma adecuada, pueden usarse como complemento de los programas integrados de recopilación y compilación de datos. Las estadísticas sociales y demográficas resultan esenciales para la planificación y el control de los programas de desarrollo socioeconómico. Las estadísticas sobre la composición de la población por edad y sexo, incluida la distribución geográfica, figuran entre los datos más básicos necesarios para definir una población y/o subgrupo de una población. Estas características básicas proporcionan el contexto que favorece el estudio de otros datos sobre fenómenos sociales tales como la educación, la discapacidad, la participación de la población activa, las condiciones sanitarias, el estado nutricional, la victimización delictiva, la fecundidad, la mortalidad y la migración.

1.2.1. Encuestas de hogares

3. Durante las seis o siete últimas décadas, las encuestas de hogares por muestreo se han convertido en una fuente clave de datos sobre fenómenos sociales, ya que figuran entre los métodos más flexibles de recopilación de datos. En teoría, casi cualquier tema basado en la población puede

estudiarse mediante las encuestas de hogares. Lo más común es que los hogares se empleen como unidades de muestreo de segunda etapa en la mayoría de las estrategias de muestreo basadas en áreas (véanse los capítulos 3 y 4 del manual). En las encuestas por muestreo se selecciona una parte de la población, de la que posteriormente se realizan observaciones o se recopilan datos, y por último, las conclusiones extraídas se extrapolan a la población total. Dado que en las encuestas por muestreo la carga de trabajo para los entrevistadores es menor que en los censos —aunque tengan que dedicar más tiempo a la recopilación de datos—, la mayoría de los temas puede cubrirse con mayor grado de detalle. Además, como se precisa menos personal sobre el terreno, es posible contratar a personas más cualificadas y capacitarlas mejor que en el proceso censal. Lo cierto es que no todas las necesidades de datos de un país pueden satisfacerse mediante la creación de un censo; por ese motivo las encuestas de hogares proporcionan un mecanismo que permite atender de forma continua las necesidades nuevas y adicionales. La flexibilidad de las encuestas de hogares las convierte en una opción excelente para satisfacer las necesidades de los usuarios de datos relativas a una información estadística que de otro modo resultaría inaccesible o insuficiente.

1.2.1.1. Tipos de encuestas de hogares

4. Muchos países tienen en marcha programas de encuestas de hogares que incluyen tanto encuestas periódicas como encuestas especiales. Resulta aconsejable que el programa de encuestas de hogares forme parte de un sistema integrado de recopilación de datos estadísticos. En el campo de las estadísticas sociales y demográficas, las encuestas intercensales de hogares pueden constituir parte de ese sistema.
5. El Programa para desarrollar la capacidad nacional de efectuar encuestas por hogares (PDCNEEH) se creó como una operación de gran magnitud destinada a ayudar a los países en desarrollo a establecer capacidades en materia de estadística y encuestas para obtener del sector de los hogares la información socioeconómica y demográfica que necesitaran. El Programa estuvo en marcha durante casi 14 años, desde 1979 hasta 1992, y cuando concluyó habían participado en él 50 países. El mayor de sus logros fue la promoción y aplicación constante por esos países de encuestas integradas de hogares sobre varios temas. Asimismo, el programa fomentó la creación de capacidad para encuestas por muestreo, en especial en los países africanos.
6. Para la recopilación de datos sobre estadísticas sociales y demográficas pueden llevarse a cabo diferentes tipos de encuestas de hogares. Éstas incluyen las encuestas especializadas, las encuestas en varias etapas, las encuestas sobre varios temas y las encuestas longitudinales. La elección del tipo adecuado de encuesta depende de factores tales como las necesidades relacionadas con los contenidos, los recursos y las consideraciones logísticas.
7. Las encuestas especializadas cubren temas o asuntos sueltos como el empleo del tiempo o el estado nutricional. Las encuestas pueden ser periódicas o especiales.
8. Las encuestas en varias etapas implican la recopilación de información estadística en etapas sucesivas donde cada etapa sirve como precursora de la anterior. La etapa inicial normalmente comprende una muestra mayor que las siguientes. Su función consiste en examinar las unidades muestrales en relación con ciertas características a fin de determinar si reúnen los requisitos para usarlas en las etapas posteriores. Estas encuestas son eficaces en función de los costos como forma de establecer la población objetivo de la que obtener información detallada sobre un tema de interés en las subsiguientes etapas. La discapacidad y la orfandad figuran entre las cuestiones para cuyo estudio resulta adecuado el empleo de este método.

9. En las encuestas sobre varios temas se abordan diversos aspectos en una misma encuesta. Este método suele presentar una mejor relación costo-eficacia que la ejecución de varias encuestas monotemáticas.

10. En las encuestas longitudinales se recopilan datos de las mismas unidades muestrales a lo largo de un período de tiempo. Los intervalos pueden ser mensuales, cuatrimestrales o anuales. El objetivo de estas encuestas consiste en medir los cambios que se producen en una misma población a lo largo de un determinado período de tiempo. El principal problema de esta clase de encuestas respecto a ciertas características es la elevada tasa de desgaste entre los informantes. Por otro lado, existe también el problema del efecto del condicionamiento.

1.2.1.2. *Ventajas y limitaciones de las encuestas de hogares frente a los censos*

11. Si bien las encuestas de hogares son menos costosas que los censos, pueden llegar a encarecerse notablemente si los resultados han de producirse por separado para cada pequeño territorio administrativo, como las provincias o los distritos. A diferencia de un censo, que recopila datos de millones de hogares, una encuesta por muestreo suele circunscribirse a una muestra de varios millares de hogares, debido a las limitaciones presupuestarias. La capacidad de la encuesta de producir datos fiables se reduce ostensiblemente cuanto más pequeña sea el área. La relación entre el tamaño de la muestra y la fiabilidad de los datos en áreas y territorios pequeños se abordará en capítulos posteriores.

12. Ventajas de las encuestas de hogares frente a los censos:

- a) Como se ha mencionado anteriormente, el coste general de una encuesta suele ser inferior al de un censo, dado que un censo requiere gran cantidad de recursos humanos, económicos, logísticos y materiales. Una muestra probabilística, si la selección y la encuesta se llevan a cabo como corresponde, generará resultados precisos y fiables que pueden emplearse como base para extraer conclusiones sobre la población total. Por consiguiente, para estimaciones como la tasa total de fecundidad no es imprescindible elaborar un censo.
- b) En general, las encuestas por muestreo generan información estadística de mejor calidad porque resulta más factible contratar a entrevistadores mejor cualificados y capacitados y son más fáciles de supervisar porque los supervisores suelen estar bien capacitados y la razón supervisor/entrevistador puede ser incluso de 1:4. Además, es posible emplear mejor equipamiento técnico para realizar mediciones físicas en las encuestas cuando resulten necesarias. En un censo la calidad de los datos se ve afectada a veces por el carácter masivo del ejercicio. Esto implica una mayor propensión a cometer fallos y a descuidos que afectan a la calidad en varias etapas, lo que conlleva un mayor número de errores no muestrales.
- c) El alcance y la flexibilidad de una encuesta por muestreo son mayores que los de un censo en lo que respecta a la profundidad de la investigación y al número de partidas del cuestionario. En un censo puede que resulte imposible recopilar información de índole más especializada a causa del desorbitado número de especialistas o la ingente cantidad de equipo que requeriría el estudio. Por ejemplo, pesar los alimentos o realizar otra clase de mediciones en un estudio nutricional no sería factible. Probablemente tampoco sería viable someter a cada individuo de una población a una revisión médica para determinar, por ejemplo, la incidencia de la infección por el VIH/SIDA. Además, en la encuesta de hogares por muestreo es posible incluir partidas que supondrían una complejidad excesiva para un censo.

13. Las encuestas por muestreo son más adecuadas para recopilar datos a escala del país o de territorios relativamente amplios sobre temas que requieren un examen en profundidad, como los aspectos multidimensionales de la discapacidad, los gastos de los hogares, las actividades de la población activa y la victimización criminal. Los censos, por el contrario, recopilan información y constituyen una fuente de datos de carácter relativamente general correspondientes a territorios pequeños.

14. En general, la ventaja de las operaciones estadísticas mediante encuestas de hogares reside en la flexibilidad de los instrumentos de recopilación de datos, que permite formular un mayor número de preguntas sobre una amplia variedad de temas y estimar a la vez parámetros comparables con los que se utilizan en los censos de población y vivienda.

1.2.2. Censos de población y vivienda

15. Un censo de población, que en adelante denominaremos censo, engloba el proceso completo de recopilar, compilar, evaluar y difundir datos demográficos, sociales o de otra índole relativos, en un momento específico, a todas las personas de un país o a una parte o partes bien delimitadas del mismo. Se trata de una importante fuente de estadísticas sociales que goza de la ventaja evidente de proporcionar datos fiables —es decir, datos que no pueden verse afectados por ningún error muestral— para pequeñas unidades geográficas. Un censo constituye un medio ideal para obtener información sobre el tamaño, la composición y la distribución espacial de la población, además de sobre características socioeconómicas y demográficas. En general, en el censo se recoge información sobre cada individuo del hogar y sobre cada unidad residencial del país o de partes bien definidas de él.

1.2.2.1. Características básicas de un censo tradicional de población y vivienda

16. Los censos tradicionales de población y vivienda poseen las siguientes características:
- a) Cada individuo de la población y cada unidad residencial se consignan por separado; las características de cada uno de ellos se registran también por separado;
 - b) El objetivo es cubrir la totalidad de la población de un territorio claramente definido. Lo que se pretende es incluir a toda persona presente y/o residentes habituales, dependiendo de si la clase de recuento demográfico es de hecho o de derecho. En ausencia de registros administrativos o de población completos, los censos constituyen la única fuente de estadísticas de áreas pequeñas;
 - c) El proceso de empadronamiento se lleva generalmente a cabo con la máxima simultaneidad posible en todo el país. Todas las personas y viviendas se consignan con respecto al mismo período de referencia;
 - d) Por lo común, los censos se realizan a intervalos definidos. La mayoría de los países los llevan a cabo cada 10 años; otros, cada cinco años. Eso facilita la disponibilidad de información comparable a intervalos fijos.

1.2.2.2. Uso de los resultados censales

17. En cuanto al uso de los resultados de los censos:
- a) Los censos proporcionan información sobre el tamaño, la composición y la distribución espacial de la población, además de sobre características demográficas y sociales;

- b) Los censos constituyen una fuente de estadísticas referidas a zonas pequeñas;
- c) Las zonas de empadronamiento constituyen la principal fuente de marcos muestrales para las encuestas de hogares. Los datos recopilados en los censos se emplean con frecuencia como información auxiliar para estratificar las muestras y mejorar la estimación en las encuestas de hogares.

1.2.2.3. Principales limitaciones de los censos

18. Dada su extraordinaria cobertura geográfica, el censo suele constituir una gran fuente de datos de referencia sobre las características de la población. Por eso mismo no resulta factible cubrir muchos temas de forma pormenorizada. Así, los censos no son la fuente más idónea para la obtención de información detallada sobre, por ejemplo, actividades económicas, ya que para obtener dicha información se requerirían preguntas y cuestionarios más detallados.

19. Dado que la entrevista censal se basa en gran medida en las informaciones aportadas por informantes secundarios, no siempre se obtiene información precisa sobre características que quizá sólo el individuo conoce, como la profesión, las horas trabajadas, los ingresos, etcétera.

20. Durante las últimas décadas se han realizado censos de población en multitud de países. Durante la ronda de 2000 (1995-2004), por ejemplo, se llevaron a cabo censos en 184 países y áreas.

1.2.3. Registros administrativos

21. Muchos tipos de estadísticas sociales se extraen de los diversos registros administrativos que se crean a partir de los procesos administrativos. Algunos ejemplos de ellos son las estadísticas de salud de los registros hospitalarios, las estadísticas laborales de los servicios de intermediación laboral, las estadísticas vitales de los registros civiles y las estadísticas educativas de los informes de escolarización de los ministerios de educación. La fiabilidad de las estadísticas obtenidas de registros administrativos depende del grado de exhaustividad de dichos registros y de la coherencia de sus definiciones y conceptos.

22. Si bien los registros administrativos pueden llegar a constituir una fuente de datos muy eficaz en relación a los costos, se trata de sistemas que en algunos países no se encuentran bien establecidos. Esto supone que en la mayoría de los casos los datos obtenidos presentan imprecisiones. Incluso cuando los registros administrativos se llevan a cabo con continuidad para fines administrativos, la elaboración de estadísticas es, en la mayoría de los casos, una preocupación de segundo orden para gran parte de las organizaciones, y como consecuencia la calidad de los datos se ve afectada. Los requisitos estadísticos que deben cumplirse, como la estandarización de conceptos y definiciones, la oportunidad y la exhaustividad de la cobertura, no suelen tenerse en cuenta u observarse.

23. En la mayoría de los países la información obtenida de los registros administrativos posee un contenido limitado, ya que se trata de instrumentos más útiles para fines jurídicos o administrativos. Los sistemas de registro civil constituyen un ejemplo de los sistemas administrativos que se han desarrollado en muchos países. Sin embargo, no todos los países han logrado llevarlos a cabo con éxito. Los países con sistemas de registro civil completos son capaces de generar informes periódicos sobre hechos vitales, como el número de nacimientos vivos por sexo, la fecha y lugar de nacimiento, el número de defunciones por edad, el sexo, el lugar de defunción y la causa de defunción, matrimonios, divorcios, etcétera.

24. Un registro de población mantiene bases de datos de la vida de cada persona y hogar de un país. El registro se actualiza periódicamente cuando se producen cambios en las características de un

individuo y/u hogar. Estos registros, combinados con otros registros sociales, pueden constituir una rica fuente de información. Entre los países que han desarrollado sistemas de esta clase se encuentran Dinamarca, Noruega, Países Bajos, Alemania y Suecia. En la mayoría de esos países los censos están basados en el sistema de registro.

25. Si bien en muchos países en desarrollo los registros administrativos de varios programas sociales podrían resultar una fuente de datos eficaz en función de los costos y una alternativa atractiva, dichos registros no se elaboran en la forma adecuada. Los registros administrativos presentan con frecuencia unos contenidos limitados y a menudo carecen de la adaptabilidad de las encuestas de hogares desde el punto de vista de los conceptos y el grado de detalle. En este caso, el uso complementario con otras fuentes resulta problemático debido a la ausencia de conceptos estandarizados y sistemas de clasificación, así como por su cobertura selectiva e insuficiente.

1.2.4. Complementariedad de las tres fuentes de datos

26. En este capítulo se han puesto de relieve las diversas formas en que puede coordinarse el uso de los censos, las encuestas y los sistemas de registro administrativo. En este subapartado se aborda con mayor profundidad cómo puede combinarse de un modo complementario información procedente de las diferentes fuentes. El interés en este campo nace de la necesidad de limitar los costos de los censos y encuestas, reducir la carga de respuesta, proporcionar datos a escala de territorios más pequeños que, por ejemplo, podrían haber quedado excluidos de los datos de las encuestas, y optimizar el uso de los datos disponibles en el país.

27. Dado que los censos no pueden repetirse con demasiada frecuencia, las encuestas de hogares proporcionan una base para la actualización de algunos datos censales, sobre todo a escala nacional o de territorios grandes. En la mayoría de los casos, en un censo sólo se investigan los temas relativamente simples y el número de preguntas es limitado. Por consiguiente, la información puede complementarse con información detallada sobre temas complejos abordados en las encuestas de hogares, aprovechando así su reducido tamaño y su potencial flexibilidad.

28. Los censos y las encuestas de hogares han sido en muchos casos instrumentos complementarios. Extraer información de una muestra de hogares sobre temas adicionales durante el proceso censal resulta un método eficaz en función de los costos para ampliar el alcance del censo y cubrir así la creciente demanda de estadísticas sociales. El uso de métodos y técnicas de muestreo hace factible generar datos necesarios urgentes con una precisión aceptable cuando las restricciones de tiempo y costos impedirían obtener dichos datos a través del proceso completo de enumeración.

29. El censo proporciona también un marco muestral, infraestructura estadística, capacidad estadística y las estadísticas de referencia necesarias para la ejecución de las encuestas de hogares. Así, es común extraer una muestra de hogares dentro del contexto del censo con el fin de recoger información sobre temas de mayor complejidad, tales como discapacidades, mortalidad maternal, actividades económicas y fecundidad.

30. Los censos contribuyen a las encuestas de hogares al proporcionar un marco muestral: el censo aporta una lista explícita de todas las unidades del área, como por ejemplo las zonas de empadronamiento, empleadas por lo común como unidades de primera etapa en el proceso de selección de las encuestas de hogares por muestreo. Asimismo, parte de la información auxiliar disponible en el censo puede emplearse para el diseño eficaz de encuestas. Por último, la información auxiliar de los censos

puede resultar de utilidad para mejorar las estimaciones muestrales mediante estimaciones de regresión y de razón, y mejorar así la precisión de las estimaciones de las encuestas.

31. A fin de lograr la integración de las fuentes de datos, en la recopilación y la presentación de estadísticas de las diversas fuentes resulta necesario identificar con claridad las unidades de enumeración y adoptar unidades geográficas coherentes. Además, es esencial adoptar definiciones, conceptos y clasificaciones comunes en las diferentes fuentes de datos, incluidos los registros administrativos.

32. Los datos procedentes de encuestas pueden emplearse también para revisar la cobertura y el contenido del censo. El objetivo reside en determinar la magnitud y la orientación de los errores. En Zambia y Camboya, por ejemplo, las encuestas posempadronamiento se emplearon durante la ronda censal del año 2000 para evaluar errores de cobertura. De modo similar, los datos censales pueden utilizarse para evaluar algunos de los resultados de las encuestas.

33. Las estimaciones en áreas pequeñas, a las que se ha prestado mucha atención debido a la creciente demanda de estimadores fiables para dichas áreas, es un campo donde los datos procedentes de las encuestas y los registros administrativos se emplean simultáneamente para obtener estimaciones. Los estimadores directos tradicionales específicos de un área no proporcionan la precisión adecuada porque el tamaño de las muestras en áreas pequeñas suele ser insuficiente. Las estimaciones en áreas pequeñas se basan en técnicas estadísticas empleadas para obtener estimaciones para una zona cuando las estimaciones tradicionales de las encuestas de dicha zona resultan poco fiables o no pueden calcularse. Dichas técnicas comprenden modelos que proporcionan un vínculo con otras áreas pequeñas relacionadas mediante datos suplementarios o auxiliares, tales como datos de censos de población más recientes. La idea básica de los procedimientos aplicados en áreas pequeñas es, por tanto, tomar las ventajas de cada fuente de datos y combinarlas, con miras a obtener estimaciones más precisas y fiables.

34. En países con sistemas de registro civil bien desarrollados, los datos de los censos y las encuestas pueden combinarse de modo eficaz con los datos de los registros administrativos. En el censo de población realizado en 1990 en Singapur, por ejemplo, los entrevistadores disponían de información básica precumplimentada de cada miembro del hogar extraída de los registros administrativos. Ese método permitió reducir tanto el tiempo empleado en las entrevistas como los costos de elaboración. Dado que el censo basado en un registro sólo proporciona el recuento total de la población y sus características básicas, las características socioeconómicas más detalladas se extraen en base a una muestra.

35. Los datos de los registros administrativos pueden emplearse para revisar y evaluar los resultados de encuestas y los censos. Por ejemplo, en los países que disponen de sistemas de registros vitales completos, los datos de los censos sobre fecundidad y mortalidad pueden cotejarse y verificarse con los extraídos del sistema de registro.

1.2.5. Observaciones finales

36. En conclusión, las encuestas de hogares, los censos y los registros administrativos deben considerarse fuentes complementarias entre sí. Esto supone que, dentro de lo posible, deberán emplearse conceptos y definiciones comunes en la planificación de censos y encuestas. Los procedimientos administrativos también deberían revisarse periódicamente para asegurar el empleo de conceptos y definiciones comunes.

37. El programa de encuestas de hogares debería formar parte de un sistema integrado de recopilación de datos estadísticos de cada país, incluidos los censos y los registros administrativos, de forma que las necesidades generales de estadísticas sociodemográficas puedan satisfacerse de modo adecuado.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Ambler, R. *et al.* (2001). "Combining unemployment benefits data and LFS to estimate ILO unemployment for small areas: an application of the modified Fay-Herriot method". Comunicación. Sesión del International Statistical Institute, Seúl.
- Banda, J. (2003). "Current status of social statistics: an overview of issues and concerns". Presentado en la reunión del Grupo de Expertos sobre la determinación del alcance de las estadísticas sociales organizada por la División de Estadística de las Naciones Unidas en colaboración con el Grupo de Siena sobre Estadísticas Sociales. Nueva York, 6 al 9 de mayo de 2003.
- Bee-Geok, L. y K. Eng-Chuan (2001). "Combining survey and administrative data for Singapore's census of population 2000" (ESA/STAT/AC.88/05). Comunicación. Sesión del International Statistical Institute, Seúl.
- Kiregyera, B. (1999). *Sample Surveys: With Special Reference to Africa*. Kampala: PHIDAM Enterprises.
- Naciones Unidas (1982). *Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares: "Non-sampling errors in household surveys: Sources, Assessment and Control"*. Versión preliminar (DP/UN/INT-81-041/2). Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo y Oficina de Estadística de las Naciones Unidas, Nueva York.
- _____ (1984). *Manual de encuestas sobre hogares* (Edición revisada). Estudios de métodos No. 31. No. de venta: S.83.XVII.13.
- _____ (1998). *Principles and Recommendations for Population and Housing Censuses*. Statistical Papers, No. 67/Rev.1. No. de venta: E.98.XVII.8.
- _____ (2001). *Principles and Recommendations for a Vital Statistics System* (ST/ESA/STAT/SER.M/19/Rev.2). No. de venta: E.01.XVII.10.
- _____ (2002). *Technical report on collection of economic characteristics in population censuses* (ST/ESA/STAT/119). División de Estadística, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales y Oficina de Estadística de la Oficina Internacional del Trabajo. Nueva York y Ginebra. Sólo en inglés.
- Rao, J. N. K. (1999). "Some recent advances in model-based small area estimation". *Survey Methodology*, vol. 25, No. 2, págs. 175-186 (Statistics Canada, Ottawa).
- Singh, R. y N. Mangat (1996). *Elements of Survey Sampling*. Boston, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Statistics Canada (2003). *Survey Methods and Practices*. Ottawa.
- Whitfold, D. y J. Banda (2001). "Post enumeration surveys (PES's): are they worth it?". Documento presentado en el Symposium on Global Review of 2000 Round of Population and Housing Censuses: Mid-decade Assessment and Future Prospects (Symposium 2001/10). Nueva York, 7 al 10 de agosto. División de Estadística, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales y la Secretaría de las Naciones Unidas. Sólo en inglés.

Capítulo 2

Planificación y realización de las encuestas

1. Si bien el énfasis del presente manual recae en los aspectos relativos al muestreo de las encuestas de hogares, resulta necesario proporcionar una idea general de la planificación, las operaciones y la ejecución de las encuestas de hogares a fin de situar en el contexto adecuado los capítulos y los apartados sobre muestreo. Existen multitud de libros de texto, guías y manuales que abordan con notable profundidad el tema de la planificación y la realización de encuestas de hogares, y se invita al lector a consultarlos para ahondar en la materia. No obstante, en el presente capítulo se señalarán y describirán de forma somera los puntos principales y las características clave de la planificación y la ejecución de encuestas, exceptuando lo relativo al diseño y la selección de muestras, que se tratará en los capítulos 3 y 4 y en el anexo I.

2.1. Planificación de las encuestas

2. Para que una encuesta produzca los resultados deseados es necesario prestar especial atención a los preparativos previos al trabajo sobre el terreno. A este respecto, toda encuesta precisa unos preparativos cuidadosos y concienzudos si se quiere garantizar el éxito. Sin embargo, la intensidad de la planificación variará en función del tipo de encuesta, los materiales y la información requerida. Dado que el desarrollo de un plan adecuado de una encuesta exige invertir tiempo y los recursos suficientes (véase la figura 2.1), en el caso de una encuesta compleja se considera que un ciclo de planificación de dos años es lo apropiado (para un estudio detallado sobre planificación de encuestas, véase Naciones Unidas, 1984).

La figura 2.1, en la página siguiente, muestra un ejemplo de calendario de actividades.

2.1.1. Objetivos de una encuesta

3. Es fundamental que los objetivos de una encuesta se formulen con exactitud desde el comienzo del proyecto. Conviene definir con claridad qué información se desea obtener y describir con precisión la población y la cobertura geográfica. Asimismo, es necesario estipular en esa fase cómo van a usarse los resultados. El presupuesto adjudicado debe servir al estadístico de orientación para adaptar los objetivos a las posibilidades. Tomar conciencia de las limitaciones presupuestarias contribuirá al éxito del proceso de planificación y ejecución de la encuesta.

4. En algunos casos los objetivos de la encuesta no se hallan formulados de manera explícita. Por ejemplo, puede que se le encargue a una organización de encuestas un estudio sobre las actividades del sector informal. Si el propósito del estudio no se formula con precisión, es responsabilidad del estadístico o del director de la encuesta tanto definir el sector informal en aspectos de funcionalidad

para llevar a cabo la encuesta como describir con rigor las actividades económicas en particular que responden con mayor fidelidad a las exigencias del organismo patrocinador de la encuesta. Conviene advertir que una encuesta con objetivos ambiguos o vagos es muy susceptible de producir una elevada proporción de errores no muestrales.

5. Es muy importante que las partes interesadas, es decir, los usuarios y elaboradores de estadísticas, se impliquen a la hora de definir el objetivo de la encuesta, su alcance y su cobertura. Las consultas ayudan a alcanzar acuerdos o compromisos sobre la clase de datos que se necesitan, la forma en que se necesitan, los niveles de desglose, las estrategias de difusión y la frecuencia de recogida de datos.

6. Algunas de las encuestas llevadas a cabo por organizaciones de encuestas tienen objetivos muy definidos. Por ejemplo, la Encuesta piloto sobre población activa realizada en Zambia en 1983 tenía los siguientes objetivos:

- a) Recoger información sobre el tamaño y la composición de la población que trabaja en la actualidad en el sector formal;
- b) Evaluar la oferta y la demanda de mano de obra;
- c) Establecer una base para realizar proyecciones de mano de obra para profesiones concretas;
- d) Contribuir a la planificación de la ampliación educativa en los campos clave para el desarrollo económico.

7. Conviene señalar que la formulación clara y precisa de los objetivos constituye el primer paso para determinar las preguntas de la encuesta para las que se requieren respuestas estadísticas.

2.1.2. Universo de la encuesta

8. Cuando se planifica una encuesta es preciso definir las zonas geográficas que se pretenden cubrir y la población objetivo. En una encuesta sobre ingresos y gastos de los hogares, por ejemplo, es probable que la encuesta cubra las zonas urbanas y excluya las zonas rurales.

9. A la hora de definir el universo debe identificarse la población exacta que se incluirá en la muestra. En una encuesta sobre ingresos y gastos de los hogares, el universo de las unidades de la primera etapa serían las zonas de empadronamiento (éstas son unidades de la zona geográfica que abarca; por ejemplo, todo un país), y las unidades de la segunda etapa serían los hogares de las zonas de empadronamiento seleccionadas (en los capítulos 3 y 4 se trata el tema de los conglomerados con mayor profundidad; véase también el anexo I para la definición de conglomerado).

10. Cabe señalar, sin embargo, que en la práctica la población objetivo suele ser más reducida que la población que constituye el universo de la encuesta. Las razones por las que se restringe la población objetivo son de diversa índole. En algunas encuestas, por ejemplo, se excluyen los hogares militares alojados en barracones; en el caso de las encuestas de población activa puede excluirse a los niños menores de una determinada edad porque, aunque pertenezcan a los hogares encuestados, no forman parte de la población activa.

11. Es importante destacar que cuando la población real difiere de la población objetivo, los resultados obtenidos corresponderán sólo a la población de la que se ha extraído la muestra. Tal como se expone en el capítulo 4, es necesario crear marcos amplios y mutuamente excluyentes para cada etapa de selección.

2.1.3. Información para recopilar

12. A partir de la lista de preguntas que precisan respuestas estadísticas puede elaborarse una lista de partidas que podrían proporcionar información objetiva relacionada con las cuestiones que se desea investigar. Es importante tener en cuenta que algunos de los datos requeridos podrían hallarse disponibles a través de fuentes ya existentes. Al elaborar la lista de partidas debe preverse la inclusión de cuestiones suplementarias relacionadas con las principales. En una encuesta de empleo e ingresos salariales, por ejemplo, puede recogerse información suplementaria sobre la edad, el sexo y la educación de los trabajadores, lo cual aportaría una visión añadida a las cuestiones formuladas y, por consiguiente, enriquecería el análisis.

13. Cabe añadir que en la fase de planificación de la encuesta debe elaborarse un plan de tabulación. Se debe hacer pasar planillas entre los diferentes implicados para que las rellenen con sus comentarios y sugerencias de mejora.

2.1.4. Presupuesto de la encuesta

14. El presupuesto de la encuesta establece cuáles serán las necesidades económicas para realizarla. El presupuesto es necesario como apoyo y guía tanto durante la ejecución de la encuesta como en la elaboración del calendario para obtener los resultados. Las estimaciones de costos deben tener el mayor grado posible de detalle. Por esa razón es preciso conocer pormenorizadamente todos los pasos que implica la operación de la encuesta. El presupuesto indica los costos de personal, equipo y otras partidas de gastos. Si existe un límite predeterminado de fondos disponibles (como suele ser el caso), el presupuesto general debe enmarcarse dentro de dicho límite. También es recomendable seguir las directrices generales del organismo financiador a la hora de preparar el presupuesto, ya que eso facilitará la aprobación de las estimaciones presupuestarias. Si se diera la necesidad de salirse del presupuesto prefijado, deberá hacerse siempre con la autorización de la(s) organización(es) pertinente(s). Las necesidades de financiación de una encuesta deben establecerse en una fase temprana. En general, el presupuesto dependerá en gran medida del diseño de la encuesta, la precisión exigida y la cobertura geográfica. La figura 2.2, que aparece en la página siguiente, presenta una posible hoja de costos.

15. Es esencial establecer un sistema eficaz de control de costos en la organización encargada de la realización de la encuesta. Muchos de los procesos de ejecución de encuestas a gran escala tienen un alto riesgo de que se descontrole el desembolso de fondos. La razón es que una vez que ha dado comienzo el trabajo sobre el terreno tiende a canalizarse más fondos de los aconsejables hacia áreas sin relación con las actividades principales de la encuesta. Por eso, un control férreo de los costos ayuda a seguir el gasto real según los costos presupuestados y el trabajo realizado. Asimismo, es fundamental que las personas responsables de la gestión rindan cuentas de los fondos, dado que ello realza la credibilidad de la organización encargada de la encuesta.

2.2. Ejecución de las encuestas

2.2.1. Métodos de recopilación de datos

16. Existen diferentes métodos de recopilación de datos, entre los cuales figuran la observación y la medición directas, el cuestionario por correo, y las entrevistas telefónicas y personales.

Figura 2.2

Ejemplo de una hoja de costos para un programa de encuestas de hogares

Actividad	Unidades estimadas de trabajo (persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos por unidad (en la moneda que corresponda por persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos totales estimados (en la moneda que corresponda)
I. Planificación y actividades preparatorias			
A. Planificación inicial y posterior seguimiento (personal experto)			
B. Selección y especificación del tema			
1. Planificación del tema			
2. Preparación de planes de tabulación			
3. Servicios de secretaría y otros			
C. Desarrollo del diseño de la encuesta			
1. Planificación inicial del diseño: estructura de la encuesta, cobertura de la población, procedimientos de muestreo, métodos de recopilación de datos, etc. (personal profesional)			
2. Desarrollo de los materiales de muestreo:			
a) Materiales cartográficos (supone material del censo disponible): Costos de personal Mapas y suministros			
b) Listados de hogares sobre el terreno (2.000 zonas de empadronamiento): Costos de personal (principalmente entrevistadores) Costos de desplazamientos			
c) Selección de muestras y preparación de listas del terreno			
D. Diseño, impresión de cuestionarios y otros			
1. Personal profesional			
2. Servicios de secretaría y otros			
3. Costos de impresión (tras pruebas previas)			
E. Pruebas previas			
1. Planificación del personal profesional:			
a) Preparativos iniciales			
b) Análisis de resultados y revisión de materiales			
2. Supervisor sobre el terreno:			
a) Costos de personal			
b) Costos de desplazamientos			
3. Entrevistadores:			
a) Costos de personal			
b) Costos de desplazamientos			
F. Preparación de materiales de instrucción y capacitación para utilizar sobre el terreno			
1. Personal profesional			
2. Servicios de secretaría y otros			
3. Costos de reproducción			

Figura 2.2

Ejemplo de una hoja de costos para un programa de encuestas de hogares (continuación)

Actividad	Unidades estimadas de trabajo (persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos por unidad (en la moneda que corresponda por persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos totales estimados (en la moneda que corresponda)
G. Miscelánea de actividades de planificación (por ejemplo, relaciones públicas y publicidad)			
H. Componentes del subtotal			
1. Personal experto			
2. Personal profesional			
3. Personal técnico			
4. Personal de servicio			
5. Desplazamientos			
6. Impresión			
7. Cartografía y otros			
Subtotal			
II. Operaciones sobre el terreno			
A. Capacitación de supervisores sobre el terreno			
1. Costos de personal			
2. Alojamiento y comidas			
3. Costos de desplazamiento			
B. Capacitación de entrevistadores			
1. Costos de supervisores			
2. Costos de entrevistadores:			
(a) Costos de personal			
(b) Costos de desplazamientos			
C. Recopilación de datos (incluido el control de calidad)			
1. Costos de supervisores			
2. Costos de entrevistadores:			
(a) Costos de personal			
(b) Costos de desplazamientos			
D. Administración sobre el terreno			
1. Dirección sobre el terreno			
2. Desplazamiento			
3. Otros costos (por ejemplo, control y envío de materiales)			
E. Componentes del subtotal			
1. Personal profesional			
2. Personal técnico			
3. Personal de servicio			
4. Desplazamientos			
5. Dietas de viaje			
6. Entrevistas			
7. Miscelánea			
Subtotal			

Actividad	Unidades estimadas de trabajo (persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos por unidad (en la moneda que corresponda por persona-meses excepto donde se indique lo contrario)	Costos totales estimados (en la moneda que corresponda)
III. Procesamiento de datos			
A. Planificación de sistemas			
B. Programación informática			
C. Codificación en oficina			
1. Codificación inicial			
2. Control de calidad			
3. Supervisión			
D. Operaciones de registro en disco			
1. Registro inicial			
2. Control de calidad			
3. Supervisión			
E. Tiempo de ordenador (operador y costos de mantenimiento incluidos)			
F. Miscelánea de costos de procesamiento (suministros, etcétera)			
G. Componentes del subtotal			
1. Personal profesional			
2. Personal técnico			
3. Personal de control de calidad			
4. Personal de servicio			
5. Informática			
6. Miscelánea			
Subtotal			
IV. Revisión de datos y publicación			
A. Tiempo de profesionales			
B. Costos de publicación			
V. Dirección y coordinación de la encuesta (supervisión constante de todas las actividades)			
VI. Subtotal			
VII. Estudios de evaluación e investigación metodológica (puede estimarse en un 10% del total acumulado)			
VIII. Gastos indirectos generales (pueden estimarse en un 15% del total acumulado en concepto de costos administrativos, alquiler de locales, suministros generales y otros conceptos similares)			
IX. Total			

Fuente: Naciones Unidas (1984).

17. *La observación y la medición directas* constituyen el método ideal, dado que al no intervenir los lapsos de memoria ni la subjetividad de informantes ni entrevistadores, suelen ser más objetivas. Algunos campos donde se ha empleado la observación directa son:

- a) Determinados aspectos de las encuestas de consumo de alimentos;
- b) Ejercicios de recopilación de precios, donde los encuestadores pueden comprar el producto y registrar los precios.

18. El inconveniente de este método, a pesar de su utilidad, es que resulta costoso tanto en recursos como en tiempo. En la mayoría de los casos los entrevistadores tienen que utilizar algún equipo. La experiencia ha demostrado que el método de la observación y medición directas suele resultar útil y práctico cuando el tamaño de la muestra o la población son relativamente pequeñas.

19. *Cuestionarios por correo*: el método del cuestionario por correo resulta bastante rápido y barato. El principal componente de los costos en la etapa de recopilación de datos son los portes. Una vez diseñado e impreso el cuestionario, se envía a los informantes (personas que se prevé que completen el cuestionario). Se da por supuesto que los informantes son personas alfabetizadas, dado que se espera que completen por sí mismos el formulario. Sin embargo, puede tratarse de una suposición errónea especialmente en los países en desarrollo, donde los niveles de alfabetización continúan siendo bajos. El principal problema de este método radica en la elevada tasa de falta de respuesta asociada a él (es decir, una gran proporción de personas no completan los cuestionarios y/o no responden a algunas de las preguntas), lo cual podría deberse a la complejidad de los cuestionarios empleados, aunque la apatía no puede descartarse por completo. En algunos casos la respuesta al cuestionario es buena en general y, sin embargo, la falta de respuesta sobre un determinado punto es elevada.

20. A fin de mejorar la tasa de respuesta deben enviarse notas recordatorias a las personas que no hayan respondido a las preguntas de la encuesta. Sin embargo, resulta aconsejable seleccionar una submuestra de las personas que no hayan respondido y cubrir esa parte de la población con el método de la entrevista personal. La razón es que las características de las unidades que registran falta de respuesta podrían ser completamente diferentes de las que han respondido (véase la explicación sobre la estratificación y sus ventajas en el capítulo 3 y el anexo I). En este caso las unidades que han respondido y las que no se tratarán como dos posestratos/campos que deben ponderarse de manera diferente al elaborar las estimaciones (la ponderación se aborda con mayor detalle en capítulos posteriores, en particular en el capítulo 6). Para aumentar la tasa de respuesta, los cuestionarios que se envíen deben ser atractivos, breves y sencillos. Adjuntar sobres con la dirección postal impresa y el franqueo pagado para la devolución del cuestionario contribuirá también a mejorar la tasa de respuesta.

21. Con el fin de aplicar este método de forma satisfactoria, debe disponerse también de un marco muestral lo más actualizado posible. De ese modo se asegurará que los datos postales de los informantes estén al día. Asimismo, la organización a cargo de la encuesta debe tener la certeza de que los informantes son capaces de completar los cuestionarios por ellos mismos.

22. A continuación se enumeran algunas de las ventajas y limitaciones de las encuestas realizadas mediante el envío por correo del cuestionario:

Ventajas:

- a) Suponen unos costos bajos;
- b) No importa la dispersión de las unidades de la muestra;
- c) Se elimina el sesgo del entrevistador;
- d) Son rápidas.

Limitaciones:

- a) La falta de respuesta suele ser elevada;
- b) Las respuestas a las preguntas hay que interpretarlas literalmente, ya que no existe la opción de verificarlas con el informante;

- c) En una encuesta de actitud resulta difícil determinar si el informante ha respondido a las preguntas sin ayuda;
 - d) El método sólo resulta útil cuando los cuestionarios son bastante simples; por consiguiente, no resulta adecuado para encuestas complejas.
23. *Método de la entrevista personal:* éste es el método más usado en los países en desarrollo para recopilar datos mediante encuestas por muestreo a gran escala. Además de que las entrevistas personales suelen registrar una elevada tasa de respuesta, el método resulta apropiado por las altas tasas de analfabetismo que presentan algunos de esos países. El método consiste en que una serie de entrevistadores acuden a los informantes para reunir información mediante la formulación de preguntas. La principal ventaja de este método es que los entrevistadores pueden persuadir a los informantes (mediante motivación) para que respondan a las preguntas y explicarles los objetivos de la encuesta. Asimismo, cuando se emplea el método de la entrevista personal hay más posibilidades de reunir información estadística sobre los puntos de difícil conceptualización, que suelen dar lugar a respuestas ambiguas en los cuestionarios enviados por correo.
24. Sin embargo, existen algunas limitaciones inherentes al método de la entrevista personal. Por ejemplo:
- a) Es posible que cada entrevistador interprete las preguntas de manera diferente, introduciendo así un sesgo en los resultados de la encuesta, pues son pocos los que consultan con asiduidad el manual de instrucciones;
 - b) Al indagar en busca de respuesta es posible que algunos entrevistadores sugieran respuestas a los informantes;
 - c) Las características personales de los entrevistadores, como la edad, el sexo y, en ocasiones, incluso la raza, pueden influir en la actitud de los informantes;
 - d) Los entrevistadores pueden cometer errores en la lectura de las preguntas porque su atención está dividida entre la entrevista en sí y la consignación de las respuestas.
25. Las limitaciones enumeradas en el punto anterior constituyen en esencia las principales causas de lo que se denomina el sesgo del entrevistador, que puede ocasionar graves errores no muestrales en las encuestas (véase el apartado sobre errores no muestrales en el capítulo 8).
26. Durante el cuestionario a los informantes se deben tener presentes los siguientes puntos:
- a) El entrevistador debe comprender con claridad el propósito de cada pregunta, explicado en el manual del entrevistador. Es importante que los entrevistadores consulten constantemente el manual;
 - b) La experiencia ha demostrado que los entrevistadores deben seguir la secuencia de las preguntas del cuestionario. En la mayoría de los cuestionarios, el orden de las preguntas es fruto de una escrupulosa reflexión en la que se toma en cuenta la motivación de los informantes y la conexión entre los temas y se busca facilitar que el informante recuerde acontecimientos pasados y responda a las preguntas más delicadas;
 - c) Los entrevistadores deben abstenerse en todo momento de sugerir respuestas a los informantes;

- d) Deben formularse todas las preguntas, pues así se minimiza la falta de respuesta sobre un punto. Además, ninguna de las preguntas del cuestionario debería quedar en blanco, a menos que se deba a la aplicación de patrones de omisión. Si no se considera pertinente formular una pregunta al informante, debe incluirse un comentario explicando el motivo. Ese procedimiento garantiza al gestor de la encuesta que todas las preguntas incluidas en el cuestionario han sido administradas.

2.2.2. Diseño del cuestionario

27. Una vez determinados los objetivos y el plan de tabulación de la encuesta se procederá a desarrollar el cuestionario pertinente. El cuestionario desempeña una función central en el proceso de la encuesta, y en que quienes poseen la información (los informantes) la transfieren a quienes la necesitan (los usuarios). Se trata no sólo del instrumento mediante el cual las necesidades de información de los usuarios se expresan en términos operacionales sino también de la base principal de entrada en el sistema de procesamiento de datos de la encuesta en cuestión.

28. El tamaño y el formato del cuestionario merecen especial atención. Es recomendable diseñar los cuestionarios en la fase de planificación de la encuesta. Si van a enviarse a los informantes por correo, deben ser atractivos a la par que sencillos, pues ello contribuirá a aumentar la tasa de respuesta. Por otra parte, si se trata de un cuestionario en el que los entrevistadores deben consignar las respuestas sobre el terreno, debe ser resistente, para evitar que se deteriore con el manejo.

29. Siempre que sea posible, conviene que el diseño del cuestionario facilite la recogida de datos pertinentes y exactos. A fin de fomentar la exactitud de los datos, es importante tomar en consideración el orden de las preguntas y su formulación teniendo siempre en mente la motivación del informante. El cuestionario debe poseer una presentación clara que favorezca la lectura fácil de las preguntas por parte del informante o del entrevistador. No hay que dejar de insistir en que todo cuestionario debe ir acompañado de unas instrucciones claras.

30. Por consiguiente, el equipo encargado de la encuesta debe cuidarse de dar definiciones precisas de los datos que se quieren recoger y especificaciones exactas de manera que las necesidades de datos y conceptos relacionados queden plasmados en preguntas operacionales. En este sentido, los ensayos previos del cuestionario se han convertido en un procedimiento común, y por lo general necesario, salvo en el caso de que el cuestionario se haya validado por completo en encuestas anteriores.

31. En resumen, un buen cuestionario debe:

- a) Permitir la recogida de información precisa para satisfacer convenientemente las necesidades de los usuarios potenciales de los datos;
- b) Facilitar las labores de recopilación, procesamiento y tabulación de datos;
- c) Contribuir a la economía del proceso, es decir, evitar la recopilación de información no esencial;
- d) Permitir el análisis exhaustivo y significativo y el empleo satisfactorio de los datos recogidos.

32. Esto implica que los cuestionarios de una encuesta deben desarrollarse de modo tal que generen información de la mayor calidad posible, poniendo siempre especial énfasis en la pertinencia, la

oportunidad y la exactitud. Para que el proceso se lleve a cabo con eficiencia deben minimizarse los costos y cargas que entraña la recopilación de la información necesaria.

2.2.2.1. *Elaboración de las preguntas*

33. En los cuestionarios de las encuestas por muestreo se emplean preguntas abiertas y cerradas. En una pregunta abierta el informante responde a una pregunta. En una encuesta de actitud se puede instar a los informantes a definir qué entienden por una buena calidad de vida. Como es obvio, cada informante definirá a su manera lo que representa para él una buena calidad de vida. Una pregunta cerrada, por el contrario, obliga al informante a elegir una respuesta entre las opciones dadas por el equipo de la encuesta. A continuación se enumeran algunos ejemplos de preguntas cerradas:

¿Tiene usted alguna clase de discapacidad mental que lo limite en sus actividades diarias?

Sí No

¿Cómo evalúa usted su capacidad visual (en caso de que use gafas o lentillas, con ellas puestas)?

1. Capacidad nula
2. Serias dificultades permanentes
3. Algunas dificultades permanentes
4. Ninguna dificultad

34. Las ventajas de emplear preguntas cerradas son que generan respuestas más uniformes y que resultan fáciles de procesar. La principal limitación de estas preguntas es que las posibles respuestas debe estructurarlas el diseñador de la encuesta y que al hacerlo es posible que pase por alto respuestas importantes. En la mayoría de las encuestas, los temas importantes y las preguntas concernientes a actitudes y percepciones que pueden desconocerse se abordan mejor con preguntas abiertas.

2.2.2.2. *Formulación de las preguntas*

35. Las preguntas deben ser claras, precisas y sin ambigüedades. No debe dejarse margen al informante para hacer conjeturas sobre lo que el entrevistador quiere extraerle. Aunque las definiciones y los conceptos sean obvios para el coordinador de la encuesta, puede que para el informante no sea así. De darse el caso, un informante emplearía su propio criterio para responder, lo que al final tendría como resultado una proliferación de errores no muestrales. Consideremos un ejemplo sencillo. La pregunta “¿Cuál es la dirección de su hogar?” da pie a confusiones en muchos países africanos, especialmente para la población urbana, a menos que “hogar” se defina con claridad. Hay informantes que emplean “hogar” para designar la aldea de donde proceden.

2.2.2.3. *Preguntas “tendenciosas”*

36. Las preguntas denominadas tendenciosas llevan al informante a responder una pregunta en una dirección determinada. Eso significa que la pregunta predispone al informante a favor de una determinada respuesta. Éste es un ejemplo de una pregunta tendenciosa en una encuesta de salud: “¿Cuántos días a la semana bebe usted más de dos botellas de cerveza?”. La pregunta no sólo coacciona al informante para que admita que bebe cerveza, sino para que además admita que bebe más de dos botellas al día. Las preguntas de esta clase tienden a sesgar las respuestas de los informantes. Es importante evitar la creación de datos y ceñirse al objetivo, que consiste simplemente en recopilarlos.

2.2.2.4. *La pertinencia de las preguntas*

37. El propósito de un cuestionario consiste en obtener información que después será empleada para estudiar la situación. Por consiguiente, es crucial que la organización encargada de realizar la encuesta formule preguntas pertinentes para procurarse una visión real de la situación concreta sometida a estudio. Las preguntas incluidas en un cuestionario deben adecuarse a la mayoría de los informantes. Por ejemplo, no tiene sentido que para el ámbito rural típico actual de la mayoría de los países africanos se prepare un formulario con preguntas sobre los logros individuales en educación superior (universitaria). Del mismo modo, no sería adecuado que en una encuesta de fecundidad se incluyera a las niñas de diez años de edad o menos y se les preguntase por el número de niños que han dado a luz o su estado civil distinto del de solteras. Esas preguntas resultarían pertinentes para mujeres mayores de una determinada edad.

2.2.2.5. *El orden de las preguntas*

38. Las preguntas de un cuestionario deberán seguir un orden que favorezca la motivación del informante, le ayude a recordar y contribuya a la obtención de información precisa. Se recomienda que las preguntas sean fáciles, interesantes y no toquen asuntos delicados. Eso genera confianza en el informante y lo mueve a continuar con la entrevista, en la que en la mayoría de los casos decide participar voluntariamente. También se ha convertido en una práctica habitual que la secuencia general de preguntas comience con las destinadas a identificar la unidad muestral, como las relativas a los datos del domicilio, seguidas de las concernientes a la descripción del hogar y los individuos que lo componen, donde se incluyen, por ejemplo, las características demográficas. Por último, se formulan las preguntas específicas que atañen al tema principal de la encuesta¹. En general, las preguntas delicadas o comprometidas deben formularse al final. Hay que señalar que debe existir una relación lógica entre las preguntas, en especial entre aquellas que dependen de la respuesta dada en otras.

2.2.3. *Plan de tabulación y análisis*

39. Existe una técnica muy útil que ayuda al diseñador de la encuesta a dotar de mayor precisión a los instrumentos diseñados a fin de que éstos satisfagan la necesidad de información del usuario según lo reflejado en la batería de preguntas o los objetivos de la encuesta. Esta técnica lleva acarreada la elaboración de planes de tabulación y cuadros modelo. Los cuadros modelo son proyectos de tabulaciones que incluyen todo excepto los datos reales. En el esquema de tabulación deben especificarse, como mínimo, los encabezamientos del cuadro y las columnas principales, que identifican las variables fundamentales que se desea tabular, las variables secundarias que se emplearán para la clasificación y los grupos de población (objetos, elementos o unidades de la encuesta) a los que hacen referencia los diversos cuadros. También conviene mostrar las categorías de clasificación con el mayor grado de detalle posible, aunque éstas pueden ajustarse *a posteriori*, cuando se conozca mejor la distribución de la muestra en las categorías de respuesta.

40. La importancia de un plan de tabulación puede observarse desde varias perspectivas. Por ejemplo, los cuadros modelo creados indicarán si los datos que recopilar generarán tabulaciones utilizables. Por otra parte, el tiempo extra destinado a elaborar los cuadros modelo suele verse compensado con creces en las fases de tabulación de datos, donde se reduce el tiempo invertido en el diseño y la creación de los cuadros definitivos.

¹ Véase Naciones Unidas, 1984.

41. También cabe tener en cuenta la estrecha relación que existe entre el plan de tabulación y el diseño muestral empleados para una encuesta. Por ejemplo, el desglose demográfico en los cuadros sólo es posible si el diseño de la muestra lo permite. Asimismo, puede que el tamaño de la muestra exija que se limiten el número de celdas en las tabulaciones cruzadas para evitar la elaboración de cuadros excesivamente dispersos. En ocasiones puede que el plan tenga que modificarse durante la fase de tabulación. También es posible que sea menester combinar las categorías a fin de reducir el número de celdas vacías, o bien que algún hallazgo interesante en los datos del proyecto haga necesario que se tengan que crear nuevos cuadros. La forma en que se emplearán los datos recogidos en las encuestas de hogares para responder a las preguntas (alcanzar los objetivos) puede denominarse en términos más genéricos “plan de análisis de datos”. Dicho plan explica en detalle qué datos son necesarios para alcanzar los objetivos de la encuesta. Los diseñadores de la encuesta deben consultarlo constantemente cuando proyecten los detalles del cuestionario de la encuesta. Huelga decir que el plan de análisis debe constituir el principal punto de referencia para dirigir el análisis de los resultados de la encuesta.

2.2.4. Ejecución sobre el terreno

42. En la mayoría de los países en desarrollo la ejecución del trabajo sobre el terreno se ve seriamente limitada por la falta de recursos. Sin embargo, si tiene que llevarse a cabo una encuesta, el trabajo sobre el terreno debe estar bien organizado y ejecutado a fin de que los limitados recursos a disposición del equipo de la encuesta se empleen con eficiencia. Para que las operaciones de la encuesta se lleven a cabo con éxito, todas las personas involucradas en el diseño de las mismas deben entender con claridad los aspectos conceptuales del tema de la encuesta. Por otra parte, los entrevistadores deben dominar en profundidad los procedimientos prácticos necesarios para recopilar con eficacia datos precisos. Para llevar a cabo con éxito las operaciones de la encuesta, siempre es necesaria una organización del trabajo sobre el terreno buena y eficaz.

2.2.4.1. Equipo y materiales

43. En muchos países en desarrollo es necesario que el equipo móvil, como vehículos, barcos, bicicletas, etcétera, se encuentre disponible y operativo con bastante antelación y que haya algunas piezas de recambio. Los vehículos y las bicicletas facilitan que los jefes de los equipos y los supervisores/entrevistadores puedan desplazarse con rapidez.

44. Durante el transcurso de las operaciones de la encuesta debería disponerse del suministro adecuado de materiales (archivadores, carpetas, lapiceros, sacapuntas, cuadernos) y de combustible para los vehículos.

2.2.4.2. Gestión de las operaciones de la encuesta

45. Una encuesta a gran escala por muestreo suele ser una operación compleja y exigente. Por consiguiente, hay que insistir en la necesidad de gestionar las actividades de las distintas etapas con criterio, eficacia y eficiencia.

46. La cadena de mando —desde el personal directivo de la encuesta al entrevistador— debe estar clara y bien definida. Cabe destacar que se ha demostrado la eficacia del uso de formularios de control para efectuar el seguimiento de los avances en la encuesta.

2.2.4.3. Publicidad

47. Se han dado casos de encuestas que han sido poco exitosas debido en parte a que se ha producido una falta de respuesta elevada causada por el rechazo. Corresponde, pues, a los organizadores de la encuesta la preparación de campañas publicitarias para difundir la encuesta. La experiencia ha demostrado que la publicidad desempeña un papel importante a la hora de lograr la cooperación de los informantes, a pesar de que algunas organizaciones patrocinadoras consideran el gasto en publicidad un derroche de recursos.

48. La publicidad puede enfocarse de distintas maneras en función de las circunstancias. En las zonas urbanas de algunos países, por ejemplo, los mensajes por radio, televisión y prensa podrían complementar los de los carteles, mientras que en las zonas rurales podrían emplearse sólo cuñas radiofónicas y carteles.

49. Además, en determinadas zonas puede que resulte necesario celebrar reuniones con las personas influyentes locales. En esas reuniones se informará sobre los objetivos de la encuesta. Por último, hay que pedir a los líderes que convencen a la población de su zona para que proporcione la información requerida a los entrevistadores.

50. Antes de emprender el trabajo sobre el terreno es importante publicar la norma oficial correspondiente que autoriza la ejecución de la encuesta, la cual debe contener, entre otros datos, los objetivos y la duración de la encuesta y los asuntos que se abordarán en ella.

2.2.4.4. Selección de entrevistadores

51. El entrevistador es la persona que sirve de enlace con los informantes. El hecho de que se trate del representante de la organización de la encuesta que estará en contacto permanente con el informante explica por qué la labor del entrevistador es tan crucial para el éxito del programa de la encuesta. Por tanto, la selección de los entrevistadores debe considerarse con detenimiento y llevarse a cabo con extremo cuidado. Un entrevistador debe ser capaz de establecer una comunicación eficaz con el informante y poseer las cualidades necesarias para obtener toda la información con exactitud en un tiempo razonable.

52. El entrevistador debe también poseer un nivel educativo adecuado al tipo de encuesta. Además, debe ser capaz de consignar la información con honestidad y sin “falsificar los datos”. Los entrevistadores seleccionados deben seguir las instrucciones y emplear las definiciones y conceptos tal como aparecen en el manual para uso del entrevistador sobre el terreno.

53. Los siguientes procedimientos pueden contribuir a lograr una buena selección de entrevistadores:

- a) Los futuros entrevistadores deben rellenar una solicitud donde indicarán su edad, estado civil, domicilio actual, nivel educativo y trayectoria profesional;
- b) Posteriormente al primer filtro puede someterse al grupo de entrevistadores seleccionados a una prueba de inteligencia y a una prueba sencilla de cálculo;
- c) Como, al margen de las pruebas escritas, suele ser necesario entrevistar a los candidatos, conviene que esas entrevistas las lleve a cabo un jurado que califique a los candidatos por separado. Algunos de los atributos que hay que valorar en los candidatos son la amabilidad, el interés en el trabajo, la expresividad y la actitud alerta.

54. El trabajo sobre el terreno puede resultar tedioso y entrañar dificultades provocadas por los desplazamientos en zonas complicadas; por eso, un entrevistador debe mostrarse predispuesto y preparado para trabajar en condiciones adversas.

2.2.4.5. Capacitación de los entrevistadores

55. Conviene capacitar a fondo a los entrevistadores seleccionados antes de enviarlos a trabajar sobre el terreno. El propósito principal de un programa de capacitación es alcanzar la uniformidad en los procedimientos de entrevista. Esto es necesario para evitar diferencias de interpretación de las definiciones, conceptos y objetivos de la encuesta y minimizar el sesgo del entrevistador.

56. Conviene que sean instructores cualificados quienes se encarguen de la capacitación. Los instructores deben, obviamente, conocer a fondo los propósitos y objetivos de la encuesta, por lo que es preferible que formen parte del equipo que está llevándola a cabo.

57. Para que los entrevistadores puedan valorar adecuadamente los objetivos de la encuesta es necesario que conozcan bien el propósito de la encuesta y cómo van a emplearse los resultados y que se les haya instruido en los conceptos y definiciones empleados en el cuestionario.

58. Como parte del proceso de capacitación, conviene que los entrevistadores, en presencia del instructor, expliquen a los demás, por turnos, las diversas preguntas del cuestionario. Las sesiones prácticas es conveniente hacerlas tanto en clase como sobre el terreno. Por ejemplo, los entrevistadores pueden formularse preguntas unos a otros en clase y luego desplazarse a una zona residencial cercana y practicar las entrevistas con personas de los hogares de dicha zona. Hace falta que el instructor esté presente para guiar y corregir a los entrevistadores. Después de las entrevistas sobre el terreno, los entrevistadores en prácticas deben comentar los resultados siguiendo las directrices del instructor. El programa de capacitación debe servir para que la persona a cargo de la dirección de la encuesta decida qué alumnos necesitan capacitación adicional y si alguno de ellos no es apto para el trabajo.

2.2.4.6. Supervisión sobre el terreno

59. La capacitación es un requisito imprescindible para el éxito y la eficacia del trabajo sobre el terreno. Sin embargo, puede que no se obtengan los resultados deseados si el proceso no cuenta con la supervisión adecuada. El éxito del trabajo sobre el terreno requiere la supervisión constante rigurosa y eficaz de superiores más experimentados y mejor cualificados que los entrevistadores. Los supervisores deben capacitarse en todos los aspectos de la encuesta. No hay que olvidar que ellos constituyen un vínculo importante entre la organización encargada de recoger los datos y el entrevistador. El supervisor debe organizar el trabajo de los entrevistadores asignando las actividades sobre el terreno y los destinos que cubrir; debe revisar el trabajo realizado y mantener entre los entrevistadores un elevado nivel de compromiso con el programa de la encuesta. Es recomendable, siempre que sea posible, que la razón entre supervisores y entrevistadores sea relativamente alta. La razón ideal que se ha sugerido para la mayoría de las encuestas de hogares es de un supervisor por cada cuatro o cinco entrevistadores, aunque éste sólo debe considerarse como dato orientador.

2.2.4.7. Seguimiento de los informantes que no responden

60. En la mayoría de las encuestas se dan casos de informantes que no responden (consúltese el capítulo 8 sobre errores no muestrales). Cabe la posibilidad de que algunos informantes se nieguen

a cooperar con los entrevistadores y, en algunos casos, ciertos puntos del cuestionario queden sin responder. Cuando existe de una unidad que no responde, el supervisor debe ponerse en contacto con ella e intentar obtener la información recurriendo a su mejor cualificación y experiencia. Dado que un objetivo operacional de toda encuesta es alcanzar la tasa de respuesta más elevada posible, conviene que la información se recoja de una submuestra de los informantes iniciales que no han respondido. En este caso, los esfuerzos se redirigen hacia la submuestra empleando preferiblemente supervisores en lugar de entrevistadores.

2.2.4.8. Reducción de la falta de respuesta

61. En el proceso de diseño y ejecución de una encuesta de hogares es importante desarrollar buenos procedimientos que aumenten al máximo la tasa de respuesta. Cabe destacar la importancia de poner en marcha procedimientos que reduzcan el número de negativas, como ofrecerle al informante la posibilidad de volver a él en un momento que sea de su conveniencia. Asimismo, a los informantes que se muestran reacios a colaborar conviene explicarles detenidamente los objetivos y los usos de las encuestas, para así contribuir a ganarse su colaboración. La garantía de la confidencialidad de los datos también puede ayudar a reducir el temor que los informantes pueden albergar de que sus respuestas sean usadas con fines distintos a los estipulados en la encuesta.

62. Conviene regresar repetidas veces a un mismo hogar, a horas distintas, cuando no se encuentre a nadie en casa. Se recomienda realizar hasta cuatro visitas.

63. Asimismo, es importante evitar fallos en la designación de las unidades muestrales seleccionadas, ya que puede dar lugar a una importante falta de respuesta. La mejor manera de atajar ese problema es emplear el marco muestral más actual (véase el capítulo 4 para una explicación detallada).

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Kiregyera, B. (1999). *Sample Surveys: With Special Reference to Africa*. Kampala: PHIDAM Enterprises.
- Naciones Unidas (1982). *Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares: "Non-sampling errors in household surveys: sources, assessment and control"*. Versión preliminar. DP/UN/INT-81-041/2. Nueva York.
- _____ (1984). *Manual de encuestas sobre hogares*. Estudios de métodos, No. 31 (Edición revisada). No. de venta: S.83.XVIII.13.
- _____ (1998). *Principles and Recommendations for Population and Housing Censuses*. Statistical Papers, No. 67/Rev.1. No. de venta: E.98.XVII.8.
- _____ (2002). *Technical report on collection of economic characteristics in population censuses (ST/ESA/STAT/119)*. Sólo en inglés. División de Estadística, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, y Oficina de Estadística de la Oficina Internacional del Trabajo. Nueva York y Ginebra.
- Statistics Canada (2003). *Survey Methods and Practices*. Ottawa.
- Zanutto, E., y A. Zaslavsky (2002). "Using administrative records to improve small area estimation: an example from the U.S. Decennial Census". *Journal of Official Statistics* (Statistics Sweden), vol. 18, No. 4, págs. 559-576.

Capítulo 3

Estrategias de muestreo

3.1. Introducción

1. Si bien en el capítulo 2, sobre planificación, se ha ofrecido un panorama general de las diversas fases de las operaciones de encuestas de hogares, el presente capítulo es el primero de una serie centrada en los distintos aspectos del muestreo, que constituye el principal objeto de estudio de este manual. En el presente capítulo se aborda el tema del muestreo probabilístico frente al muestreo no probabilístico y se arguye por qué el primero debería ser el que se aplicara siempre a las encuestas de hogares. Se presta especial atención al tamaño de la muestra: los muchos parámetros que lo determinan y cómo calcularlo. Se presentan técnicas para obtener un muestreo eficaz en las encuestas de hogares, entre las que figuran la estratificación, el muestreo por conglomerados y el muestreo en etapas, con especial énfasis en los diseños muestrales en dos etapas (véanse las definiciones y descripciones de esos conceptos en el cuadro 3.1. y el anexo I). Se proporcionan varias opciones de muestreo y se describen en detalle dos de los diseños de muestras principales que se han usado en muchos países. También se abordan dos temas especiales: *a*) el muestreo en dos etapas para llegar a poblaciones “raras”, y *b*) el muestreo para estimar el cambio o la tendencia. El capítulo concluye con un resumen de recomendaciones.

3.1.1. Panorama general

2. Prácticamente todos los diseños muestrales para las encuestas de hogares, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados, son complejos debido a sus características: varias etapas, estratificación y conglomeración. Además, el hecho de que con frecuencia las encuestas de hogares a escala nacional suelen tener un alcance de carácter general y cubrir varios temas de interés para el gobierno añade complejidad. El manual se centra, por tanto, en las estrategias de muestreo en varias etapas.

3. Para obtener el resultado deseado, un buen diseño muestral de una encuesta de hogares, que es como una composición sinfónica, debe combinar numerosos elementos armónicamente. La muestra debe seleccionarse en *etapas* de forma que los lugares donde se realizarán las entrevistas se localicen y los hogares se escojan con eficacia. El diseño debe ser *estratificado* de forma que se garantice que la muestra seleccionada se halla distribuida apropiadamente en subzonas geográficas y subgrupos de población. Para mantener un nivel razonable de costos el plan de muestreo debe recurrir a los *conglomerados*, que normalmente son unidades geográficamente definidas de las que se seleccionan los hogares. Al mismo tiempo debe evitarse una conglomeración excesiva, dado que un plan excesivamente conglomerado tiene efectos perjudiciales sobre la fiabilidad (véase la explicación sobre el efecto de conglomeración en el apartado 3.3.5). El *tamaño* de la muestra debe prever las diversas necesidades para alcanzar un equilibrio óptimo entre los costos y la precisión. El tamaño de la muestra debe

también abordar las necesidades urgentes de los usuarios que desean datos sobre campos, es decir, subpoblaciones o subzonas. El diseño muestral debe aspirar a la máxima exactitud en dos sentidos: en primer lugar, el *marco muestral* que se usa (o se crea) debe ser lo más completo, correcto y actualizado posible; en segundo lugar, deben emplearse técnicas de selección de la muestra que minimicen el sesgo involuntario causado en ocasiones por quienes llevan a cabo la encuesta. El diseño debe ser también autoevaluador; en otras palabras, el diseño debe permitir la estimación y además estimar los *errores muestrales* con el fin de guiar a los usuarios a la hora de juzgar la fiabilidad de los resultados clave. Los errores muestrales aparecen cuando se estiman características demográficas basándose sólo en datos de una parte de la población, en lugar de en la población total.

4. El propósito principal de una encuesta es poder extraer conclusiones, basándose en una muestra aleatoria, sobre la población objetivo. Para ello, el encuestador/investigador trata de estimar ciertos rasgos desconocidos de la población. Entre los parámetros/características estimados más comunes figuran los totales, los promedios, las proporciones y las varianzas. Por ejemplo, si $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$ son valores de una variable y de la población, entonces

$$\text{El promedio de la población es } \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum Y_i. \quad (3.1)$$

$$\text{La varianza de la población es } \sigma^2 = \frac{1}{N} \left(\sum Y^2 - N\bar{Y}^2 \right). \quad (3.2)$$

En la mayoría de los casos las estimaciones de la muestra se emplean para estimar parámetros de la población. Por ejemplo, la media y la varianza muestral en una muestra aleatoria simple de tamaño n seleccionada con sustitución vienen dadas por

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i; \quad (3.3)$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum y_i^2 - n\bar{y}^2 \right). \quad (3.4)$$

donde $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ son valores de la variable y para n unidades de la muestra. En encuestas por muestreo el investigador calcula las varianzas de variables aleatorias seleccionadas para determinar el error de muestreo en el estimador (véase la definición de error de muestreo en el cuadro 3.1.; para una explicación más detallada sobre el error de muestreo véanse el capítulo 7 y el anexo I). Los factores que afectan a la magnitud de la varianza muestral incluyen la heterogeneidad de la variable sometida a estudio, el tamaño de la muestra y el diseño muestral (estos aspectos se abordan en varios apartados de este capítulo y en el capítulo 7, y las consideraciones básicas del diseño muestral para una encuesta se presentan en el anexo I).

5. En este capítulo y en el siguiente se aborda en profundidad cada de una de las características que intervienen a la hora de diseñar una muestra adecuada para una encuesta de hogares. En general, las explicaciones se centran en encuestas nacionales, aunque todas las técnicas descritas pueden aplicarse a grandes encuestas subnacionales, como las que se limitan a una o más regiones, provincias, distritos o ciudades. Dada la crucial importancia de los marcos muestrales para lograr llevar a la práctica el muestreo con éxito, el capítulo 4 está dedicado por completo a ese tema.

3.1.2. Glosario de muestreo y términos relacionados

6. Comenzaremos con un glosario de los términos empleados en este capítulo y en el siguiente (véase el cuadro 3.1 *infra*). El objetivo no consiste en ofrecer definiciones formales de los términos de muestreo, algunos de los cuales son matemáticos, sino en describir el uso de esos términos en el contexto de este manual, centrándose, por supuesto, en la aplicación a encuestas de hogares.

Cuadro 3.1

Glosario de muestreo y términos relacionados

Término	Uso
Autoponderación	Diseño muestral donde todos los casos tienen la misma ponderación
Campo	Unidad geográfica para la que se proporcionan estimaciones separadas
Conglomeración; conglomerado	Hace referencia a la tendencia de las unidades muestrales —ya sean personas u hogares— a presentar características similares
Conglomerado compacto	Conglomerado de una muestra formado por hogares geográficamente contiguos
Conglomerado no compacto	Conglomerado de la muestra que consiste en hogares dispersados geográficamente
Conteo rápido	Hace referencia a una operación de actualización mediante la cual se realiza un cálculo aproximado de las viviendas para dar una medida actual del tamaño; véase también <i>investigación</i>
Correlación intraclase	El coeficiente de correlación intraclase mide la homogeneidad o similitud entre elementos
Diseño muestral complejo	Hace referencia al empleo de varias etapas, la conglomeración y la estratificación en las muestras de las encuestas de hogares, a diferencia de lo que ocurre en el muestreo aleatorio simple
Efecto del diseño (<i>deff</i>)	Relación entre la varianza del diseño muestral complejo y el de la muestra aleatoria simple a igual tamaño de la muestra; a veces también denominado <i>efecto de conglomeración</i> , aunque el <i>deff</i> incluye los efectos de la estratificación además de los de la conglomeración
Error estándar relativo (coeficiente de variación)	El error estándar expresado en porcentaje de la estimación de la encuesta o, lo que es lo mismo, el error estándar dividido por la estimación
Error muestral (error estándar)	Error aleatorio en una estimación de la encuesta debido al hecho de que se encuesta a una muestra de la población y no a la población total; raíz cuadrada de la varianza de muestreo
Error no muestral	Sesgo en la estimación de una encuesta derivado de errores en el diseño y la ejecución; hace referencia a la <i>exactitud</i> o <i>validez</i> de una estimación en contraposición a su fiabilidad o precisión
Estimador	Para un diseño muestral dado, el estimador es el método de estimación del parámetro de la población en los datos de la muestra. Por ejemplo, la media aritmética de la muestra es un estimador
Estratificación implícita	Método de estratificación mediante el cual se clasifica geográficamente el marco muestral combinado con el muestreo sistemático con probabilidad proporcional al tamaño
Etapas de selección ficticia	Pseudoetapa de selección creada para simplificar la tarea manual de identificar las subzonas donde al final estarán localizados los conglomerados de la muestra
Exactitud (validez)	Véase Error no muestral
Fiabilidad (precisión, margen de error)	Hace referencia al grado de error de muestreo asociado a una estimación de la encuesta dada
Fracción de muestreo (<i>f</i>)	Coficiente del tamaño de la muestra con respecto al total de unidades de población
Investigación	Método para “cubrir” una zona geográfica para localizar viviendas y/u hogares; aplicado normalmente en las operaciones de actualización de un marco muestral

Cuadro 3.1
Glosario de muestreo y términos relacionados (continuación)

Término	Uso
MAS	Muestra aleatoria simple (rara vez usada en las encuestas de hogares)
Marco(s) muestral(es)	Conjunto de materiales a partir de los cuales se selecciona la muestra, como una <i>lista</i> o conjunto de <i>zonas</i> , y por tanto colección de unidades de población
Medida del tamaño (MDT)	En el muestreo en varias etapas, recuento o estimación del tamaño (por ejemplo, número de personas) de cada unidad en una etapa determinada
Muestra maestra	Una "supermuestra" diseñada para usarse en múltiples encuestas y/o múltiples rondas de la misma encuesta a lo largo de un período de tiempo normalmente de diez años
Muestreo <i>Epsm</i>	Muestreo con igual probabilidad
Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño (PPT)	Selección de unidades de la primera etapa (la segunda, etcétera) en la que cada unidad es escogida con probabilidad proporcional a la medida de su tamaño; véase también muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado (PPTE) en el texto
Muestreo en etapas	Método mediante el cual se selecciona una muestra de zonas administrativas y hogares/personas en etapas sucesivas para localizar los lugares geográficos donde se lleva a cabo la encuesta
Muestreo en fases; también denominado doble muestreo o muestreo posestratificado	Seleccionar una muestra (generalmente) en dos períodos de tiempo, donde normalmente la muestra de la segunda fase es una submuestra de la muestra de la primera; no confundir con <i>muestreo para estimar la tendencia</i> (véase más abajo)
Muestreo estratificado	Técnica de organización del marco muestral en subgrupos que son internamente homogéneos y externamente heterogéneos para asegurar que la selección muestral está "distribuida" de manera adecuada por los subgrupos importantes de población
Muestreo no probabilístico	Véanse en el apartado 3.2.2 las descripciones de métodos de este tipo: muestreo por cuotas, por juicio, intencionado, por conveniencia, por paseo aleatorio
Muestreo para estimar la tendencia	Diseño muestral para estimar el cambio de un período de tiempo a otro
Muestreo por conglomerados	Muestreo en que la penúltima etapa implica una unidad geográficamente definida como una zona de empadronamiento (<i>ZE</i>) censal
Muestreo por listas	Selección a partir de una lista de unidades que conforman el marco
Muestreo por zonas	Selección de unidades geográficas de área que forman un marco muestral (puede incluir la selección de <i>segmentos</i> de zona, definidos como subdivisiones cartografiadas de zonas administrativas)
Muestreo probabilístico	Método de selección mediante el cual cada unidad de la población (persona, hogar, etcétera) tiene una probabilidad conocida, distinta de cero, de ser incluida en la muestra
Muestreo sistemático	Selección a partir de una lista, utilizando un comienzo aleatorio y un intervalo de selección predeterminado, aplicado de manera sucesiva
Nivel de confianza	Describe el grado de confianza estadística con el cual se obtiene la precisión o el margen de error en torno a la estimación de la encuesta; el 95% es considerado generalmente el estándar
Población objetivo	Definición de la población que se pretende cubrir con la encuesta; se denomina también <i>universo de cobertura</i>
Ponderación	El inverso de probabilidad de selección; factor de inflación aplicado a los datos brutos; se denomina también <i>ponderación del diseño</i>
Segmento	Una subdivisión delimitada y cartografiada de un conglomerado mayor
Subsegmentación (constitución de bloques)	Normalmente, consiste en un ejercicio sobre el terreno en la que los conglomerados inesperadamente grandes se subdividen para reducir la carga de trabajo que entraña la elaboración de listas
Tamaño de la muestra	Número de hogares o personas seleccionadas

Término	Uso
Tamaño del conglomerado	Número (promedio) de unidades muestrales —personas u hogares— incluidas en el conglomerado
Término	Uso
Unidad primaria de muestreo, (UPM)	Unidad administrativa geográficamente definida seleccionada en la primera etapa de muestreo
Varianza de muestreo	El cuadrado del error estándar o error de muestreo

3.1.3. Notaciones

7. Las notaciones estándar se emplean en éste y en posteriores capítulos del manual (véase el cuadro 3.2, *infra*). En general, las letras mayúsculas denotan valores de la población, y las letras minúsculas observaciones de la muestra. Por ejemplo, \bar{Y} denota valores de la población, mientras que \wedge se emplea generalmente para denotar valores de la muestra. De lo dicho se deduce, por tanto, que N representa el tamaño de la población, mientras que n representa el tamaño de la muestra. Es importante destacar que los parámetros de la población se denotan con letras mayúsculas del alfabeto latino o con letras griegas. Por ejemplo, \bar{Y} y σ denotan la media de la población y la desviación estándar respectivamente. Los estimadores de los parámetros de la población se expresan con el símbolo \bar{y} encima de la notación o mediante letras minúsculas. $Y_1, Y_2, \dots, Y_p, \dots, Y_N$ y $\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \dots, \hat{Y}_p, \dots, \hat{Y}_n$ son ejemplos de notaciones de la media de la muestra.

Cuadro 3.2

Notaciones seleccionadas para valores de población y características de la muestra

Característica	Notación para		
	Población	Muestra	
		Estimaciones con el símbolo " \wedge " sobre la notación	Notaciones que emplean minúsculas
Unidades	N	\hat{n}	n
Observaciones	$Y_1, Y_2, \dots, Y_p, \dots, Y_N$	$\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \dots, \hat{Y}_p, \dots, \hat{Y}_n$	$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n$
Valor medio	\bar{Y}	$\hat{\bar{Y}}$	\bar{y}
Proporción	P	\hat{P}	p
Estimador de parámetros	θ	$\hat{\theta}$	θ
Varianza de y	$\sigma^2(y)$	$\hat{\sigma}^2(y)$	$s^2(y)$
Desviación estándar de y	$\sigma(y)$	$\hat{\sigma}(y)$	$s(y)$
Correlación intraclase	δ	$\hat{\delta}$	δ
Cociente	R	\hat{R}	r
Suma	$\sum_{i=1}^N$	$\sum_{i=1}^{\hat{n}}$	$\sum_{i=1}^n$

3.2. El muestreo probabilístico frente a otros métodos de muestreo para encuestas de hogares

8. Si bien el estudio de la teoría probabilística trasciende del ámbito de este manual, es importante explicar por qué los métodos probabilísticos desempeñan un papel fundamental en el muestreo de encuestas de hogares. En la presente sección se ofrece una breve definición y descripción del muestreo probabilístico y se exponen las razones por las que es importante. Asimismo se citan brevemente otros métodos, como son el muestreo por juicio o intencionado, el muestreo por paseo aleatorio, el muestreo por cuotas y el muestreo por conveniencia, y se exponen las razones por las que dichos métodos no resultan recomendables para las encuestas de hogares.

3.2.1. El muestreo probabilístico

9. El muestreo probabilístico en el contexto de una encuesta de hogares abarca los métodos mediante los cuales se seleccionan los elementos de la población objetivo —unidades geográficas, hogares y personas— para su inclusión en la muestra. El muestreo probabilístico requiere que: *a)* cada elemento tenga una probabilidad matemática conocida de ser seleccionado, *b)* dicha probabilidad sea mayor que cero, y *c)* dicha probabilidad sea calculable numéricamente. Es importante destacar que la probabilidad de cada elemento de ser seleccionado no tiene que ser igual, sino que puede variar en función de los objetivos de la encuesta.

10. La naturaleza matemática del muestreo probabilístico es lo que permite fundamentar científicamente las estimaciones que se desean realizar en la encuesta. Y lo que es más importante, sobre ello se asienta la inferencia de que las estimaciones de la muestra representan a la población total de la que se ha extraído la muestra. El hecho de que puedan estimarse los errores de muestreo a partir de los datos obtenidos de los casos de la muestra es un efecto crucial del muestreo probabilístico aplicado a las encuestas. Los métodos no probabilísticos no poseen ninguna de estas características, por ello se recomienda enfáticamente emplear siempre el muestreo probabilístico en las encuestas de hogares, a pesar de que los costos sean más elevados que los de los métodos no científicos y no probabilísticos.

3.2.1.1. Muestreo probabilístico en varias etapas

11. Como se deduce de lo anterior, el muestreo probabilístico debe emplearse en cada etapa del proceso de selección para satisfacer las exigencias del mismo. Por ejemplo, la primera etapa de selección implica por lo general la elección de unidades definidas geográficamente, como las aldeas. La última etapa supone la selección de los hogares o personas concretas que serán entrevistados. En estas dos etapas y en todas las intermedias deben emplearse métodos probabilísticos para que el proceso de muestreo sea correcto. A continuación se da un ejemplo ilustrativo simplificado.

Ejemplo

Supongamos que se ha seleccionado una muestra aleatoria simple (MAS) de 10 aldeas de un total de las 100 que componen una provincia rural. Supongamos además que para cada aldea de la muestra se elabora una lista completa de hogares. A partir de la lista se realiza una selección sistemática de 1 de cada 5 hogares para la entrevista, independientemente del número de hogares listados en cada aldea. Éste es un diseño muestral probabilístico donde la selección se lleva a cabo en dos etapas con una probabilidad de 10/100 en la primera etapa y de 1/5 en la segunda. La probabilidad total de seleccionar un hogar en particular para la encuesta será de 1/50, es decir, 10/100 multiplicado por 1/5.

12. Aunque no es especialmente eficaz, el diseño muestral del ejemplo anterior sirve para ilustrar el empleo del muestreo probabilístico en ambas etapas de la muestra. Como resultado de ello, los resultados de la encuesta pueden estimarse de un modo *no sesgado* aplicando correctamente las probabilidades de selección en la etapa de análisis de datos de la encuesta (véase el análisis de la ponderación de la encuesta en el capítulo 6).

3.2.1.2. Cálculo de la probabilidad

13. El anterior ejemplo ilustra también cómo se han cumplido los otros dos requisitos del muestreo probabilístico. En primer lugar, a cada aldea de la provincia le fue dada una probabilidad *distinta a cero* de ser seleccionada. Por el contrario, si una o más aldeas hubieran sido excluidas por alguna razón como, por ejemplo, problemas de seguridad, la probabilidad de selección de dichas aldeas habría sido cero y, por tanto, la naturaleza probabilística de la muestra se habría visto vulnerada. Los hogares del ejemplo anterior fueron también seleccionados con una probabilidad distinta de cero. Sin embargo, si algunos de ellos se hubiesen descartado a propósito a causa de, por ejemplo, la inaccesibilidad, habrían tenido una probabilidad cero de ser seleccionados y la muestra habría vuelto a convertirse en un diseño no probabilístico. En el apartado 3.2.1.3 se abordan las formas de manejar la situación cuando se excluyen zonas de la encuesta.

14. En segundo lugar, la probabilidad de selección tanto de las aldeas como de los hogares podría *calcularse* a partir de la información disponible. En el caso de la selección de las aldeas, tanto el tamaño de la muestra (10) como el tamaño de la población (100) eran datos conocidos, y éstos fueron los parámetros que definieron la probabilidad: $10/100$. En cuanto a los hogares, el cálculo de la probabilidad fue ligeramente diferente porque antes de realizar la encuesta se desconocía cuántos hogares iban a seleccionarse de cada aldea de la muestra. Simplemente se recibió la orden de seleccionar 1 de cada 5. Por tanto, si hubiera habido un total de 100 en la aldea A y 75 en la aldea B, se habrían seleccionado 20 y 15 respectivamente. Con todo, la probabilidad de seleccionar un hogar fue de $1/5$ independientemente del tamaño de la población y del de la muestra ($20/100 = 1/5$, o también $15/75$).

15. Siguiendo con el ejemplo anterior, la probabilidad de selección de la segunda etapa podría haberse calculado mediante una comprobación cruzada al término de la encuesta. Cuando se conocen m_i y M_i , donde m_i y M_i son el número de hogares de la muestra y el número total de hogares en la i^{a} aldea respectivamente, la probabilidad será igual a m_i/M_i . Habría 10 de estas probabilidades, una para cada aldea de la muestra. Sin embargo, tal como hemos señalado, la proporción sería siempre de $1/5$ para el diseño especificado. Resultaría superfluo, por tanto, realizar un recuento de los hogares de la muestra y de los hogares totales con el único propósito de calcular la probabilidad de la segunda etapa. No obstante, con fines de *control de calidad* podría resultar útil realizar dichos recuentos para asegurarse de que la proporción de muestreo $1/5$ se ha aplicado con exactitud.

3.2.1.3. Cuando la población objetivo está mal definida

16. En algunas ocasiones se incumplen las condiciones del muestreo probabilístico al emplear criterios vagos en la definición de la *población objetivo* que la encuesta se propone cubrir. Por ejemplo, la población objetivo deseada pueden ser todos los hogares de una nación. Sin embargo, al diseñar y/o llevar a cabo la encuesta se excluyen deliberadamente determinados subgrupos de población, como los hogares nómadas, los inmigrantes ilegales y refugiados que huyen en botes y las poblaciones de zonas enteras que resultan inaccesibles por la naturaleza del terreno. En otros casos, en una población

objetivo destinada a cubrir un determinado grupo de población específico, como las mujeres que han estado casadas alguna vez o los jóvenes menores de 25 años, se excluyen importantes subgrupos por diversas razones. Por ejemplo, una población objetivo que comprenda a los jóvenes menores de 25 años puede excluir a aquellos que se encuentran en el ejército, en prisión o internados en alguna otra clase de institución.

17. Cuando la población objetivo real cubierta por la encuesta difiere de la que pretendía cubrirse, el equipo de la encuesta debe encargarse de redefinir la población objetivo con mayor exactitud. Esto no sólo es importante para expresar con claridad los resultados de la encuesta de cara a los usuarios, sino también para cumplir las condiciones del muestreo probabilístico. En el ejemplo anteriormente mencionado de los jóvenes menores de 25 años, la población objetivo debería describirse con mayor precisión y definirse como *jóvenes civiles menores de 25 años que no se encuentran internos en ninguna institución*. De lo contrario, la cobertura de la encuesta debería ampliarse e incluir los subgrupos excluidos.

18. Por consiguiente, es importante definir la población objetivo con rigor para cubrir sólo a aquellos miembros que realmente tienen *probabilidad de ser seleccionados* para la encuesta. En los casos en que los subgrupos se excluyen a propósito es crucial aplicar métodos probabilísticos a la población real que constituye el marco de la encuesta. Asimismo, corresponde a los directores de la encuesta describir con claridad a los usuarios, una vez publicados los resultados, qué segmentos de la población se han incluido y qué segmentos se han excluido en la encuesta.

3.2.2. Métodos de muestreo no probabilístico

19. No hay ninguna teoría estadística, como en el caso del muestreo probabilístico, que sirva de guía para el empleo de muestras no probabilísticas. Éstas sólo pueden evaluarse mediante valoraciones subjetivas. Eso significa, por tanto, que de no emplearse técnicas probabilísticas las estimaciones de la encuesta estarán sesgadas. Además, se desconocerá la magnitud de estos sesgos y con frecuencia incluso se ignorará si la orientación de la desviación es hacia la subestimación o hacia la sobrestimación. Como mencionamos anteriormente, la precisión de las estimaciones muestrales, es decir, sus errores estándar, puede estimarse cuando se emplea el muestreo probabilístico. Esto es necesario para que el usuario pueda juzgar la fiabilidad de las estimaciones de la encuesta y elaborar intervalos de confianza en torno a ésta. En determinadas condiciones, el muestreo probabilístico también puede dar lugar a estimaciones sesgadas cuando, por ejemplo, es deseable realizar la distribución de la población de la encuesta de acuerdo a otros controles (véase el capítulo 6 para un estudio más detallado de esta cuestión).

20. A pesar de las deficiencias teóricas, las muestras no probabilísticas se emplean con frecuencia en una gran diversidad de contextos y situaciones. La justificación que suelen dar los profesionales dedicados a la realización de las encuestas suele basarse en los costos, la conveniencia o incluso las reservas del equipo de la encuesta respecto a que una muestra “aleatoria” no constituya una representación adecuada de la población objetivo. En el contexto de las encuestas de hogares analizaremos brevemente los diversos tipos de muestras no probabilísticas, sirviéndonos sobre todo de ejemplos, y expondremos algunas de las razones por las que no deberían utilizarse.

3.2.2.1. Muestreo por juicio de expertos

21. El muestreo por juicio es un método en el que se recurre a “expertos” para elegir los elementos de la muestra. Sus defensores sostienen que el método elimina el riesgo que entraña el empleo de

técnicas aleatorias de seleccionar una muestra “mala” o anómala, como ocurriría en una muestra donde se diera la desafortunada coincidencia de que todos los elementos pertenecieran, por ejemplo, a la región noroccidental.

Ejemplo

Un ejemplo de muestreo por juicio aplicado a una encuesta de hogares consistiría en que un grupo de expertos escogiera a propósito los distritos geográficos empleados como elementos de la primera etapa de selección en un plan de muestreo y basara su decisión en sus opiniones sobre qué distritos son típicos o representativos en algún sentido o contexto.

22. La principal dificultad de este tipo de muestreo es la subjetividad a la hora de determinar qué constituye un conjunto representativo de distritos. Paradójicamente, la probabilidad de ser seleccionados depende en gran medida de la *elección* de los expertos. En cambio, con el muestreo probabilístico, en primer lugar se estratificarían los distritos empleando, en caso necesario, los criterios que el equipo de diseño quisiera imponer. Cabe señalar que los criterios de estratificación pueden ser incluso *subjetivos*, aunque existen directrices para aplicar criterios más objetivos (véase el apartado 3.4 sobre estratificación). Posteriormente se elegiría una muestra probabilística de distritos *de cada estrato* (seleccionada por medio de varios métodos). Hay que señalar que la estratificación reduce enormemente la probabilidad de seleccionar una muestra anómala como la antes mencionada. *Para eso se inventó la estratificación*. Con la muestra estratificada, cada distrito tendrá una probabilidad de selección conocida distinta de cero que no se verá sesgada ni influida por opiniones subjetivas (aunque los propios estratos se definan de acuerdo a criterios subjetivos). Por otra parte, el muestreo por juicio no incorpora ni el mecanismo para asegurar que cada distrito tenga una probabilidad distinta de ser incluido ni para calcular la probabilidad de selección de aquellos que finalmente se seleccionan.

3.2.2.2. Paseo aleatorio y muestreo por cuotas

23. Otro tipo de muestreo no probabilístico de uso muy extendido es el procedimiento denominado paseo aleatorio, que se lleva a cabo en la última etapa de una encuesta de hogares. La técnica se usa con frecuencia aun cuando los elementos de etapas anteriores se han seleccionado mediante métodos probabilísticos válidos. El ejemplo que se ofrece a continuación muestra un tipo de muestreo que combina el paseo aleatorio y el método por cuotas. Este último es otra técnica no probabilística que consiste en proporcionar a los entrevistadores cuotas de determinados tipos de personas para entrevistar.

Ejemplo

Como ejemplo de este método se indicaría a los entrevistadores que comenzaran el proceso de entrevistas en un punto geográfico aleatorio de, por ejemplo, una aldea, y siguieran una ruta específica para seleccionar los hogares que entrevistar. Eso puede significar la selección de cada hogar n o la selección de todos los hogares situados en la ruta para determinar la presencia de una población objetivo especial, como los niños menores de 5 años, por ejemplo. En el último caso se realizaría la entrevista en todos los hogares que reúnan los requisitos hasta alcanzar una cuota predeterminada.

24. Esta metodología se justifica con frecuencia como una forma de evitar la inversión de dinero y tiempo en elaborar en una etapa previa listados de todos los hogares incluidos en la zona de la muestra —aldea, conglomerado o segmento— antes de seleccionar aquellos a los que se entrevi-

tará. También se justifica con el argumento de que se evita la falta de respuesta, dado que aunque haya hogares que no responden, el entrevistador continúa entrevistando hasta que obtiene hogares suficientes para cubrir la cuota. Además, los defensores de este método alegan que se trata de una técnica no sesgada porque el punto de inicio de la ruta se elige de forma aleatoria. También sostienen que las probabilidades de selección pueden calcularse correctamente dividiendo el número de hogares seleccionados entre el número total de los de la aldea, suponiendo que este último se conozca o pueda obtenerse por aproximación.

25. Dadas las condiciones que acabamos de exponer, teóricamente es posible obtener una muestra probabilística. En la práctica, sin embargo, se duda de que alguna vez se haya logrado. El método suele fallar a causa de la conducta del entrevistador y el tratamiento de los hogares que no responden, incluidos aquellos que registran una potencial falta de respuesta. Numerosos estudios han demostrado que cuando el control de la selección muestral sobre el terreno se deja en manos de los entrevistadores se obtienen muestras sesgadas. Por ejemplo, el tamaño promedio (número de personas) de los hogares de la muestra suele ser inferior al de la población de hogares¹. Es un instinto humano en todo entrevistador evitar un hogar que pueda percibirlo como complicado en algún aspecto, y de ahí que sea natural evitar un hogar custodiado por un perro peligroso o uno cercado por verjas y poco accesible y escoger uno contigo que no presente dificultades de acceso.

26. Cuando se sustituye a hogares que no responden por hogares que responden, la muestra se ve sesgada hacia los hogares cooperadores y bien predisuestos a participar en la encuesta. Obviamente va a haber diferencias en las características de los hogares voluntariosos y con predisposición a participar en la encuesta. Con el enfoque de la muestra por cuotas existe mayor probabilidad de que las personas difíciles de localizar o que no están dispuestas a colaborar queden subrepresentadas que en el caso de una muestra probabilística. En este último caso lo que suele hacerse es instar a los entrevistadores a que regresen varias veces a los hogares de los que se conoce que sus miembros se encuentran temporalmente no disponibles. Además, en las encuestas de base probabilística se suele capacitar especialmente a los entrevistadores para que ellos mismos realicen esfuerzos adicionales y traten de convencer a los hogares remisos para que accedan finalmente a participar y responder a las cuestiones de la entrevista.

3.2.2.3. Muestreo por conveniencia

27. El muestreo por conveniencia está también muy extendido, por lo sencilla que resulta su ejecución. Pese a que el muestreo por conveniencia no suele emplearse en las encuestas de hogares, pueden proporcionarse multitud de ejemplos de uso a la hora de realizar, por ejemplo, una encuesta de escolares en una muestra seleccionada intencionadamente de escuelas accesibles que se sabe que están dispuestas a colaborar; es decir, una muestra conveniente. Otra aplicación que en la actualidad está muy de moda es el sondeo instantáneo que se lleva a cabo en los sitios de Internet, donde se pide a las personas que entran al sitio su opinión sobre varios temas. Resulta obvio por qué las muestras de este tipo presentan un sesgo inherente y no deberían emplearse para realizar inferencias sobre la población general.

¹ En muchas organizaciones de encuestas se ha convertido en práctica habitual que el trabajo de designar los hogares entre los que seleccionar sea una actividad de oficina debido a que de ese modo el proceso es más fácil de controlar, por la presencia de supervisores. Además, la muestra debe ser seleccionada por alguien que no haya participado en la elaboración de la lista de hogares previa a la selección de la muestra o que no esté familiarizado con la situación real sobre el terreno.

3.3. Determinación del tamaño de la muestra para encuestas de hogares

28. Este apartado se aborda pormenorizada y detalladamente debido a la importancia que tiene el tamaño de la muestra para la operación en conjunto y para el costo de una encuesta. No sólo es importante por lo que se refiere al número de hogares entrevistados, sino también por cuántas zonas geográficas son las unidades primarias de muestreo (UPM) incluidas en la muestra, cuántos son los entrevistadores contratados, cuál es la carga de trabajo de cada entrevistador, etcétera. Los factores y parámetros que deben tenerse en cuenta al determinar el tamaño de la muestra son múltiples, pero giran principalmente en torno a los objetivos de medición. Abordaremos la determinación del tamaño de la muestra en función de las estimaciones clave deseadas, las poblaciones objetivo, el número de hogares que deben incluirse en la muestra para llegar a las poblaciones objetivo necesarias, el nivel de precisión y confianza deseado, los campos de estimación, si conviene medir el nivel o cambio o no, el efecto de la conglomeración, el límite permisible de falta de respuesta y el presupuesto disponible. El tamaño de la muestra constituye, sin duda, la característica central que determina el diseño general de la muestra.

3.3.1. Magnitudes de las estimaciones de la encuesta

29. En las encuestas de hogares, ya tengan un propósito general o se centren en un tema concreto, como la salud o la actividad económica, para obtener cualquier estimación (denominada a menudo *indicador*) a partir de la encuesta es preciso, para que la medición sea fiable, un tamaño de muestra diferente. El tamaño de la muestra estará en función del tamaño de la estimación, es decir, la proporción prevista de la población total. Por ejemplo, para estimar con fiabilidad la proporción de hogares con acceso a agua potable se requiere un tamaño de muestra distinto que para estimar la proporción de adultos que no trabaja en la actualidad.

30. Las expresiones para calcular el tamaño de una muestra se basan en el enunciado probabilístico de que el parámetro de la población real se encuentra en un intervalo con una probabilidad dada (nivel de confianza). La amplitud (o precisión) del intervalo depende de la varianza de la población a la que se refiere el cuadro 3.2, del grado de confianza y del tamaño de la muestra. En general, cuanto mayor es la homogeneidad de la población o el nivel deseado de confianza, más amplio es el intervalo. Por otra parte, la amplitud del intervalo se reducirá a medida que aumente el tamaño de la muestra. En el párrafo 22 del capítulo 7 se ofrecen algunos ejemplos de intervalos de confianza. La siguiente expresión representa un intervalo de confianza de una media de población \bar{Y} teniendo en cuenta el estimador de la media de población \hat{Y} basado en una muestra aleatoria simple de tamaño n sin sustitución.

$$P \left[\hat{Y} - z_{1-\alpha} \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s^2(y)}{n}} \leq \bar{Y} \leq \hat{Y} + z_{1-\alpha} \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s^2(y)}{n}} \right] = (1 - \alpha) 100\% \quad (3.5)$$

Donde $1 - \alpha$ es el coeficiente de confianza del intervalo. Obsérvese también que cuando se considera la estimación de una proporción p , $\sigma^2(y) = p(1 - p)$.

31. En la práctica, la encuesta sólo puede tener un tamaño de muestra. Para calcular el tamaño de la muestra hay que elegir entre las muchas estimaciones que se medirán en la encuesta. Por ejemplo, si la estimación principal fuera la tasa de desempleo, el cálculo del tamaño de la muestra estaría basado

en ella². Cuando hay varios indicadores clave suele aplicarse una convención que consiste en calcular el tamaño de la muestra necesario para cada indicador y emplear aquel que genere la muestra mayor. Por lo general, éste es el indicador para el que la población base es la “subpoblación objetivo” más reducida en función de su proporción de la población total. La precisión deseada, por supuesto, debe tenerse en cuenta (véase más adelante). Cuando el tamaño de la muestra se basa en una estimación de esta clase, cada una de las demás estimaciones clave se medirá con una fiabilidad igual o mayor.

32. De manera alternativa, el tamaño de la muestra puede basarse en una proporción relativamente pequeña de la población objetivo en lugar de basarse en la especificación de un indicador concreto. Es probable que éste sea el mejor método en una encuesta de hogares general centrada en varios temas inconexos, en cuyo caso sería poco práctico e imprudente basar el tamaño de la muestra en el indicador de un solo tema. Los directores a cargo de la encuesta podrían decidir, por tanto, basar el tamaño de la muestra en la capacidad para medir, con fiabilidad, una característica que la posea el 5% (o el 10%) de la población; la elección exacta dependerá de consideraciones presupuestarias.

3.3.2. Población objetivo

33. El tamaño de la muestra depende también de la población objetivo que cubrirá la encuesta. Al igual que indicadores, en las encuestas de hogares hay varias poblaciones objetivo. Una encuesta de salud, por ejemplo, puede tener como objetivo: *a*) los hogares, para evaluar el acceso a agua potable y saneamiento; y a la vez *b*) todas las personas, para estimar las afecciones crónicas y agudas; *c*) las mujeres de edades comprendidas entre los 14 y los 49 años, para indicadores de salud reproductiva; y *d*) los niños menores de cinco años, para mediciones antropométricas de altura y peso.

34. Por consiguiente, el cálculo del tamaño de la muestra debe tener en cuenta cada una de las poblaciones objetivo. Como mencionamos anteriormente, es frecuente que las encuestas de hogares tengan múltiples poblaciones objetivo, y todas ellas de igual interés con respecto a los objetivos de medición de la encuesta. De nuevo, una forma viable consiste en centrarse en la más pequeña a la hora de determinar el tamaño de la muestra. Por ejemplo, si los niños menores de cinco años constituyen un grupo objetivo importante para la encuesta, el tamaño de la muestra debería basarse en dicho grupo. Aplicando el concepto descrito en el párrafo 32, el equipo directivo de la encuesta podría decidir calcular el tamaño de la muestra para estimar una característica que posea el 10% de los niños menores de cinco años. El tamaño de la muestra resultante sería considerablemente mayor que el necesario para un grupo objetivo formado por todas las personas o todos los hogares.

3.3.3. Precisión y confianza estadística

35. Antes se señaló que las estimaciones, sobre todo para los indicadores clave, deben ser *fiabiles*. La determinación del tamaño de la muestra depende en gran medida del grado de precisión deseado en los indicadores. Cuanto más precisas o fiables tengan que ser las estimaciones de la encuesta, mayor, en varios órdenes de magnitud, debe ser el tamaño de la muestra. Doblar las necesidades de fiabilidad, por ejemplo, puede suponer *cuadruplicar* el tamaño de la muestra. Obviamente, los directores de la encuesta deben ser conscientes del efecto que tienen en el tamaño de la muestra y, por consi-

² En cierto modo resulta paradójico que para calcular el tamaño de la muestra la fórmula exija conocer el valor aproximado de la estimación que se quiere medir. Sin embargo, el valor puede “adivinarse” de varias maneras; por ejemplo, recurriendo a los datos extraídos de un censo o de una encuesta similar, de un país vecino, de una encuesta piloto, etcétera.

guiente, en el costo de la encuesta, unas necesidades de precisión excesivamente rigurosas. Por otro lado, deben extremar la precaución para no elegir una muestra con un tamaño reducido que genere indicadores demasiado poco fiables para un análisis ilustrativo o para una planificación lógica.

36. De forma similar, el tamaño de la muestra aumenta a medida que lo hace el grado de confianza estadística deseada para mantener una determinada precisión. Un nivel de confianza del 95% es considerado el estándar casi universalmente, y el tamaño de la muestra necesario para lograrlo se calcula en función de ello (véase el párrafo 30 anterior).

37. Teniendo en cuenta los indicadores, una convención que se aplica en muchas de las encuestas bien planteadas es emplear como requisito de precisión un margen de *error relativo* del 10% del 95% de nivel de confianza en los indicadores que se estimen, lo que significa que el error estándar de un indicador clave no debería ser superior al 5% de la estimación. Esto se calcula de este modo: $2 \cdot 0,05x$, donde x es la estimación de la encuesta. Por ejemplo, si la proporción estimada de población activa representa el 65%, el error estándar no debería superar los 3,25 puntos de porcentaje, es decir, 0,65 multiplicado por 0,05. El doble de 0,0325 o, lo que es lo mismo, 0,065, es el margen de error relativo del nivel de confianza del 95%. Por ejemplo, en el párrafo 30 anterior tenemos

$$\sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s^2(y)}{n}} = 0,05 * \hat{Y} \quad (3.6)$$

38. El tamaño de la muestra necesario para alcanzar el criterio del 10% de margen de error relativo es, por tanto, la cuarta parte de lo que sería en un caso en el que el margen de error relativo se hubiera fijado en el 5%. Un margen de error relativo del 20% suele considerarse el máximo permisible para indicadores importantes (aunque no se recomienda). Esto se debe a que el intervalo de confianza en torno a las estimaciones con mayor tolerancia de errores es demasiado amplio para alcanzar unos resultados que satisfagan la mayoría de las necesidades analíticas o de política. En general, si el presupuesto lo permite, recomendamos aplicar un 5%-10% de errores relativos para los principales indicadores.

3.3.4. Grupos de análisis: campos

39. Otro factor significativo que ejerce una gran influencia en el tamaño de la muestra es el número de campos. Los campos generalmente se definen como los subgrupos de análisis para los que se quieren datos con *igual* fiabilidad. El tamaño de la muestra aumenta, aproximadamente³, a la misma razón que el número de campos deseado. Sin embargo, esto sólo es cierto si todos los campos presentan una variabilidad similar (véase la nota 3). Esto es debido a que el tamaño de la muestra para un nivel de precisión dado no depende del tamaño de la población misma, a menos que represente un porcentaje significativo —digamos del 5% o mayor— de la misma (lo cual rara vez ocurre en el caso de las encuestas de hogares). Por tanto, el tamaño de la muestra que se necesita para una sola provincia (si la encuesta se limitase sólo a esa provincia) sería el mismo que el necesario para todo un país. Éste es un punto de importancia extraordinaria que a menudo es mal entendido por los profesionales de las encuestas, que piensan, equivocadamente, que cuanto mayor es la población mayor debe ser el tamaño de la muestra.

³ Éste es el caso cuando se quiere el mismo grado de fiabilidad en cada uno de los campos.

40. Así, cuando sólo se quieren obtener datos a nivel nacional hay un único campo, y el tamaño de la muestra calculado corresponde a la muestra en todo el país. Sin embargo, si se decidiera que deben obtenerse datos igualmente fiables para las zonas urbanas y rurales por separado, entonces se calcularían los tamaños necesarios de muestras para cada campo, en un esfuerzo por generar resultados fiables. En general, el tamaño de la muestra para cada uno de los campos pertinentes debe calcularse de forma que si hay $D_1, D_2, \dots, \dots, D_k$ campos, haya necesariamente $n_1, n_2, \dots, \dots, n_k$ tamaños de muestra, que dependerán de la variabilidad de la característica pertinente en cada uno de los campos y, así como del nivel de confianza y precisión establecido. El tamaño total de la muestra será, por tanto, $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$.

3.3.4.1. Sobremuestreo en estimaciones por campos

41. Una implicación importante de la necesidad de igual fiabilidad en los campos es que deben utilizarse tasas de muestreo desproporcionadas. Así, cuando la distribución no es de 50-50, como posiblemente sería el caso en los campos urbano y rural, es probable que en la mayoría de los países sea necesario el sobremuestreo deliberado del sector urbano para alcanzar una fiabilidad igual. Sin embargo, cabe destacar que en una encuesta nacional el sobremuestreo en un campo de estudio viene dictado principalmente por la necesidad de obtener estimaciones con un determinado nivel de confianza.

42. Es importante señalar dos consecuencias del sobremuestreo deliberado de subgrupos, ya sea en campos o en estratos. En primer lugar, el sobremuestreo requiere el empleo de ponderaciones de compensación en la encuesta para obtener estimaciones a nivel nacional. En segundo lugar, y más importante, las estimaciones nacionales tendrán en cierto modo menor fiabilidad de la que tendrían si la muestra estuviera distribuida de forma proporcional entre los subgrupos.

3.3.4.2. Elección de los campos

43. Las subzonas geográficas son importantes, por supuesto, y siempre existe la presión de tratarlas como campos con el fin de obtener estimaciones. Por ejemplo, en una encuesta nacional el grupo de los usuarios suele querer datos no sólo de cada una de las regiones principales, sino también de cada provincia. Sin duda debe considerarse con detenimiento el número de campos y elegir con prudencia el tipo de grupos de estimación que constituyen dichos campos. Una estrategia posible es decidir qué grupos de estimación no requerirían, a pesar de su importancia, *igual* fiabilidad en la medición de la encuesta. Los grupos de estimación serían en ese caso tratados en el análisis como *categorías* principales de tabulación y no como campos. Así, los tamaños de la muestra para cada grupo serían considerablemente menores que si se hubieran tratado como campos y, como consecuencia, su fiabilidad también sería menor. Cabe señalar, sin embargo, que el sobremuestreo en un campo concreto puede venir dado por la necesidad de obtener estimaciones en ese campo con un nivel de confianza y una precisión determinados, independientes de los establecidos a escala nacional.

Ejemplo

El siguiente ejemplo ilustra cómo se llevaría a cabo el muestreo y cuál sería su efecto en la fiabilidad si las zonas urbanas y rurales fueran tratadas como grupos de tabulación y no como campos. Supongamos que la población está distribuida de forma que un 60% es rural y un 40% urbana. Si para satisfacer una necesidad de precisión específica se hubiera calculado que el tamaño de la muestra fuera de 8.000 hogares, en el caso de que las zonas urbanas y rurales se trataran como campos separados entonces en la muestra deberían incluirse 16.000 hogares,

8.000 de cada sector. En cambio, si se tratasen como grupos de tabulación, se seleccionaría la muestra nacional de 8.000 hogares en proporción a la distribución en zonas rurales y urbanas, lo que daría como resultado un total de 4.800 hogares rurales y 3.200 urbanos. Supongamos, además, que el error estándar previsto para una característica del 10%, basado en la muestra de 8.000 hogares, es de 0,7 puntos. Éste es el error estándar que se aplica a la estimación nacional (o a las estimaciones rurales y urbanas por separado si se incluyen 8.000 hogares en la muestra de cada campo). En una muestra nacional de 8.000 hogares seleccionada en proporción a la población rural y urbana el error estándar correspondiente a las zonas rurales sería aproximadamente de 0,9 puntos, que equivaldría al producto de la raíz cuadrada del cociente de los tamaños de las muestras y el error estándar de la estimación nacional, o

$$\left(\sqrt{8.000/4.800} \right) * 0,7).$$

En el caso de las zonas urbanas, el error estándar sería de 1,1 puntos, o

$$\left(\sqrt{4.800/3.200} \right) * 0,7).$$

Otra forma de evaluar el efecto es considerar el hecho de que el número de errores estándar de todas las estimaciones relativas a zonas rurales sería un 29% mayor

$$\left(\sqrt{8.000/4.800} \right)$$

que el de las estimaciones nacionales; en el caso de las zonas rurales, el número sería un 58% mayor

$$\left(\sqrt{8.000/3.200} \right).$$

44. Obsérvese que la última frase del ejemplo es aplicable sea cual sea el error estándar a escala nacional. En otras palabras, es aplicable a cualquier estimación tabulada en la encuesta. De ese modo, antes del muestreo es posible analizar el impacto en la fiabilidad de diversos subgrupos que podrían considerarse campos. En este sentido, el equipo encargado de la encuesta dispondría de la información que le ayudaría a decidir si los campos potenciales deberían tratarse como grupos de tabulación. Tal como señalamos antes, eso supondría aplicar a la muestra una asignación proporcional en lugar de una asignación igual. Por ejemplo, si se planifica una encuesta nacional en un país donde sólo el 20% de la población vive en zonas urbanas, el tamaño de la muestra en dichas zonas equivaldría al 20% del tamaño total de la muestra. Así, el error de muestreo en las estimaciones urbanas sería el doble (la raíz cuadrada de $0,8/0,2n$) que el de las estimaciones rurales, y en torno a dos veces y cuarto mayor que el de las estimaciones nacionales (raíz cuadrada de $n/0,2n$). En tal caso, los directores de la encuesta podrían considerar necesario sobremuestrear el sector urbano⁴ y crear en efecto los campos urbano y rural por separado.

45. De forma similar, puede realizarse un análisis de la relación entre errores estándar y campos frente a grupos de tabulación para orientar el proceso de toma de decisiones relativas al empleo o no de las

⁴ La decisión se tomaría si, por ejemplo, los errores estándar relativos previstos en (cualquiera de) los indicadores urbanos clave superasen, digamos, el 7,5% (el nivel de confianza del 95% sería del 15%, sugerido en este manual como el máximo permisible).

regiones u otras unidades geográficas subnacionales como campos y, de ser así, cuántas. Si todos los campos requiriesen tamaños de muestra iguales, el uso de 10 regiones supondría decuplicar el tamaño de la muestra nacional, pero éste se reduciría a la mitad si se considerara que con cinco regiones se satisfarían las necesidades de política. Del mismo modo, si se optase por tratar las regiones como grupos de tabulación, la muestra nacional se distribuiría de forma proporcional entre ellos. En ese caso el número de errores estándar del *promedio* de las regiones sería aproximadamente 3,2 veces mayor que en las estimaciones nacionales si hubiera 10 regiones, pero sólo el doble si hubiese cinco regiones.

3.3.5. Efectos de la conglomeración

46. En el presente apartado se aborda cómo afecta la conglomeración a la hora de determinar el tamaño de la muestra (en el apartado 3.5 se ofrece un análisis más detallado sobre el muestreo por conglomerados). La medida en que se aplica la *conglomeración* a la muestra de una encuesta de hogares afecta a la fiabilidad o precisión de las estimaciones y, por tanto, al tamaño de la muestra. Los efectos de la conglomeración provienen de: *a)* las penúltimas unidades de muestreo, generalmente denominadas “conglomerados”, que pueden ser aldeas o bloques urbanos; *b)* los hogares de la muestra; *c)* el tamaño y/o variabilidad de los conglomerados, y *d)* el método de muestreo de los hogares dentro de los conglomerados seleccionados. La conglomeración, al igual que los efectos de la estratificación, pueden medirse numéricamente mediante el efecto del diseño o (*deff*), que expresa cuánto mayor es la varianza de muestreo (cuadrado del error estándar) de la muestra conglomerada y estratificada respecto a una muestra aleatoria simple del mismo tamaño. La *estratificación* tiende a *reducir* la varianza de muestreo, pero sólo en pequeña medida. La *conglomeración*, por el contrario, *aumenta* considerablemente la varianza. Por consiguiente, el efecto del diseño indica principalmente el grado de conglomeración que hay en la muestra de una encuesta.

47. Un diseño muestral eficaz implica el uso de conglomerados para controlar los costos y para mantener el efecto del diseño lo más bajo posible a fin de obtener resultados utilizables y fiables. Por desgracia, el efecto del diseño se desconoce antes de llevar a cabo una encuesta y sólo puede obtenerse después a partir de los datos mismos. En casos en que se han realizado encuestas previas o encuestas similares en otros países, los valores del efecto del diseño de dichas encuestas pueden emplearse como sustitutivos en la fórmula de cálculo para estimar el tamaño de la muestra.

48. Para mantener el efecto del diseño lo más bajo posible, el diseño de la muestra debería seguir estos principios generales (véase “Resumen de directrices” al final de este capítulo, página 74):

- a)* Emplear tantos conglomerados como sea factible;
- b)* Emplear el tamaño de conglomerado más pequeño factible en función del número de hogares;
- c)* Emplear un tamaño de conglomerado constante en lugar de uno variable;
- d)* Seleccionar en la última etapa una muestra sistemática de hogares dispersos geográficamente en lugar de un segmento de hogares geográficamente contiguos.

49. Así, para una muestra de 12.000 hogares es preferible seleccionar 600 conglomerados de 20 hogares que 400 conglomerados de 30. El efecto del diseño muestral es más bajo en el primer caso. Además, el efecto del diseño se reduce si los hogares se seleccionan sistemáticamente de entre todos los hogares del conglomerado en lugar de seleccionarlos en subsegmentos geográficamente contiguos. Cuando se siguen estas reglas generales el efecto del diseño tiende a ser razonablemente bajo.

3.3.6. Ajustar el tamaño de la muestra a la falta de respuesta prevista

50. Una práctica común en las encuestas es aumentar el tamaño de la muestra en una cantidad igual a la tasa de falta de respuesta prevista. De este modo se garantiza que el número real de entrevistas completadas en la encuesta se aproximará al tamaño de la muestra objetivo.

51. El grado de falta de respuesta en las encuestas varía en gran medida en función del país y del tipo de encuesta. En el ejercicio de cálculo que se muestra a continuación se permite una tasa de falta de respuesta prevista del 10%. Los países, por supuesto, deberían aplicar la cifra que refleje con mayor exactitud su experiencia reciente con encuestas nacionales.

3.3.7. Tamaño de la muestra para muestras maestras

52. Las muestras maestras se abordan en detalle en el capítulo 4. El presente apartado se centra en el tamaño de la muestra para un plan de la muestra maestra. Una muestra maestra es, en pocas palabras, una muestra grande de UPM para países que tienen importantes programas de encuestas integrados y continuados. Esa gran muestra se elabora con la intención de proporcionar suficientes casos de la muestra “incluidos en el banco” como para abastecer múltiples encuestas a lo largo de varios años sin que haya necesidad de entrevistar a los mismos informadores repetidas veces.

53. Al tener en cuenta tantas encuestas, y por tanto tantos temas básicos en la muestra maestra, no hay duda de que pueden abarcarse numerosas poblaciones objetivo y estimaciones clave. En ese sentido, la mayoría de los países establece el tamaño de la muestra basándose en dos consideraciones. La primera, que es inevitable, es el presupuesto. La segunda son los tamaños de la muestra previstos de las encuestas individuales que podrían emplearse a lo largo del período de tiempo cubierto con el uso de la muestra maestra, que suele corresponder a los 10 años de intervalo entre los censos de población. Así, los tamaños de la muestra posibles de las muestras maestras son muy grandes, alcanzando cifras tan elevadas como 50.000 hogares o más. Los planes en que se utiliza todo el banco de hogares se elaboran con extrema cautela.

Ejemplo

Supongamos que la muestra maestra de un país A contiene 50.000 hogares. Se pretende usar la muestra maestra en tres encuestas que ya han sido planificadas, y en otras dos que no. Una de las encuestas se centra en los ingresos y los gastos de los hogares y se repetirá tres veces a lo largo de la década en los años 1º, 5º y 8º. Dicha encuesta se ha diseñado para encuestar 8.000 hogares en cada uno de los tres años. En el 5º año, sin embargo, habrá un muestreo con sustitución de 4.000 hogares en la mitad de los 8.000 hogares entrevistados el primer año. De forma similar, en el 8º año se reemplazarán los 4.000 hogares restantes del primer año por 4.000 hogares nuevos. Por tanto, en total se emplearán 16.000 hogares en la encuesta sobre ingresos y gastos. La segunda encuesta que se ha planificado es una encuesta de salud donde está previsto utilizar unos 10.000 hogares, mientras que en la tercera encuesta, sobre la participación de la población activa, se emplearán 12.000 hogares. Según esto, todavía quedan 12.000 hogares para usarlos en otras encuestas si fuera necesario.

3.3.8. Estimación del cambio o nivel

54. En las encuestas que se repiten de forma periódica, un objetivo de medición clave consiste en estimar los cambios que se producen entre encuestas. En términos estadísticos, la estimación de la encuesta obtenida en la primera ocasión proporciona el *nivel* de un indicador dado, mientras que la

diferencia entre éste y la estimación del nivel obtenido en la segunda ocasión representa el *cambio* estimado. Para estimar el cambio suele ser necesario un tamaño de la muestra sustancialmente mayor, en comparación con el que se necesita para estimar sólo el nivel, a fin de poder extraer conclusiones fiables. No obstante, hay ciertas técnicas de muestreo que contribuyen a reducir el tamaño de la muestra (y, por tanto, el costo) a la hora de estimar el cambio (véase el apartado 3.9.2).

3.3.9. Presupuesto de la encuesta

55. Tal vez huelga decir que el presupuesto de la encuesta no puede pasarse por alto a la hora de determinar un tamaño adecuado para la muestra de una encuesta de hogares. Si bien el presupuesto no es un parámetro que cuente en los cálculos matemáticos del tamaño de la muestra, sí cuenta, y mucho, a nivel práctico.

56. Es labor del estadístico calcular inicialmente, tomando en cuenta cada uno de los parámetros tratados en este capítulo, el tamaño de la muestra. Sin embargo, con frecuencia se da el caso de que el tamaño excede el alcance del presupuesto. Cuando ocurre esto, el equipo de la encuesta debe buscar fondos adicionales o modificar los objetivos de medición ya sea reduciendo las necesidades de precisión o el número de campos.

57. Es responsabilidad del técnico en muestreo dar una orientación u otra al decidir si se da prioridad a los costos o a la precisión. El técnico debería explicar los inconvenientes de limitar el número de campos (menor utilidad para los usuarios) o de reducir las exigencias relativas a la precisión (menor fiabilidad en los indicadores clave) cuando el tamaño adecuado de la muestra debe reducirse por razones presupuestarias. El planteamiento debería discurrir en la línea de los ejemplos sobre precisión y campos aportados anteriormente. El hecho de que el número de conglomerados constituya también un factor determinante en los costos de la encuesta y en su precisión debería ser sopesado con detenimiento por el muestreador a la hora de asesorar al equipo de la encuesta (esta cuestión se aborda de nuevo en el apartado 3.5.5).

3.3.10. Cálculo del tamaño de la muestra

58. En el presente apartado se proporciona la fórmula para calcular el tamaño de la muestra teniendo en cuenta los parámetros explicados con anterioridad. Dado que nos centramos en las encuestas de hogares, el tamaño de la muestra se calcula en función del número de hogares que deben seleccionarse. Asimismo, se aportan algunos ejemplos.

59. En general, cuando se incluye una proporción p , la fórmula⁵ de estimación del tamaño de la muestra n_h es

$$n_h = (z^2) (r) (1-r) (f) (k)/(p) (\bar{n}) (e^2), \quad (3.7)$$

donde n_h es el parámetro que se calculará y es el tamaño de la muestra expresado en número de hogares que se seleccionarán; z es el estadístico que define el nivel de confianza deseado; r es una esti-

⁵ La fórmula del tamaño de la muestra puede contener también un factor, denominado el multiplicador finito, que debe tenerse en cuenta cuando el tamaño de la muestra calculado resulta una proporción grande del tamaño de la población. No obstante, esta condición rara vez se da en encuestas de hogares a gran escala como las que se estudian en este manual. Por consiguiente, al multiplicador finito se le supone un valor de 1,0 y, por tanto, se ignora en la fórmula 3.5.

mación de un indicador clave para medir en la encuesta; f es el efecto del diseño de la muestra o *deff*, que se supone que es 2,0 (valor por defecto); k es un multiplicador necesario para representar la tasa de falta de respuesta prevista; p es la proporción de la población total a la que representa la población objetivo y en la que está basado el parámetro r ; p es el tamaño promedio de los hogares (número de personas por hogar); y e es el margen de error que se debe alcanzar. Los valores recomendados para algunos de los parámetros son los siguientes.

60. El estadístico z que se use debería ser 1,96 para el nivel de confianza del 95% (en contraposición a, por ejemplo, 1,645 para el nivel del 90%). El primero generalmente se considera el estándar para asignar el grado de confianza deseado al evaluar el margen de error de las encuestas de hogares. El valor por defecto del efecto del diseño muestral suele fijarse en 2,0 a menos que se disponga de datos empíricos convincentes de encuestas previas o relacionadas que aconsejen un valor diferente. El multiplicador de falta de respuesta, k , debería elegirse teniendo en cuenta la propia experiencia del país en lo referente a la falta de respuesta, que en los países en desarrollo suele situarse por debajo del 10%. Por tanto, un valor de 1,1 para k constituiría una opción conservadora. El parámetro p puede calcularse normalmente a partir de los resultados del censo más reciente. El parámetro p suele estar en torno a 6,0 en la mayoría de los países en desarrollo, pero debería emplearse el valor exacto, al que normalmente puede accederse a través del último censo. En cuanto al margen de error, e , se recomienda fijar el nivel de precisión en el 10% de r ; así $e = 0,10r$. Puede obtenerse un tamaño de la muestra más pequeño con un margen de error más reducido, $e = 0,15r$, pero los resultados de la encuesta serían mucho menos fiables. Sustituyendo algunos valores seleccionados obtenemos

$$n_b = (3,84) (1-r) (1,2) (1,1)/(r) (p) (6) (0,01). \quad (3.8)$$

La ecuación (3.2) queda más reducida:

$$n_b = (84,5) (1-r)/(r) (p). \quad (3.9)$$

61. Puede usarse la versión reducida cuando se empleen *todos* los valores de los parámetros recomendados por defecto en lugar de valores más precisos disponibles de la experiencia propia de un país.

Ejemplo

En un país B se decide que el principal indicador que se desea medir en la encuesta es la tasa de desempleo, que se cree está en torno al 10% de la población activa civil. La población activa civil se define como la población de 14 años o más, y constituye cerca del 65% de la población total del país. En este caso, $r = 0,1$ y $p = 0,65$. Supongamos que queremos estimar la tasa de desempleo con un margen de error relativo del 10% para un nivel de confianza del 95%, de modo que $e = 0,10r$ (o, lo que es lo mismo, un error estándar de 0,01) tal como recomendamos anteriormente y que los valores para la tasa de falta de respuesta prevista, efecto del diseño y tamaño promedio de los hogares son los que hemos recomendado. Así pues, podemos emplear la fórmula (3.9), que da un total de 1.170 hogares $[(84,5 \cdot 0,9)/(0,1 \cdot 0,65)]$. El tamaño de esta muestra es bastante pequeño, sobre todo porque la población base constituye una gran proporción del total: el 65%. Recordemos que el tamaño de la muestra calculado es para un solo campo, en este caso el nivel nacional. Si entre los objetivos de medición figurara obtener datos igual de fiables para las zonas urbanas y rurales, el tamaño de la muestra se duplicaría, suponiendo que todos los parámetros de las fórmulas (3.8) y (3.9) se apliquen a unas zonas y a otras. En el momento en que los parámetros difieran (por ejemplo, el tamaño promedio de los hogares urbanos puede ser distinto al

de los hogares rurales, y las tasas de respuesta previstas en cada caso pueden divergir), deberían usarse los valores más exactos para calcular los tamaños de la muestra para las zonas urbanas y rurales por separado. Los resultados, por supuesto, serían diferentes.

62. En el siguiente ejemplo se expone una población base más reducida: los niños menores de cinco años.

Ejemplo

En un país C se determina que el principal indicador de la encuesta será la tasa de mortalidad entre los niños menores de cinco años, que se cree que es de unos 5 puntos de porcentaje. En este caso, $r = 0,05$ y p se estima que equivale aproximadamente a 0,15, o $0,03 \cdot 5$. De nuevo, queremos estimar la tasa de mortalidad con un margen de error relativo del 10%; por tanto $e = 0,10r$ (o un error estándar de 0,005). Los valores de la tasa de falta de respuesta prevista, el efecto del diseño y el tamaño promedio de los hogares son nuevamente los que hemos recomendado. La fórmula (3.9) da como resultado 10.704 hogares $(84,5 \cdot 0,95) / (0,05 \cdot 0,15)$, un tamaño de muestra mucho mayor que en el ejemplo anterior. De nuevo, la primera razón que lo explica hace referencia al tamaño de la población base, es decir, los niños menores de cinco años, que constituyen sólo un 15% del total de la población. El parámetro estimado r es también pequeño, y eso unido a una p pequeña da como resultado una muestra de gran tamaño.

63. En el ejemplo siguiente la población total es la población objetivo. En ese caso, $p = 1$ y por lo tanto puede ignorarse; no obstante, las fórmulas (3.8) y (3.9) pueden usarse si se emplean los valores recomendados de los parámetros.

Ejemplo

Un país D determina que el principal indicador de la encuesta será la proporción de personas de toda la población que padecieron una enfermedad aguda la semana anterior. Se cree que la proporción estará entre el 5% y el 10%, y se usará el valor más pequeño porque dará el tamaño de la muestra mayor (enfoque conservador). En este caso $r = 0,05$ y p , por supuesto, es 1,0. De nuevo, queremos estimar la tasa de afecciones agudas con un 10% de margen de error relativo: $e = 0,10r$ ⁶ (o error estándar de 0,005) y los valores para la tasa de falta de respuesta prevista, el efecto del diseño y el tamaño promedio de los hogares son de nuevo los que hemos recomendado. La fórmula (3.9) da un resultado ligeramente superior a 6.000 hogares $(84,5 \cdot 0,95) / (0,05)$.

64. Tal como mencionamos antes, el tamaño de la muestra de la encuesta se determinará en última instancia calculando los tamaños de la muestra de varios indicadores clave y basando la decisión final en el que dé el tamaño mayor. Asimismo, antes de determinarlo de forma definitiva debe considerarse el número de campos y el presupuesto de la encuesta.
65. Para países donde no se puede partir de las suposiciones tratadas anteriormente pueden realizarse sustituciones simples en la fórmula (3.7) para obtener cifras más exactas sobre el tamaño de la muestra. Por ejemplo, el tamaño promedio de los hogares puede ser superior o inferior a 6,0; puede preverse una tasa de falta de respuesta del 5% en lugar del 10%; y el valor de p en un país concreto puede calcularse con mayor precisión recurriendo a las cifras del censo.
66. No obstante, se recomienda no modificar el valor 1,96 del estadístico z , ya que es el estándar comúnmente utilizado. Con un propósito práctico, el efecto del diseño, f , debería mantenerse en 2,0

⁶ Dado que en este caso r se aplica a toda la población, es igual a p , de forma que e es igual a $0,10p$.

a menos que, como ya hemos apuntado, los datos de alguna encuesta reciente de otra fuente indiquen lo contrario. También se recomienda definir e como $0,10r$, salvo en casos donde los presupuestos no alcancen para mantener el tamaño de la muestra resultante. En ese caso puede aumentarse a $0,12r$ o $0,15r$. Sin embargo, tales aumentos en el margen de error generarán un número más elevado de errores de muestreo.

3.4. Estratificación

67. Al diseñar una encuesta de hogares, una técnica muy extendida es la estratificación de la población que se desea encuestar previa a la selección de la muestra. Ésta sirve para clasificar a la población en subpoblaciones —estratos— basándose en información auxiliar conocida sobre toda la población. Después de cada estrato se seleccionan, independientemente, los elementos de la muestra de una forma coherente con los objetivos de medición de la encuesta.

3.4.1. Estratificación y asignación de la muestra

68. Como en el caso del muestreo estratificado, los tamaños de la muestra dentro de cada estrato los controla el técnico de muestreo, en lugar de determinarlos de forma aleatoria en el proceso de muestreo. Una población dividida en estratos puede incluir en la muestra exactamente n_s unidades de cada estrato, donde n_s es el número deseado de unidades de la muestra en el s^o estrato. Por el contrario, una muestra no estratificada generaría un tamaño de la muestra en la s^a subpoblación que variaría algo de n_s .

Ejemplo

Supongamos que el diseño de la muestra de una encuesta consiste en dos estratos: urbano y rural. Se dispone de información del censo de población para clasificar todas las unidades geográfico-administrativas en urbanas o rurales. Se decide seleccionar una muestra proporcional (en contraposición a la no proporcional) en cada estrato porque la población se halla distribuida en zonas rurales y urbanas en un 60% y un 40% respectivamente. Si el tamaño de la muestra es de 5.000 hogares, la selección independiente de la muestra por estratos garantizará que 3.000 de esos hogares sean rurales y 2.000 urbanos. Si la muestra se seleccionara de forma aleatoria sin fijar previamente los estratos, la distribución de los hogares de la muestra variaría de la distribución 3.000-2.000, aunque hubiera sido la prevista. Así, el muestreo no estratificado podría, por mala fortuna, generar una muestra de, por ejemplo, 3.200 hogares rurales y 2.800 urbanos.

69. Por tanto, una razón para emplear la estratificación es reducir la probabilidad de que por mala fortuna se seleccione un número de unidades de muestreo desproporcionadamente grande (o pequeño) de una subpoblación que se considera importante para el análisis. La estratificación se aplica para asegurar la representación adecuada de los grupos de subpoblación importantes sin sesgar la operación de selección. No obstante, es importante tener en cuenta que una representación adecuada no equivale a un muestreo proporcional. En muchas aplicaciones, uno o más estratos pueden también ser campos de estimación (tratados anteriormente). En ese caso puede ser necesario seleccionar muestras de igual tamaño en los estratos afectados, obteniendo así una muestra desproporcionada por estratos. Por ello, tanto la *asignación* proporcional como la no proporcional de las unidades de muestreo entre los estratos son características legítimas del diseño de una muestra estratificada, y la elección depende de los objetivos de medición de la encuesta.

70. Tal como se indica en la frase anterior, la estratificación puede proporcionar también los medios para asignar la muestra implícitamente, un método más simple y práctico que la asignación óptima⁷. Dicho de otro modo, con el muestreo proporcional por estratos no es necesario calcular con antelación el número de casos de la muestra que se asignará a cada estrato.

Ejemplo

Supongamos que un objetivo del diseño muestral es asegurar con precisión la asignación proporcional del tamaño total de la muestra a cada una de las 10 provincias de un país. Si, por ejemplo, la provincia A contiene el 12% de la población nacional, entonces el 12% de los conglomerados de la muestra deberían ser seleccionados en dicha provincia, dado que el tamaño de conglomerado previsto es constante. Supongamos, además, que el número total de conglomerados que se seleccionará en todo el país es de 400. Un método empleado con frecuencia en muchos países consiste en *asignar* 48 ($0,12 \cdot 400$) conglomerados a la provincia A. No obstante, con la estratificación adecuada el procedimiento resulta innecesario. En cambio, cada provincia debería considerarse un estrato separado en el proceso de selección de la muestra. Por tanto, la aplicación del muestreo sistemático con probabilidad proporcional al tamaño (véase el cuadro 3.1), con un solo intervalo de muestreo, tendrá automáticamente como resultado los 48 conglomerados previstos de la provincia A. Este tipo de estratificación y su uso en la simplificación de los planes de asignación se abordan con mayor detenimiento en el apartado 3.4.3.

3.4.2. Normas de estratificación

71. Existen dos normas básicas que deben aplicarse al estratificar una población. Que una de ellas se cumpla es un requisito imprescindible. La otra también debería cumplirse; de todos modos, si eso sucediese el daño en el diseño de la muestra sería poco relevante. La norma dicta que es ineludible seleccionar al menos una unidad de muestreo de cada estrato creado. Los estratos son subconjuntos de población esencialmente independientes y mutuamente excluyentes: cada elemento de una población debe pertenecer a un estrato y sólo a uno. Teniendo en cuenta esta característica, cada estrato *debe* estar incluido en la muestra para que toda la población quede incluida y pueda calcularse una estimación no sesgada de la media de la población. Puesto que teóricamente cada estrato puede tratarse de forma independiente en el diseño de la muestra, la creación de los estratos no tiene por qué llevarse a cabo siguiendo unos criterios objetivos; si se quiere, pueden aplicarse también criterios subjetivos. El principio de referencia debería ser que las unidades pertenecientes a un estrato fuesen, dentro de lo posible, similares respecto a la variable de estudio, a fin de ver reducida la variabilidad dentro de cada estrato.

72. La segunda norma de estratificación es que, en condiciones ideales, cada estrato debería ser lo más diferente posible de los demás. La heterogeneidad *entre* estratos y la homogeneidad *dentro* de cada estrato constituyen la característica básica que rige la creación de los estratos. Resulta fácil, pues, comprender por qué las zonas urbanas y rurales suelen establecerse como dos de los estratos de las encuestas de hogares. Tal como señalamos anteriormente, las poblaciones rurales y urbanas presentan diferencias en diversos sentidos (tipo de empleo, fuente y cantidad de ingresos, tamaño promedio del hogar, tasa de fecundidad, etcétera), pero los miembros de la población dentro de cada subgrupo son similares.

⁷ La asignación óptima se refiere a la asignación basada en las funciones de los costos y las diferentes varianzas dentro del estrato (medidas de heterogeneidad). No se aborda en este manual porque en los países en desarrollo rara vez se pone en práctica. Eso puede deberse a la falta de cifras de costos definitivas para las encuestas. El lector podrá encontrar información detallada sobre la asignación óptima en varios títulos de la bibliografía de este capítulo.

73. La característica de la heterogeneidad es una pauta útil para determinar cuántos estratos deberían crearse. No debería haber más estratos que subpoblaciones identificables, dado el criterio concreto que se ha empleado para definir los estratos. Por ejemplo, si un país se divide en ocho regiones geográficas por razones administrativas y dos de las regiones son muy similares con respecto al tema específico objeto de la encuesta, el diseño adecuado de la muestra se lograría creando siete estratos (combinando las dos regiones similares). No se gana nada usando 20 estratos si con 10 puede lograrse la misma subagrupación heterogénea.

74. Es importante observar que, en cuanto a la selección *proporcional*, la muestra resultante es cuando menos igual de precisa que una muestra aleatoria simple del mismo tamaño. Así, la estratificación mejora la precisión o fiabilidad de las estimaciones de la encuesta y cuanto más heterogéneos son los estratos, mayores son los beneficios. Esta característica del muestreo estratificado asegura que ni siquiera una estratificación deficiente⁸ perjudique las estimaciones de la encuesta en lo que se refiere a fiabilidad.

75. Otro punto importante atañe a la estimación de los errores de muestreo. Mientras que la selección de una sola unidad de cada estrato basta para cumplir los requisitos teóricos del muestreo estratificado, debe seleccionarse *un mínimo de dos* para que los resultados de la muestra sirvan para calcular los errores de muestreo de las estimaciones de la encuesta.

76. A veces puede ser necesario usar varias variables en la estratificación. En tales casos debemos guiarnos por los siguientes factores: es preferible que las variables de estratificación no guarden relación entre sí, sino con la variable de la encuesta; no es preciso ser exhaustivo a la hora de crear las casillas (las más pequeñas o menos importantes pueden combinarse); y en general, se obtiene mayor beneficio empleando divisiones más rudimentarias de varias variables que divisiones más afinadas de una sola variable.

3.4.3. Estratificación implícita

77. Tal como se ha mencionado anteriormente, la elección de información disponible para crear estratos viene determinada por los objetivos de medición de la encuesta. En el caso de las encuestas de hogares en gran escala y con numerosos objetivos respecto al contenido. Un método particularmente útil es la denominada estratificación implícita. El hecho de que el criterio esencial sea geográfico suele ser suficiente para distribuir la muestra de forma adecuada entre subgrupos importantes de población, como las zonas urbanas y rurales, regiones administrativas, subpoblaciones étnicas, grupos socioeconómicos, etcétera. Dada su propiedad geográfica, la estratificación implícita resulta de gran utilidad incluso cuando la materia de la encuesta se centra en un solo tema, ya sea la población activa, la actividad económica en los hogares, la medición de la pobreza, la salud o los ingresos y los gastos. Así, se recomienda encarecidamente el empleo de esta técnica por todas estas razones y por la simplicidad de su aplicación.

78. Para aplicarse correctamente, la estratificación implícita exige el uso de la selección sistemática en la primera etapa de muestreo. Realizar el procedimiento es muy sencillo e implica, en primer lugar, organizar el archivo de UPM en orden geográfico. En muchos países las zonas urbanas probablemente se ordenarán por provincias, y dentro de la provincia, por distritos, y posteriormente se procederá de la misma forma con las zonas rurales. El siguiente paso consiste en seleccionar de

⁸ La estratificación deficiente se produce cuando se crean estratos innecesarios o cuando algunos de los elementos de la población se clasifican de forma incorrecta en los estratos equivocados.

forma sistemática las UPM del archivo ordenado. La selección sistemática se lleva a cabo bien a través de muestreo con igual probabilidad o, más probablemente, a través de muestreo con probabilidad proporcional al tamaño.

79. Como ya se ha mencionado, una ventaja importante de la estratificación implícita es que elimina la necesidad de establecer estratos geográficos explícitos, lo cual suprime a la vez la necesidad de asignar la muestra a dichos estratos, sobre todo si se emplea el muestreo proporcional. Otra ventaja es la simplicidad a la que se ha hecho referencia en el párrafo anterior, dado que el método sólo exige la ordenación del archivo y la aplicación de el/los intervalo(s) de muestreo. El muestreo no proporcional también puede aplicarse fácilmente en el primer nivel de la clasificación geográfica. Por ejemplo, si el carácter urbano o rural constituye el primer nivel, aplicar tasas de muestreo a las partes urbana y rural es una operación sencilla. En la figura 3.1 se muestra un plan de estratificación implícita con muestreo sistemático. El muestreo con probabilidad proporcional al tamaño se aborda más adelante en el apartado 3.7.

3.5. Muestreo por conglomerados

80. El término “muestreo por conglomerados” se acuñó originalmente para referirse a los diseños muestrales en los que todos los miembros de un grupo se incluían en la muestra. Los grupos se definían como conglomerados. Por ejemplo, puede que se seleccione una muestra de escuelas en la primera etapa y una muestra de clases en la segunda. Si se encuesta a todos los miembros de cada clase tendremos una muestra conglomerada de clases. En las encuestas de hogares un ejemplo de la noción original del muestreo por conglomerados sería la selección de bloques urbanos en los que se entrevistara para la encuesta a todos los residentes de cada uno de los bloques. No obstante, en los últimos años el “muestreo conglomerado” se ha empleado en un sentido más amplio para referirse a las encuestas en las que hay una penúltima etapa de muestreo en la que se seleccionan (y definen) los conglomerados, como las aldeas, las zonas de empadronamiento censal o los bloques urbanos. En la etapa final de muestreo se encuesta a una submuestra de hogares dentro de cada conglomerado seleccionado en lugar de a todos ellos. Esta última acepción del término es la que se emplea en el presente manual.

81. En las encuestas de hogares el diseño de la muestra requerirá invariablemente y por necesidad utilizar alguna forma de muestreo conglomerado para asegurar la contención de los costos de la encuesta. Como mencionamos anteriormente, resulta más barato llevar a cabo una encuesta de, por ejemplo, 1.000 hogares en 50 lugares (20 hogares por conglomerado) que de 1.000 hogares seleccionados al azar en toda la población. Lamentablemente, la conglomeración de la muestra reduce la fiabilidad, debido a la probabilidad de que las personas que viven en un mismo conglomerado sean homogéneas o presenten características más o menos similares. El llamado efecto de conglomeración tiene que compensarse en el diseño muestral con un aumento equiparable del tamaño de la muestra.

3.5.1. Características del muestreo por conglomerados

82. El muestreo conglomerado difiere considerablemente del muestreo estratificado en dos aspectos⁹. En el muestreo estratificado todos los estratos están representados en la muestra, dado que se selecciona una muestra de unidades de cada estrato. En el muestreo conglomerado se realiza una selección de los propios conglomerados; así, los que se incluyen en la muestra representan a los que no se incluyen.

⁹ Es importante destacar que la estratificación y el muestreo por conglomerados no son alternativas contrapuestas en el diseño de la muestra, dado que ambas se emplean invariablemente en el muestreo de las encuestas de hogares.

Figura 3.1
Clasificación de zonas administrativas en la estratificación implícita

Urbana	
Provincia 01	
Distrito 01	
	ZE 001
	ZE 002
	ZE 003
	ZE 004
Distrito 02	
	ZE 005
	ZE 006
	ZE 007
Provincia 02	
Distrito 01	
	ZE 008
	ZE 009
Distrito 02	
	ZE 010
	ZE 011
	ZE 012
Provincia 03, etc.	
Rural	
Provincia 01	
Distrito 01	
	ZE 101
	ZE 102
	ZE 103
	ZE 104
Distrito 02	
	ZE 105
	ZE 106
	ZE 107
Provincia 02	
Distrito 01	
	ZE 108
	ZE 109
	ZE 110
	ZE 111
Distrito 02	
	ZE 112
	ZE 113
	ZE 114
Provincia 03, etc.	

La primera diferencia entre los muestreos estratificado y conglomerado conduce al segundo aspecto que los distingue. Como señalamos antes, en condiciones ideales deberían crearse estratos internamente homogéneos y externamente heterogéneos respecto a las variables de la encuesta que quieren medirse. En el caso de los conglomerados sucede lo contrario. El hecho de que los conglomerados presenten la máxima heterogeneidad interna posible resulta más ventajoso para la precisión de la muestra.

83. Asimismo, el hecho de que en las encuestas de hogares los conglomerados se definan casi siempre como unidades geográficas tales como aldeas o partes de aldeas significa, por desgracia, que no suele alcanzarse un grado muy elevado de heterogeneidad dentro de cada conglomerado. De hecho, los conglomerados definidos geográficamente tienden a ser más internamente homogéneos que heterogéneos respecto a variables como el tipo de empleo (por ejemplo, la agricultura), nivel de ingresos, etc. Así, el grado de homogeneidad en un conglomerado respecto a una determinada variable determina cuán “conglomerada” se dice que está una muestra. Cuanto mayor sea la conglomeración de la muestra, menor será su fiabilidad.

3.5.2. Efecto de conglomeración

84. El efecto de conglomeración de una muestra se mide parcialmente mediante el efecto del diseño ($deff$). No obstante, el efecto del diseño refleja también los efectos de la estratificación. La labor del equipo encargado de diseñar la muestra es asegurar que el plan de muestreo se proponga lograr el máximo equilibrio entre minimizar los costos y maximizar la precisión. Esto se consigue minimizando o controlando al máximo el efecto del diseño. Para determinar cómo puede minimizarse o controlarse el componente de la conglomeración en el efecto del diseño conviene examinar la siguiente definición matemática:

$$deff = 1 + \delta (\bar{n} - 1), \quad (3.10)$$

donde δ es la correlación intraclase (o intraconglomerado), es decir, la medida en que es probable que dos unidades de un conglomerado y dos unidades seleccionadas de forma aleatoria entre la población tengan el mismo valor; y donde \bar{n} es el número de unidades de la población objetivo del conglomerado.

85. La ecuación (3.10) no es, estrictamente hablando, la fórmula de $deff$ porque no se tiene en cuenta la estratificación ni el otro factor que interviene cuando los conglomerados no tienen un tamaño uniforme. Aun así, dado que el componente de la conglomeración es el factor predominante en $deff$, puede usarse como una forma aproximada para mostrar cómo afecta la conglomeración en el diseño de la muestra y qué puede hacerse para controlarlo.

86. En la expresión expuesta antes se ve que $deff$ es una función multiplicativa de dos variables: la correlación intraclase, δ , y el tamaño del conglomerado, \bar{n} . Así, $deff$ aumenta a medida que aumentan δ y \bar{n} . Si bien el muestreador no puede ejercer control sobre la correlación intraclase de cualquiera de las variables sometida a estudio, sí puede ajustar el tamaño de la muestra en un sentido u otro al diseñarla y así, en gran medida, controlar el efecto del diseño.

Ejemplo

Supongamos que una población tiene una correlación intraclase de 0,03, que es bastante pequeña, en enfermedades crónicas. Supongamos también que los planificadores de la muestra están debatiendo si emplear conglomerados de 10 o de 20 hogares, siendo el tamaño total de la mues-

tra de 5.000 hogares. Para simplificar, supongamos además que todos los hogares constan de cinco personas. El valor de \bar{n} es, pues, 50 para 10 hogares y 100 para 20. La simple sustitución en la ecuación (3.4) da como resultado un valor aproximado de $deff$ de $[1 + 0,03(49)]$, o 2,5 en el diseño de conglomerados de 10 hogares y de 4,0 en el diseño de conglomerados de 20 hogares. Así, el efecto del diseño es aproximadamente un 60% mayor en el caso de los conglomerados más grandes. En ese caso el equipo de la encuesta tendría que decidir cuál de las dos opciones es mejor: muestrear el doble de conglomerados (500) usando la alternativa de conglomerados de 10 hogares para mantener la fiabilidad en un nivel más aceptable o escoger la opción más barata de 250 hogares a cambio de incrementar drásticamente la varianza de muestreo. Por supuesto, también cabría considerar opciones intermedias entre los 10 y los 20 hogares.

87. Hay varias formas de interpretar el efecto del diseño: como el factor responsable de que la varianza de muestreo del diseño de la muestra real que se use en la encuesta sea mayor que la de una muestra aleatoria simple (MAS) del mismo tamaño; como la forma de medir cuánto peor es el plan de la muestra real respecto a la muestra aleatoria simple por lo que se refiere a precisión; como la forma de reflejar cuántos casos más tendrían que seleccionarse en el diseño muestral planificado en comparación con una muestra aleatoria simple para lograr el mismo nivel de varianza de muestreo. Por ejemplo, un $deff$ de 2,0 significa que deberían seleccionarse el doble de casos para conseguir la fiabilidad que generaría una muestra aleatoria simple. Es claramente desaconsejable, por tanto, tener un plan de la muestra con efectos del diseño ($deff$) por encima de 2,5-3,0 en los indicadores clave.

3.5.3. Tamaño del conglomerado

88. Ya se ha señalado que el muestreador no puede controlar las correlaciones. Además, en la mayoría de las variables de las encuestas las investigaciones destinadas a estimar el valor de las correlaciones son escasas, cuando no inexistentes. La correlación intraclase puede oscilar, en teoría, entre -1 y $+1$, aunque resulta difícil imaginar que haya muchas variables de hogares en las que sea negativa. Por tanto, la única posibilidad que tiene el muestreador para mantener el $deff$ al mínimo es instar a que los tamaños de los conglomerados sean tan pequeños como permita el presupuesto. El cuadro 3.3 muestra el $deff$ con varios valores de correlación intraclase y un tamaño del conglomerado constante.

89. En el cuadro 3.3 puede observarse claramente que los tamaños de conglomerado por encima de 20 dan un $deff$ inaceptable (mayor de 3,0) a menos que la correlación intraclase sea bastante pequeña. Al evaluar los números del cuadro, es importante recordar que \bar{n} hace referencia al número

Cuadro 3.3

Comparación de los componentes de conglomeración del efecto del diseño para varias correlaciones intraclase δ y tamaños de los conglomerados \bar{n}

\bar{n}	δ						
	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,35	0,50
5	1,08	1,20	1,40	1,60	1,80	2,40	3,00
10	1,18	1,45	1,90	2,35	2,80	4,15	5,50
20	1,38	1,95	2,90	3,85	4,80	6,65	10,50
30	1,58	2,45	3,90	5,35	6,80	11,15	15,50
50	1,98	3,45	5,90	8,35	10,80	18,15	25,50
75	2,48	4,70	8,40	12,10	15,80	26,90	38,00

de unidades de la población objetivo, no al número de hogares. A ese respecto, el valor de \bar{n} que se usará es igual al número de hogares del conglomerado, multiplicado por el promedio de personas en el grupo objetivo. Si el grupo objetivo, por ejemplo, son las mujeres con una edad comprendida entre los 14 y los 49 años y suele haber una persona de ese grupo por hogar, un conglomerado con un tamaño de b hogares tendrá aproximadamente el mismo número de mujeres de esa edad. Dicho de otro modo, \bar{n} y b son aproximadamente iguales en ese grupo objetivo y el cuadro 3.3 es válido tal como aparece más arriba. En el ejemplo que ofrecemos a continuación, el número de hogares y la población objetivo en el conglomerado no son iguales.

Ejemplo

Supongamos que la población objetivo son todas las personas, como sería en el caso de una encuesta de salud llevada a cabo para estimar enfermedades crónicas y agudas. Supongamos además que en la encuesta pretenden usarse conglomerados de 10 hogares. El valor de \bar{n} en ese caso es 10 veces el tamaño promedio de los hogares; si este último es 5,0, entonces \bar{n} es 50. Así, 50 es el valor de \bar{n} que debería usarse en el cuadro 3.3 para evaluar el *deff* en potencia. El cuadro 3.3 indica que el *deff* es muy grande excepto cuando δ es aproximadamente de 0,02. Eso indica que una muestra conglomerada diseñada para utilizar sólo 10 hogares por conglomerados daría resultados muy poco fiables en una característica como las enfermedades contagiosas, dado que probablemente ésta tendría una gran δ .

90. El ejemplo ilustra por qué es tan importante tener en cuenta el tamaño de la muestra a la hora de diseñar una encuesta de hogares; sobre todo para medir los indicadores clave. Además, debe tenerse presente que el tamaño de conglomerado establecido en la descripción del diseño de la muestra se referirá en general al número de hogares, mientras que en la evaluación de los efectos del diseño el tamaño del conglomerado alude a la(s) población(es) objetivo.

3.5.4. Cálculo del efecto del diseño (*deff*)

91. Los *deff* reales en las variables de la encuesta especificadas por los analistas pueden calcularse después de completar la encuesta. Esto requiere estimar la varianza de muestreo de las variables escogidas (los métodos se tratan en el capítulo 7) y luego calcular para cada variable el coeficiente de su varianza y la varianza de una muestra aleatoria simple del mismo tamaño total. Ese cálculo constituye una estimación del *deff* “total”, incluidos los efectos de la estratificación y la variabilidad de los tamaños de los conglomerados, y no sólo del componente de conglomeración.

92. La raíz cuadrada del coeficiente de las varianzas da el coeficiente de errores estándar o *deft*, como se denomina, y con frecuencia se calcula en la práctica y se presenta en la documentación técnica de encuestas como las encuestas demográficas y de salud (DHS).

3.5.5. Número de conglomerados

93. Es importante tener en mente que el tamaño del conglomerado es significativo más allá de su efecto en la precisión de muestreo, y que también lo es en relación con el tamaño de la muestra total porque el tamaño del conglomerado determina el número de localidades diferentes que deben visitarse en la encuesta. El hecho de que esto influya de modo significativo en los costos de la encuesta constituye la razón primordial para emplear las muestras conglomeradas. Así, en una muestra de 10.000 hogares con conglomerados de 10 hogares cada uno se necesitarán 1.000 conglomerados,

mientras que con conglomerados de 20 hogares sólo se necesitarán 500. Como destacamos anteriormente, es crucial tener en cuenta los dos factores: los costos y la precisión, al tomar una decisión sobre este aspecto del diseño muestral.

3.6. Muestreo en etapas

94. A un nivel teórico, el plan de muestreo perfecto para una encuesta de hogares lleva aparejado que para la muestra se seleccionen de forma aleatoria unos hogares, n , de los estratos adecuadamente identificados que constituyen la población total de hogares N . La muestra aleatoria estratificada obtenida de esa forma proporcionará la máxima precisión. No obstante, el empleo de una muestra de este tipo es demasiado costoso para considerarse factible¹⁰, tal como señalamos anteriormente al explicar los beneficios económicos del muestreo por conglomerados.

3.6.1. Ventajas del muestreo en etapas

95. Seleccionar la muestra en *etapas* tiene ventajas prácticas para el proceso de selección mismo. Permite al muestreador aislar en pasos sucesivos los lugares geográficos donde se llevarán a cabo las actividades de la encuesta, en particular la elaboración de la lista de hogares y la realización de las entrevistas. Cuando deben elaborarse listados porque el marco muestral es obsoleto, puede introducirse una etapa de selección para limitar el tamaño de la zona en la que se elaborará la lista.

96. En general, con el muestreo por conglomerados hay un mínimo de dos etapas en el procedimiento de selección: la primera corresponde a la selección de los conglomerados, y la segunda a la selección de los hogares. Los conglomerados de las encuestas de hogares siempre se definen como unidades geográficas de algún tipo. Si dichas unidades son suficientemente pequeñas, tanto geográficamente como en población, y se dispone de una lista completa y exacta de ellas para la muestra, dos etapas pueden bastar para el plan de muestreo. Si la unidad geográfica más pequeña disponible es demasiado grande para usarla con eficacia como conglomerado, entonces serán necesarias tres etapas de selección.

Ejemplo

Supongamos que un país desea definir sus conglomerados como zonas de empadronamiento censal (ZE) porque ésta es la unidad geográfica más pequeña que existe desde el punto de vista administrativo. El *marco* de ZE (véase el capítulo 4 para un tratamiento más detallado de los marcos) es completo porque todo el país se halla dividido en ZE. Es exacto porque cada hogar reside, por definición, en una ZE y sólo en una. Además, es razonablemente actual dado que está basado en el censo más reciente, siempre y cuando no se hayan producido cambios en las definiciones de las ZE con posterioridad a la elaboración del censo. Supongamos además que el censo se realizó dos años antes y se determina, por tanto, que será necesario elaborar una lista más actualizada de los hogares de la muestra de ZE en lugar de utilizar el listado de hogares del censo. El tamaño promedio de una ZE son 200 hogares, y sin embargo el tamaño deseado de los conglomerados que se entrevistarán se pretende que sea de 15 hogares por conglomerado. El equipo de la encuesta calcula que el costo de elaborar una lista de 200 hogares por cada 15 que finalmente se incluirán en la muestra (una proporción superior a 13:1) es demasiado elevado. El muestreador decide entonces llevar a cabo una operación sobre el terreno más barata en la cual cada ZE de la muestra se divide en cuadrantes de aproximadamente igual tamaño:

¹⁰ Hay una o dos excepciones, y se dan en países con territorio geográfico reducido, como Kuwait, en los que la selección de una muestra aleatoria de hogares supondría costos muy bajos en viajes.

50 hogares. El plan de muestreo se modifica para incluir la selección de un cuadrante o *segmento* de cada ZE de la muestra en la que se elaborará el listado de hogares, reduciendo así la carga de trabajo a una cuarta parte. En ese diseño tenemos tres etapas: la primera, de selección de las ZE; la segunda, de selección de los segmentos de la ZE; y la tercera, de selección de hogares.

3.6.2. Uso de etapas ficticias

97. Con frecuencia, en la selección de la muestra las etapas llamadas ficticias se emplean para evitar tener que elaborar la muestra partiendo, en la penúltima etapa, de un archivo tan enorme, con tantas unidades y tan difícil de manejar que no podría ser gestionado a través de una selección manual y que aunque estuviera informatizado resultaría desmesurado para gestionarlo con eficacia a la hora de seleccionar la muestra¹¹. Las etapas ficticias permiten reducir los subuniversos a números más manejables aprovechando el carácter jerárquico de las subdivisiones administrativas de un país.

98. En las encuestas rurales en Bangladesh suele estipularse que las aldeas pertenecen a la penúltima etapa de selección. En Bangladesh hay más de 100.000 aldeas, cifra demasiado elevada para gestionar con eficacia la selección de la muestra. Si un plan de muestreo indica que se seleccionarán 600 aldeas en la penúltima etapa de selección, sólo se seleccionaría una de cada 167 aldeas de Bangladesh. Para reducir el tamaño de los archivos en la selección de la muestra puede que se decida seleccionar la muestra por etapas aplicando la jerarquía de las unidades geográficas en que está dividido Bangladesh: thanas, uniones y aldeas. La selección de la muestra se ejecutaría por pasos, seleccionando primero 600 thanas, probablemente aplicando el método de selección con probabilidad proporcional al tamaño (véase el apartado 3.7); después, una unión de cada thana de la muestra, aplicando de nuevo la probabilidad proporcional al tamaño, de forma que habría 600 uniones en la muestra; en tercer lugar se seleccionaría una aldea con probabilidad proporcional al tamaño de cada unión incluida en la muestra, obteniendo así 600 aldeas; por último, se seleccionaría la muestra de hogares de cada aldea de la muestra, lo que daría como resultado una muestra sistemática de todos los hogares de cada aldea de la muestra.

99. La metodología de la selección de la muestra descrita es en realidad un muestreo de aldeas y hogares en dos etapas, aunque inicialmente se emplearon dos etapas ficticias para seleccionar las thanas y uniones de las que iban a seleccionarse las aldeas. En este caso es necesario ilustrar matemáticamente el carácter ficticio de las dos primeras etapas analizando las probabilidades de cada etapa de selección y la probabilidad total.

3.6.2.1. Primera etapa de selección: thanas

100. Las thanas se seleccionan con probabilidad proporcional al tamaño. La probabilidad en esa etapa viene dada por

$$P_1 = \frac{am_t}{\sum m_t} \quad (3.11)$$

donde P_1 es la probabilidad de una thana dada de ser seleccionada; a es el número de thanas que se seleccionarán (600 en este ejemplo); y m_t es el número de hogares rurales¹² en la t^{a} thana de acuerdo con el marco muestral utilizado (por ejemplo, el censo de población más reciente).

¹¹ No obstante, es posible dar mayor manejabilidad a un archivo digital muy grande en el muestreo disgregándolo, por ejemplo, en subarchivos separados para cada estrato o zona administrativa (región o provincia, por ejemplo).

¹² Ésta es la medida del tamaño pero puede ser también la población de la thana siempre y cuando el número utilizado sea coherente en todas las medidas del tamaño de cada etapa.

101. El factor $\sum m_t$ es el número total de hogares rurales que hay en el conjunto de todas las thanas del país. Cabría destacar que el número real de las thanas seleccionadas podría ser inferior a 600. Eso puede ocurrir cuando una o más thanas se seleccionan dos veces, una posibilidad que existe en cualquier thana cuya medida del tamaño exceda el intervalo de muestreo. El intervalo de muestreo para seleccionar las thanas viene dado por $\sum m_t \div a$. Así, si el intervalo de muestreo es, por ejemplo, 12.500 y la thana contiene 13.800 hogares, será automáticamente seleccionada una vez y tendrá una probabilidad de 1.300/12.500 de ser seleccionada dos veces (el numerador es igual a 13.800-12.500).

3.6.2.2. Segunda etapa de selección: uniones

102. En la segunda etapa se ha seleccionado una unión de cada thana incluida en la muestra, con *probabilidad proporcional al tamaño*. Esto se consiguió elaborando una lista de todas las uniones perteneciente a la thana seleccionada, acumulando las medidas del tamaño, m_u y eligiendo un número aleatorio entre 1 y m_u , la medida del tamaño de la thana incluida en la muestra. El acumulante cuyo valor es el número más pequeño igual o mayor al número aleatorio identifica a la unión seleccionada (o se emplea una convención equivalente para identificar a la unión seleccionada). En el caso de que se seleccionara una thana más de una vez en la primera etapa, se seleccionaría el mismo número de uniones de ella. La probabilidad en la segunda etapa viene dada por

$$P_2 = (1) \binom{m_u}{m_t} / m_t \quad (3.12)$$

donde P_2 es la probabilidad de una unión dada de ser seleccionada en la thana incluida en la muestra; (1) significa que se selecciona una unión; m_u es el número de hogares en la u^a unión de acuerdo con el marco.

3.6.2.3. Tercera etapa de selección: aldeas

103. En la tercera etapa se ha seleccionado una aldea con *probabilidad proporcional al tamaño* de cada unión incluida en la muestra. La probabilidad en la tercera etapa viene dada por

$$P_3 = (1) \binom{m_v}{m_u} / m_u \quad (3.13)$$

donde P_3 es la probabilidad de una aldea de ser seleccionada en la unión incluida en la muestra; (1) significa que se selecciona una aldea; m_v es el número de hogares en la v^a unión de acuerdo con el marco.

3.6.2.4. Cuarta etapa de selección: hogares

104. En la cuarta etapa asumiremos que la lista de hogares del marco está disponible en todas las aldeas seleccionadas, de forma que la muestra de hogares puede seleccionarse sistemáticamente de esas listas. Se selecciona un número fijo de hogares de cada aldea incluida en la muestra que responderá al número predeterminado del tamaño del conglomerado. La probabilidad en la cuarta etapa viene dada por

$$P_4 = (b) / m_v \quad (3.14)$$

donde P_4 es la probabilidad de un hogar dado de ser seleccionado en la aldea incluida en la muestra; y b es el número fijo de hogares seleccionados de cada aldea.

3.6.2.5. Probabilidad total de selección

105. La probabilidad total, que es el producto de las probabilidades de cada etapa, viene dada por

$$P = P_1 P_2 P_3 P_4. \quad (3.15)$$

Si sustituimos los datos, tenemos

$$\begin{aligned} P &= \left[\frac{(am_t)}{\sum m_t} \right] \left[\frac{(1)(m_u)}{m_t} \right] \left[\frac{(1)(m_v)}{m_u} \right] \left[\frac{b}{m_v} \right] \\ &= \frac{(a)(b)}{\sum m_t} \end{aligned} \quad (3.16)$$

106. Obsérvese que P_2 y P_3 se anulan por completo, quedando así demostrada la naturaleza ficticia del proceso de selección en “cuatro” etapas. Así, aunque las thanas y uniones se seleccionan físicamente, sirven únicamente para precisar la ubicación de las aldeas de la muestra.

3.6.3. El diseño en dos etapas

107. En los últimos tiempos se ha prestado gran atención a la aplicación de diseños muestrales en dos etapas en los países en desarrollo. Se trata del diseño muestral escogido para las encuestas por conglomerados de indicadores múltiples (MICS) llevadas a cabo por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) en más de 100 países desde mediados de la década de 1990. También es el más usado en las encuestas demográficas y de salud (DHS).

108. Por lo común, el diseño en dos etapas consiste simplemente en una muestra seleccionada con probabilidad proporcional al tamaño de varios centenares de unidades geográficas, debidamente estratificadas, en la primera etapa. Puede elaborarse un listado actualizado de hogares de las unidades incluidas en la muestra en la primera etapa, dependiendo de la disponibilidad de información sobre los domicilios y/o lugares de los hogares y de si dicha información está al día. Seguidamente, en la segunda etapa, se realiza una muestra sistemática de un número fijo de hogares. Las unidades geográficas, conocidas comúnmente como “conglomerados”, suelen definirse como aldeas o zonas de empadronamiento censal en las zonas urbanas y como bloques en las zonas urbanas.

109. El atractivo del diseño en dos etapas descrito anteriormente viene dado por varios factores, pero reside principalmente en su simplicidad. *En un diseño muestral siempre es más ventajoso inclinarse por la simplicidad que por la complejidad, a fin de reducir los posibles errores no muestrales en la muestra.* El diseño en dos etapas posee características útiles que lo convierten, en comparación con otros, en un diseño simple y conveniente. Por ejemplo:

- Como se ha descrito, se trata de un diseño muestral autoponderado (todos los hogares de la muestra se seleccionan con la misma probabilidad), o aproximadamente autoponderado (véanse los apartados 3.7.1 y 3.7.2, sobre muestras seleccionadas con probabilidad proporcional al tamaño y con probabilidad proporcional al tamaño estimado).
- Los conglomerados definidos con respecto a las ZE o bloques urbanos poseen un tamaño conveniente (no excesivamente grande) en la mayoría de los países, en especial si debe elaborarse una lista nueva de hogares antes de la etapa final de selección.
- Las ZE, los bloques urbanos y la mayoría de las aldeas normalmente ya han sido cartografiados, ya sea para operaciones censales o para otros fines, con límites bien delineados.

3.7. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño y con probabilidad proporcional al tamaño estimado

110. En el apartado 3.5 se expuso un ejemplo donde el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño desempeñaba un papel destacado en la selección de los conglomerados de la muestra. En los párrafos siguientes se aborda el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño, y en el subapartado 3.7.2, el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado.

3.7.1. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño

111. La utilización del muestreo con *probabilidad proporcional al tamaño* permite al muestreador ejercer mayor control sobre el tamaño final de la muestra en las encuestas por conglomerados. En situaciones donde todos los conglomerados tienen el mismo tamaño, o aproximadamente el mismo, el uso del muestreo con probabilidad proporcional al tamaño no tendría ninguna ventaja. Supongamos, por ejemplo, que todos los bloques de una determinada ciudad estuvieran formados exactamente por 100 hogares y quisiéramos una muestra de 1.000 hogares distribuidos entre una muestra de 50 bloques urbanos. El plan de muestreo lógico consistiría en seleccionar una muestra aleatoria simple (MAS) de 50 bloques, es decir, una muestra con igual probabilidad, y después seleccionar sistemáticamente uno de cada cinco hogares de cada bloque (también una muestra con igual probabilidad). El resultado sería una muestra exactamente de 20 hogares por bloque y de 1.000 hogares en total. La ecuación de la selección en este caso es $P = (50/M)(1/5)$, donde P es la probabilidad de un hogar de ser seleccionado; $(50/M)$ es la probabilidad de un bloque de ser seleccionado; M es el número total de bloques de la ciudad; y $(1/5)$ es la probabilidad de un hogar de ser seleccionado dentro de un bloque dado de la muestra.

112. P se reduce a $10/M$. Dado que M es una constante, la probabilidad total de cada hogar de la muestra de ser seleccionado es igual a 10 dividido entre el número de bloques, M .

113. No obstante, los bloques urbanos u otras unidades geográficas que se emplean como conglomerados en las encuestas de hogares rara vez poseen en la realidad un tamaño tan regular. En el ejemplo anterior su tamaño podría oscilar entre 25 y 200. Un muestreo con igual probabilidad de bloques podría dar como resultado una selección “desafortunada” que incluyera una mayoría de los bloques más pequeños o los más grandes. En ese caso el tamaño de la muestra total sería radicalmente distinto de los 1.000 hogares deseados que indicamos en el ejemplo. Un método para reducir la posibilidad de obtener tamaños de la muestra muy variables consiste en crear estratos basados en el tamaño de los conglomerados y seleccionar una muestra de cada estrato. Este método no suele recomendarse porque puede reducir o complicar el uso de otros factores de estratificación en el diseño muestral. Es preferible la solución del muestreo con probabilidad proporcional al tamaño porque permite ejercer mayor control sobre el tamaño final de la muestra sin introducir la necesidad de estratificación por tamaño.

114. Para ilustrar el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño comenzaremos por la ecuación de la selección citada antes pero expresada más formalmente para un diseño en dos etapas¹³ como sigue:

$$P(\alpha\beta) = P(\alpha)P(\beta|\alpha), \quad (3.17)$$

¹³ Véase Kalton, 1983, págs. 38-47, para el desarrollo de esta notación y un análisis adicional del muestreo con probabilidad proporcional al tamaño.

donde $P(\alpha\beta)$ es la probabilidad del hogar β de ser seleccionado en el conglomerado α ; $P(\alpha)$ es la probabilidad de un conglomerado α de ser seleccionado; $P(\beta|\alpha)$ es la probabilidad condicional de seleccionar el hogar β en la segunda etapa teniendo en cuenta que el conglomerado α fue seleccionado en la primera etapa.

115. Para fijar el tamaño total de la muestra en número de hogares necesitamos una muestra de n hogares con *igual probabilidad* de la población de N hogares. Así, la tasa de muestreo total es n/N que es igual a $P(\alpha\beta)$ tal como se define a continuación. Además, si se especifica el número de conglomerados que se quiere incluir en la muestra como a , entonces necesitamos, si es posible, seleccionar b hogares de cada conglomerado independientemente del tamaño de los conglomerados seleccionados. Si definimos m_i como el tamaño del i° conglomerado, entonces necesitamos que $P(\beta|\alpha)$ sea igual a b/m_i . Por tanto,

$$P(\alpha\beta) = [P(\alpha)] [b/m_i].$$

Dado que $n = ab$, tenemos

$$ab/N = [P(\alpha)] [b/m_i].$$

Resolviendo la última ecuación para $P(\alpha)$ obtenemos

$$P(\alpha) = (a)(m_i)/N. \quad (3.18)$$

116. Téngase en cuenta que $N = \sum m_i$ de forma que la probabilidad de seleccionar un conglomerado es proporcional a su tamaño. La ecuación de la selección con *probabilidad proporcional al tamaño* en una muestra de las unidades de la primera etapa donde las unidades últimas son, sin embargo, seleccionadas con igual probabilidad es, por consiguiente

$$P(\alpha\beta) = [(a)(m_i)/\sum m_i] [b/m_i] \quad (3.19)$$

$$= [(ab)/\sum m_i] \quad (3.20)$$

117. El diseño muestral obtenido de este modo es autoponderado, como puede verse en la ecuación (3.19), porque todos los elementos de la ecuación son constantes; cabe recordar que, mientras m_i es una variable, la suma, $\sum m_i$ es una constante igual a N . La figura 3.2 presenta un ejemplo de cómo seleccionar una muestra de conglomerados aplicando la probabilidad proporcional al tamaño.

118. Con respecto a la selección física de la muestra, nótese que en la figura 3.2 el intervalo de muestreo, I , se suma sucesivamente al punto de partida aleatorio siete veces (o $a-1$ veces, donde a es el número de conglomerados que se quiere seleccionar). Los números resultantes de la selección son 311,2 (número de comienzo aleatorio), 878,8, 1.446,4, 2.014, 2.581,6, 3.149,2, 3.716,8 y 4.284,4. Los conglomerados incluidos en la muestra por estos ocho números de selección son en cada caso aquellos cuya medida del tamaño acumulada es el menor valor igual o mayor al número de selección. Así, el conglomerado 03 ha sido seleccionado porque 377 es el acumulante menor igual o mayor a 311,2, y el conglomerado 26 porque 3.744 es el acumulante menor igual o mayor a 3.716,8.

119. Aunque el ejemplo no lo demuestra de forma concluyente (porque sólo se han seleccionado ocho conglomerados), el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño tiende a la selección

Figura 3.2

Ejemplo de selección sistemática de conglomerados con probabilidad proporcional al tamaño

Conglomerado/ Número de UPM	Medida del tamaño (número de hogares)	Suma acumulada	Selección de la muestra
001	215	215	
002	73	288	
003	89	377	311,2
004	231	608	
005	120	728	
006	58	786	
007	99	885	878,8
008	165	1 050	
009	195	1 245	
010	202	1 447	1 446,4
011	77	1 524	
012	59	1 583	
013	245	1 828	
014	171	1 999	
015	99	2 098	2 014,0
016	88	2 186	
017	124	2 310	
018	78	2 388	
019	89	2 477	
020	60	2 537	
021	222	2 759	2 581,6
022	137	2 896	
023	199	3 095	
024	210	3 305	3 149,2
025	165	3 470	
026	274	3 744	3 716,8
027	209	3 953	
028	230	4 183	
029	67	4 250	
030	72	4 322	4 284,4
031	108	4 430	
032	111	4 541	

Instrucciones de la muestra: Seleccionar ocho UPM (conglomerados) de las 32 del universo con probabilidad proporcional al tamaño; el intervalo de selección (l) equivale a $4.541/8$, ó $567,6$, donde 4.541 es la medida del tamaño total acumulada de todos los conglomerados y 8 es el número de conglomerados que se seleccionarán; el comienzo aleatorio (RS) es un número al azar entre $0,1$ y $567,6$, escogido de un cuadro numérico aleatorio; en este ejemplo, $RS = 311,2$.

de los conglomerados más grandes más que a la de los más pequeños. Esto tal vez sea obvio, ya que en la fórmula (3.17) puede observarse que la probabilidad de seleccionar un conglomerado es proporcional a su tamaño; así, un conglomerado que contenga 200 hogares tendrá el doble de probabilidad de ser seleccionado que uno formado por 100 hogares. En consecuencia, debería tenerse en cuenta que el mismo conglomerado puede seleccionarse más de una vez si la medida del tamaño excede el intervalo de muestreo, I . No obstante, ninguno de los conglomerados que aparecen en la figura responde a ese caso; pero si eso ocurriera, el número de hogares que se seleccionaría en dicho conglomerado sería del doble en caso de ser seleccionado dos veces, del triple si fuera seleccionado tres, y así sucesivamente.

3.7.2. Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado

120. La metodología del muestreo con *probabilidad proporcional al tamaño* descrita en el apartado anterior es en cierto modo un ideal y puede que en la mayoría de los casos su aplicación práctica no resulte factible. Esto se debe a que la medida del tamaño empleada para establecer la probabilidad de selección del conglomerado en la primera etapa frecuentemente no responde a la medida *real* del tamaño cuando la muestra de hogares se selecciona en la segunda etapa.

121. En las encuestas de hogares la medida del tamaño adoptada en general en la primera etapa de selección de las unidades de muestreo o conglomerados es el recuento de hogares (o de población) del censo más reciente. Aun cuando el censo sea muy reciente, es probable que en el momento de realizar la encuesta el número real de hogares haya variado, aunque sea poco. Sin embargo, se da una excepción cuando la selección de la segunda etapa se extrae directamente del mismo marco que la utilizada para establecer las medidas del tamaño (para un análisis más detallado sobre los marcos muestrales, véase el capítulo 4).

Ejemplo

Supongamos que se realiza una encuesta de hogares tres meses después de la conclusión de un censo de población. En lugar de elaborar una lista nueva de hogares en los conglomerados seleccionados, el equipo a cargo de la encuesta decide emplear el listado de hogares del censo en la segunda etapa de un muestreo en dos etapas porque se considera plausible que la lista del censo es, a todos los efectos prácticos, actual y exacta. En la primera etapa se selecciona una muestra de aldeas utilizando el recuento de hogares del censo como medida del tamaño en cada aldea. En cada aldea incluida en la muestra, la medida del tamaño, m_i , es idéntica al número real de hogares del que se seleccionará la muestra. Así, si se ha seleccionado la aldea A y, según el censo, ésta estaba formada por 235 hogares, la lista a partir de la cual se seleccionará la muestra de hogares para la encuesta estará formada también por 235 hogares.

122. Sin embargo, en muchas de las aplicaciones de las encuestas de hogares basadas en marcos censales la encuesta se realiza después de varios meses, y en ocasiones años, de haberse elaborado el censo (para el estudio de la actualización de marcos muestrales véase el capítulo 4). En esas circunstancias, a menudo se decide realizar una operación sobre el terreno destinada a elaborar una nueva lista de hogares en los conglomerados seleccionados para su inclusión en la muestra en la primera etapa. La muestra de hogares para la encuesta se seleccionará, pues, de la nueva lista.

123. La medida del tamaño, m_i , empleada para seleccionar el conglomerado es el recuento censal de hogares mencionado en el ejemplo anterior. Sin embargo, la lista de la que realmente se seleccionará la muestra de hogares será diferente y tendrá, como es natural, una medida de tamaño que

diferirá de la primera más o menos en función del tiempo transcurrido entre la elaboración del censo y la preparación de la lista confeccionada para la encuesta. Las diferencias vendrán dadas por la emigración o inmigración en el conglomerado, la construcción de nuevas viviendas o la demolición de las viejas, el establecimiento de hogares separados a causa de los matrimonios (en ocasiones dentro de la misma unidad de vivienda del hogar parental) o las defunciones. Cuando la muestra se selecciona con *probabilidad proporcional al tamaño estimado*, su probabilidad a partir de la ecuación de la selección es

$$P(\alpha\beta) = \left[\frac{(a)(m_i)}{\sum m_i} \right] \left[\frac{b}{m_i} \right], \quad (3.21)$$

donde m_i es el recuento de hogares según la lista elaborada, y los demás términos se definen igual que antes.

124. Dado que es probable que m_i y m_i sean diferentes en la mayoría de los conglomerados, cuando no en todos, en el cálculo de la probabilidad de selección (y, por tanto, en la ponderación, es decir, el inverso de la probabilidad) debería tenerse en cuenta la diferencia. Como muestra la ecuación 3.20, cada conglomerado tendría una ponderación diferente, lo que imposibilita que el diseño muestral sea autoponderado.

125. Al emplear ponderaciones exactas que compensen las diferencias entre el censo y las medidas del tamaño de la encuesta, las estimaciones que resultarán de la encuesta no estarán sesgadas. Si las ponderaciones no se ajustan en consecuencia, se generarán estimaciones sesgadas cuyas magnitudes sin duda aumentarán a medida que se amplíe el intervalo entre el censo y la encuesta. No obstante, cabe señalar que cuando las diferencias entre m_i y m_i son menores, la muestra es prácticamente autoponderada; en determinadas circunstancias¹⁴ puede resultar conveniente generar las estimaciones de la encuesta sin ponderación, dado que los sesgos serían insignificantes. En todo caso, antes de optar por esa vía es imprescindible examinar m_i y m_i conglomerado por conglomerado para evaluar de forma empírica si las diferencias son menores.

126. Hay una estrategia alternativa que puede aplicarse para seleccionar hogares en la última etapa cuando se emplea el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado, una estrategia en la que la muestra es de hecho autoponderada. Ésta lleva consigo seleccionar hogares con una tasa variable dentro de cada conglomerado dependiendo de su tamaño real (esto se aborda en el siguiente apartado).

3.8. Opciones de muestreo

127. En el presente apartado se abordan las diversas opciones que pueden considerarse a la hora de diseñar una muestra adecuada para una encuesta general de hogares, centrándose fundamentalmente en las estrategias de las etapas penúltima y última de selección, dado que éstas son las etapas en las que hay varias alternativas disponibles. También se analiza la elección del muestreo de conglomerados con *igual probabilidad* o *probabilidad proporcional al tamaño* en la penúltima etapa junto al muestreo de hogares con tasa fija frente a tamaño fijo en la etapa final, y hasta cierto punto se resumen apartados anteriores respecto a cuestiones como el control del tamaño

¹⁴ En encuestas donde las estimaciones se limitan a proporciones, tasas o coeficientes, ésta sería una estrategia apropiada; en encuestas donde se quieran estimar valores totales o absolutos debe emplearse la ponderación con independencia de que la muestra sea autoponderada, aproximadamente autoponderada o no autoponderada.

de la muestra, los diseños autoponderados frente a los no autoponderados y otros temas, como la carga de trabajo del entrevistador. Además, se revisan los diseños concretos cuyo uso está actualmente muy extendido, como es el caso de las encuestas demográficas y de salud y las encuestas por conglomerados de indicadores múltiples del UNICEF de mitad del decenio. Estos diseños proporcionan opciones adicionales que merecen consideración, entre las que se incluye el empleo de conglomerados compactos (inclusión total) y no compactos.

3.8.1. Muestreo con igual probabilidad, muestreo con probabilidad proporcional al tamaño, muestreo con tamaño fijo y tasa fija

128. En el cuadro 3.4 los posibles diseños proporcionan un marco de estudio de los procedimientos, condiciones, ventajas y limitaciones de varios planes de muestreo.

129. Hemos visto que el muestreo de unidades primarias de muestreo o conglomerados con probabilidad proporcional al tamaño constituye una forma de controlar el tamaño de la última muestra con mayor exactitud que el muestreo con *igual probabilidad*, siendo ésta su principal ventaja, en especial cuando los conglomerados son muy variables en el número de hogares que contiene cada uno. El control del tamaño de la muestra no sólo es importante por sus implicaciones en el costo, sino también para permitir al director de la encuesta planificar con exactitud la carga de trabajo de los entrevistadores antes de iniciar la encuesta. La selección de la muestra con *igual probabilidad*, por otro lado, es más sencilla en su ejecución que el muestreo con *probabilidad proporcional al tamaño* y tiene sentido emplearla cuando las medidas del tamaño (MDT) de los conglomerados son aproximadamente iguales o varían muy poco. Como medida práctica, el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado debe usarse en sustitución del muestreo con probabilidad proporcional al tamaño cuando la medida real del tamaño sea diferente a la dada en el marco.

130. La selección de un número fijo de hogares de cada conglomerado incluido en la muestra tiene dos ventajas muy importantes: en primer lugar, el tamaño de la muestra se controla con precisión; y en segundo lugar, el método brinda al director de la encuesta la posibilidad de asignar cargas de trabajo precisas a los entrevistadores y de igualar dichas cargas si lo considera oportuno. Sin embargo, el muestreo con tamaño fijo es en cierto modo complicado, ya que exige el cálculo de diferentes intervalos de muestreo en cada conglomerado. La aplicación de distintos intervalos de muestreo puede resultar confusa y dar lugar a errores. No obstante, existe una comprobación intrínseca del control de calidad, dado que el número de hogares que se seleccionan se conoce con antelación. Aun así, las complicaciones pueden tener como resultado falta de eficiencia, como consecuencia del tiempo perdido al tener que corregir errores en la selección.

131. El muestreo con tamaño fijo requiere, por definición, un listado de hogares en el que pueda basarse la designación y la identificación de los hogares seleccionados. Con frecuencia se trata de

Cuadro 3.4

Planes de muestreo alternativos: últimas dos etapas de selección

Selección de penúltimas unidades	Tamaño fijo del conglomerado (número de hogares)	Tasa de selección fija en cada conglomerado
Probabilidad proporcional al tamaño	Plan 1	Plan 2 [no recomendado]
Probabilidad proporcional al tamaño estimado	Plan 3	Plan 4 [no recomendado]
Probabilidad igual	Plan 5	Plan 6

un listado actualizado que se ha preparado durante las actividades sobre el terreno previas a la encuesta. Suele ser conveniente cerciorarse de que la selección de los hogares de la muestra se realice en una oficina central y la lleve a cabo una persona distinta de la encargada de elaborar el listado, para reducir al mínimo la posibilidad de sesgo durante el procedimiento de selección.

132. De forma alternativa, los hogares pueden muestrearse en cada conglomerado con una tasa fija. En este caso la selección resulta más simple y menos propensa a generar errores. Una de las ventajas sobre el terreno es que el muestreo puede realizarse al mismo tiempo que el entrevistador investiga el conglomerado para obtener un listado actual de hogares. Esto se consigue diseñando formularios sobre el listado que muestren unas líneas marcadas previamente para identificar a los hogares de la muestra. La posibilidad de llevar a cabo el listado y el muestreo en una misma visita tiene ventajas obvias en cuanto a costos; sin embargo, este método adolece también de importantes limitaciones.

133. Una limitación del muestreo con tasa fija es que el control que se ejerce sobre el tamaño de la muestra o la carga de trabajo del entrevistador es escaso a menos que la *medida del tamaño* de cada conglomerado sea aproximadamente la misma. Otra limitación, ésta más seria, consiste en que cuando se confía a los entrevistadores la selección real de los hogares para la muestra, es decir, la identificación de los hogares que deben incluirse en la lista según las líneas de la muestra, con frecuencia la selección resulta sesgada. Se han realizado numerosos estudios que demuestran que cuando los entrevistadores se hacen cargo de la selección de los hogares, éstos tienden a tener un tamaño más pequeño, lo que indica que, consciente o inconscientemente, los entrevistadores eligen hogares con menor número de informantes, para reducir su carga de trabajo.

134. Un diseño es autoponderado o no dependiendo de la combinación concreta de procedimientos de muestreo que se haga en cada etapa. Así, un diseño en dos etapas que comprenda un muestreo de conglomerados con *probabilidad proporcional al tamaño* y un muestreo de hogares con tamaño fijo es autoponderado, mientras que la combinación del muestreo con *probabilidad proporcional al tamaño* y la tasa fija no lo es. La exposición que presentamos a continuación indica cuáles de los planes del cuadro 3.4 son autoponderados.

3.8.1.1. Plan 1: con probabilidad proporcional al tamaño, tamaño de conglomerado fijo

Condiciones

- MDT variables en el universo de conglomerados.
- Hogares seleccionados de las mismas listas (ejemplo: lista censal de hogares) que las usadas para las MDT.

Ventajas

- Control del tamaño de la muestra total y, por tanto, de los costos.
- Control de la carga de trabajo de los entrevistadores.
- Autoponderado.

Limitaciones

- El *muestreo con probabilidad proporcional al tamaño* es más difícil de aplicar que el *muestreo con igual probabilidad*.
- Diferentes tasas de selección para elegir los hogares de cada conglomerado, con posibilidad de errores.

3.8.1.2. Plan 2: probabilidad proporcional al tamaño, tasa fija

135. No pueden darse las condiciones en las que se cabría emplear este diseño. Si el tamaño de los conglomerados varía, entonces el plan apropiado es el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño junto con tamaño de conglomerado fijo. Si los conglomerados tienen aproximadamente el mismo tamaño, entonces debería aplicarse el muestreo de tasa fija, pero los conglomerados habrían de seleccionarse mediante muestreo con igual probabilidad.

3.8.1.3. Plan 3: probabilidad proporcional al tamaño estimado, tamaño de conglomerado fijo

Condiciones

- MDT variables en el universo de conglomerados.
- Hogares seleccionados de listas nuevas actualizando las del marco para establecer las MDT originales.

Ventajas

- Control del tamaño de la muestra total y, por tanto, de los costos.
- Control de la carga de trabajo de los entrevistadores.
- Más exacto que con probabilidad proporcional al tamaño en un marco dado, porque los listados de hogares son actuales.

Limitaciones

- El muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado es más difícil de aplicar que el método de selección con igual probabilidad.
- Diferentes tasas de selección para elegir los hogares de cada conglomerado, con posibilidad de errores.
- No autoponderado.

3.8.1.4. Plan 4: igual probabilidad, tasa fija

136. No pueden darse las condiciones para aplicar el plan 4 por las razones expuestas anteriormente en el plan 2.

3.8.1.5. Plan 5: igual probabilidad, tamaño de conglomerado fijo

Condiciones

- Las MDT en el universo de conglomerados son aproximadamente iguales o mínimamente variables.

Ventajas

- Control del tamaño de la muestra total (aunque menor que en el plan 1) y de los costos.
- Control de la carga de trabajo de los entrevistadores (de nuevo menor que en el plan 1).
- El muestreo con igual probabilidad es más fácil de aplicar que con probabilidad proporcional al tamaño o con probabilidad proporcional al tamaño estimado.

Limitaciones

- Diferentes tasas de selección para elegir los hogares de cada conglomerado, con posibilidad de errores.
- No autoponderado.

3.8.1.6. Plan 6: igual probabilidad, tasa fija*Condiciones*

- Las MDT en el universo de conglomerados son prácticamente iguales.

Ventajas

- Autoponderado.
- Es muy sencillo seleccionar la muestra en ambas etapas.

Limitaciones

- Escaso control del tamaño total de la muestra, que repercute en los costos y en la fiabilidad, sobre todo si las MDT actuales son sustancialmente distintas a las MDT del marco, y consecuencias también en la fiabilidad si la muestra es mucho más pequeña que la muestra objetivo.
- Escaso control sobre la carga de trabajo de los entrevistadores.

3.8.2. Encuestas demográficas y de salud (DHS)

137. Si bien las encuestas demográficas y de salud (DHS) se centran en las mujeres en edad de procrear, su diseño también es adecuado para las encuestas de carácter general.

138. La encuesta demográfica y de salud, cuyo uso se ha extendido considerablemente en multitud de países en desarrollo desde 1984, promueve en su manual de muestreo la aplicación del *diseño de segmentos estándar*¹⁵, por su conveniencia y practicidad. Un segmento estándar se define por su tamaño, normalmente de 500 personas. A cada unidad de zona geográfica del país que pertenece al marco muestral se le asigna una medida de tamaño que se calcula dividiendo la población entre 500 (o entre el tamaño del segmento estándar que se estipule para el país en cuestión). El resultado, redondeado al número entero más próximo, será el número de segmentos estándar de la unidad de zona.

139. Se selecciona una muestra de unidades de zona con probabilidad proporcional al tamaño utilizando el número de segmento estándar como medida del tamaño. Dado que las unidades de zona que se emplean en esta etapa de la muestra son, por lo común, zonas de empadronamiento (ZE), bloques urbanos o aldeas, la MDT para una gran proporción de ellas es igual a 1 o 2. Para cualquier unidad de zona seleccionada con una MDT mayor a 1, se organiza una operación cartográfica en la que se crean segmentos geográficos que correspondan en número a la MDT. Así, una unidad de zona de la muestra con una MDT de 3 se cartografiará de tal forma que quede dividida en tres segmentos de tamaño aproximadamente igual —en la medida en que los límites naturales lo permitan— en número de personas (y no en tamaño geográfico).

¹⁵ El diseño de segmentos estándar se empleó también en el programa de encuestas del Proyecto Panárabe de Desarrollo del Niño durante las décadas de 1980 y 1990; véase Liga de Estados Árabes (1990).

140. Cada unidad de zona con una MDT de 1 se incluye de forma automática en la muestra, y de cada una de las demás se selecciona al azar un segmento por muestro con igual probabilidad. Todos los segmentos de la muestra, incluidos los elegidos de forma automática, se investigan para obtener un listado actualizado de hogares. Luego se selecciona sistemáticamente una fracción fija (tasa) de hogares de cada “conglomerado” de la muestra para la entrevista de la DHS. Dado que todos los segmentos tienen aproximadamente el mismo tamaño, el procedimiento de muestreo genera una muestra de segmentos y hogares por muestreo con igual probabilidad en dos etapas.

141. El diseño de segmentos estándar de las DHS es similar al del plan 6, ya descrito: selección de conglomerados con igual probabilidad y selección de hogares con tasa fija dentro de los conglomerados de la muestra (también con igual probabilidad). No obstante, con el procedimiento de segmentación estándar se evitan las graves limitaciones del plan 6 referidas anteriormente: se controla casi con total precisión el tamaño total de la muestra y la carga de trabajo de los entrevistadores.

142. Una ventaja importante del diseño de segmentos estándar es que se reduce el trabajo al elaborar el listado en la penúltima etapa de selección. En cada unidad de zona con s segmentos, la carga de trabajo por la elaboración del listado se reduce a $1/s$ (cuando sólo hay segmento no hay reducción). Por ejemplo, si una unidad de zona dada contiene cuatro segmentos, la carga de trabajo correspondiente a la elaboración del listado queda reducida a la cuarta parte de la que habría si tuviera que elaborarse un listado de toda la zona. Gracias a esta característica, se reducen los costos de preparación.

143. Si bien es cierto que los costos son menores, también se paga un precio por ello. Una limitación del diseño de segmentos estándar son las operaciones cartográficas que deben llevarse a cabo en los segmentos con una MDT mayor a 1. La cartografía puede resultar tediosa y costosa, requiere una capacitación minuciosa y está sujeta a errores. El hecho de que con frecuencia los límites naturales no estén bien definidos dificulta una delineación razonable de los segmentos en la unidad de zona. Esa deficiencia crea dificultades a los entrevistadores que visitan con posterioridad el segmento cuando quieren localizar el hogar seleccionado. No obstante, ese problema puede subsanarse hasta cierto punto incluyendo el nombre del cabeza del hogar en la etapa de elaboración de la lista, de modo que el trazado deficiente de los límites cause menos complicaciones.

3.8.3. Diseño por conglomerados modificado: encuestas por conglomerados de indicadores múltiples (MICS)

144. Los profesionales dedicados a las encuestas se quejan con frecuencia de los gastos y el tiempo que exige la confección de las listas en los conglomerados de la muestra seleccionados en la penúltima etapa. La confección de listas es necesaria para la mayoría de las encuestas —incluidas las realizadas con el método del diseño de segmentos estándar de las DSH— a fin de obtener una lista actual de los hogares de los que seleccionar los que serán entrevistados. Esto es especialmente importante cuando la antigüedad del marco muestral supera el año. *La operación de elaborar la lista acarrea un costo y es un proceso importantes en la encuesta, a pesar de que a menudo se pasa por alto en la planificación presupuestaria y en la programación.* Para confeccionar la lista debe realizarse una visita sobre el terreno distinta de la visita para las entrevistas. Además, lo más frecuente es que la proporción de hogares que se incluirán en la lista sea hasta 5-10 veces mayor que el número de los que se seleccionarán. Supongamos que el plan de muestreo consista en seleccionar 300 UPM con conglomerados de un tamaño de 25 hogares, para entrevistar un total de 7.500 hogares. Si las penúltimas UPM contienen un promedio de 150 hogares, deberá confeccionarse una lista de 45.000 hogares.

145. La estrategia de muestreo empleada en la encuesta por conglomerados del Programa Ampliado de Inmunización (PAI) (Organización Mundial de la Salud, 1991) fue desarrollada por los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), en parte con el fin de evitar el costo y el tiempo que supone la confección de las listas. La encuesta por conglomerados del PAI, cuyo objetivo es estimar la cobertura de inmunización entre la población infantil, lleva más de dos decenios siendo ampliamente utilizada por multitud de países en desarrollo. Hay una importante cuestión estadística (Turner, Magnani y Shauaib, 1996) en lo que se refiere a la metodología de muestreo. La metodología de la encuesta por conglomerados emplea el método de cuotas en la segunda etapa de selección de la muestra, a pesar de que las unidades de la primera etapa (aldeas o barrios) suelen seleccionarse de acuerdo con los principios del muestreo probabilístico. El método de muestreo por cuotas que se emplea con frecuencia, aunque existen variaciones, consiste en comenzar las entrevistas de la encuesta en un punto céntrico de la aldea seleccionada y proceder en una dirección determinada de forma aleatoria entrevistando hogares hasta alcanzar una cuota concreta. Según la variación de la encuesta por conglomerados del PAI, se prosigue con las visitas a los hogares hasta encontrar siete niños que pertenezcan al grupo de edad objetivo. Si bien no existe ningún sesgo intencionado en el empleo de este tipo de técnicas, durante un largo período de tiempo se han dejado oír las críticas de numerosos estadísticos, entre los que figuran Kalton (1987), Scott (1993) y Bennett (1993). La principal crítica radica en que la metodología no genera una muestra probabilística (véase el apartado 3.2 sobre muestreo probabilístico frente a otros métodos de muestreo, donde se exponen las razones por las que se recomienda el muestreo probabilístico en las encuestas de hogares).

146. Partiendo del método empleado en la encuesta por conglomerados del PAI se desarrolló una variante del denominado diseño de la encuesta por conglomerados modificada (MSC, por su sigla en inglés) en respuesta a la necesidad de una estrategia de muestreo que evitara las operaciones de confección de listas pero que a la vez estuviera basada en el muestreo probabilístico. El diseño de la MSC, así como otros diseños, se ha aplicado en numerosas ocasiones en todo el mundo en las encuestas por conglomerados de indicadores múltiples (MICS) patrocinadas por el UNICEF para la vigilancia de ciertos objetivos y metas de la Cumbre Mundial en favor de la Infancia relacionados con la situación de los niños y las mujeres (Fondo Internacional de las Naciones Unidas para la Educación de la Infancia, 2000).

147. El diseño de la MSC es una estrategia de muestreo minimalista. Utiliza un diseño simple en dos etapas, empleando una escrupulosa estratificación, una investigación rápida y la segmentación de zonas, y prescinde de la confección de listas. Las características esenciales del diseño muestral de la MSC son las siguientes:

- En la primera etapa se selecciona una muestra de unidades de zona tales como aldeas o bloques urbanos con *probabilidad proporcional al tamaño* o igual probabilidad en función de lo variables que sean las UPM respecto a las medidas de tamaño. Pueden utilizarse medidas de tamaño antiguas si el marco censal tiene unos cuantos años, aunque el marco debe abarcar por completo la población de interés, ya sea nacional o localizada.
- Visitas a cada unidad de zona incluida en la muestra para una investigación rápida y una segmentación de la zona mediante el empleo de mapas existentes o mapas esquemáticos; el número de segmentos estará predeterminado y será igual a la medida del tamaño del censo dividida entre el tamaño de conglomerado deseado (previsto). Los segmentos que se crean son aproximadamente iguales en cuanto al tamaño de su población.

- Selección con igual probabilidad de un segmento de cada UPM incluida en la muestra.
- Realización de entrevistas en todos los hogares de cada segmento seleccionado.

148. El uso de la segmentación sin la confección previa de la lista constituye la ventaja fundamental del diseño de la medida de la encuesta. Éste difiere del diseño de segmentos estándar de la encuesta demográfica de salud (DSH), que requiere la confección de un listado por segmento. La operación de segmentación también compensa en parte el empleo de un marco que puede estar obsoleto. Si bien esto tiene la ventaja de que se obtiene una estimación no sesgada, como contrapartida tiene la limitación de que existe menor control sobre el tamaño final de la muestra porque uno de los segmentos seleccionados podría, a causa del crecimiento, tener un tamaño mucho mayor del indicado por el marco.

149. La cartografía, no obstante, se requiere tanto en el diseño de la medida de la encuesta como en el diseño de segmentos estándar de la encuesta demográfica y de salud, a pesar de todas las limitaciones que lleva asociadas, tal como se ha mencionado al tratar el método de las encuestas demográficas de salud. Además, la creación de segmentos pequeños de igual tamaño que el conglomerado y delineados con exactitud puede resultar difícil debido a la falta de fronteras naturales en zonas reducidas. Existe una última limitación: dado que el segmento entrevistado es un conglomerado compacto —todos los hogares son geográficamente contiguos—, el efecto del diseño, debido a una correlación intraclase relativamente elevada, sería mayor que con los conglomerados no compactos del diseño de segmentos estándar.

3.9. Cuestiones especiales: muestreo en dos fases y muestreo para la estimación de tendencias

150. El presente apartado aborda dos cuestiones especiales del diseño muestral de las encuestas de hogares: *a)* el muestreo en dos fases —la primera fase del muestreo se usaría para realizar una breve entrevista a los residentes de los hogares en busca de las personas que entre ellos pertenezcan a la población objetivo, y la segunda fase, para seleccionar una muestra que responda a los criterios—, y *b)* la metodología de muestreo, mediante la cual se repite una encuesta con el fin de estimar el cambio o tendencia.

3.9.1. Muestreo en dos fases

151. En las encuestas de hogares se necesita un tipo especial de diseño muestral cuando la información disponible es insuficiente para seleccionar con eficacia una muestra de la población objetivo de interés. Por lo general, esta necesidad surge cuando la población objetivo de la encuesta es una subpoblación poco común cuyos miembros sólo están presentes en una pequeña proporción de hogares. Ejemplo de ello serían los miembros de un grupo étnico, los huérfanos o las personas con ingresos por encima o por debajo de un determinado nivel. Puede emplearse una estratificación escrupulosa para identificar las unidades de zona donde se concentre un grupo étnico de interés o las personas con ingresos elevados, por ejemplo, pero cuando esos grupos se hallan dispersos de modo aleatorio en la población o cuando el grupo objetivo —como los huérfanos— es poco común, la estrategia de la estratificación es insuficiente y deben aplicarse otras técnicas de muestreo.

152. Una técnica aplicada con frecuencia es el muestreo en dos fases, llamado también muestreo posestratificado o doble muestreo. Éste consiste en cuatro pasos:

- a) Selección de una muestra “grande” de hogares;
- b) Realización de una breve entrevista selectiva para identificar los hogares donde residen miembros pertenecientes a la población objetivo;
- c) Posestratificación de la muestra grande en dos categorías basadas en la entrevista selectiva;
- d) Selección de una submuestra de hogares de cada uno de los substratos para llevar a cabo una segunda entrevista más larga con el grupo objetivo.

153. El objetivo del método en dos fases es ahorrar costos mediante una breve entrevista selectiva en la gran muestra inicial. En una fecha posterior se lleva a cabo una entrevista más extensa, pero sólo en los hogares que cumplen los requisitos. Por esa razón la muestra suele ser la que fuera previamente seleccionada con otro propósito y la entrevista selectiva se adjunta como un “anexo” de la encuesta madre. Así, el procedimiento permite asignar la mayoría de los recursos a la segunda fase del muestreo y realizar la entrevista selectiva de la primera fase con un presupuesto modesto.

Ejemplo

Supongamos que se ha planificado realizar una encuesta a 800 niños huérfanos que residen en los hogares del padre superviviente o de otros parientes (a diferencia de los huérfanos que residen en instituciones). Supongamos además que se estima que tendrán que muestrearse 16.000 hogares para localizar 800 huérfanos, es decir, un huérfano por cada 20 hogares. Dado que el gasto de diseñar y administrar una muestra de 16.000 hogares se considera inviable para sólo 800 entrevistas a fondo, se decide usar una encuesta general sobre salud que también está planificándose. La encuesta de salud se ha diseñado para una muestra de 20.000 hogares. Los directores de ambas encuestas acuerdan adjuntar un anexo a la encuesta de salud que consiste en una sola pregunta: ¿Vive en el hogar alguien de 17 años o menor cuya madre, padre o ambos hayan fallecido? Mediante esa pregunta anexa se prevé identificar a unos 1.000 huérfanos. Después, el director de la encuesta a niños huérfanos planificará la extracción de una submuestra del 80% de los hogares para llevar a cabo la entrevista a fondo.

154. El ejemplo anterior sirve también para ilustrar *cuándo* el muestreo en dos fases constituye una estrategia apropiada. Téngase en cuenta que el tamaño objetivo de la muestra es sólo de 800 huérfanos, pero el tamaño de la muestra en función del número de hogares necesario para localizar esos huérfanos es de 16.000. Así, es probable que al realizar este último cálculo (véase la fórmula 3.7) el técnico en muestreo y el director de la encuesta concluyan que el muestreo en dos fases es el diseño más práctico y eficaz en función de los costos.

155. La posestratificación de la muestra de la primera fase es importante por dos razones. La pregunta o preguntas selectivas casi siempre serán breves porque se adjuntan a otra encuesta que seguramente conste de una entrevista larga. Es probable que el director de la encuesta madre se resista a admitir un conjunto de preguntas selectivas muy detalladas. Por tanto, es probable que algunos de los hogares del ejemplo anterior en los que se identificaron huérfanos al final no los tengan, y viceversa. Esa clasificación errónea indica que deberían establecerse dos estratos, uno con los hogares donde el resultado de la entrevista selectiva fue positivo y otro donde fue negativo. Para la entrevista completa se tomarán muestras de cada estrato basándose en la suposición de que probablemente se registraron algunos errores en la clasificación. La tasa del estrato del “sí” incluida en la muestra sería muy elevada —hasta del 100%— mientras que del estrato del “no” se extraería una fracción mucho más pequeña.

3.9.2. Muestreo para la estimación del cambio o tendencia

156. En muchos países las encuestas de hogares se diseñan con el doble propósito de estimar *a*) indicadores de referencia (sus *niveles*) en el momento de realización de la encuesta, y *b*) el *cambio* en dichos indicadores al realizarla la segunda vez y siguientes. Cuando la encuesta se repite en más de una ocasión pueden medirse también las tendencias de los indicadores. En el diseño muestral de una encuesta que va a ejecutarse de forma reiterativa intervienen varios efectos que no se dan en una encuesta transversal que se realiza una sola vez. En particular, los temas más importantes son la fiabilidad a la hora de estimar el cambio y la combinación adecuada relativa al empleo de los mismos hogares u otros diferentes en cada ocasión. Con este último punto está relacionado el problema del sesgo y de la fatiga de los informantes cuando se entrevista a los mismos hogares de forma repetida.

157. El examen de la cuestión relativa a la fiabilidad requiere también una demostración matemática. Comenzaremos por fijarnos en la varianza del cambio estimado, $d = p_1 - p_2$, expresada como

$$\sigma_d^2 = \sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2 - 2\sigma_{p_1, p_2} = \sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2 - 2\rho\sigma_{p_1}\sigma_{p_2}, \quad (3.22)$$

donde el valor p es la proporción estimada; σ_d^2 es la varianza de la diferencia; σ_p^2 es la varianza de p en la primera o en la segunda ocasión, denotada por 1 ó 2; σ_{p_1, p_2} es la covarianza entre p_1 y p_2 ; y ρ es la correlación entre los valores observados de p_1 y p_2 en las dos ocasiones en que se ha realizado la encuesta.

Cuando el cambio estimado es comparativamente pequeño, como suele ser el caso, tenemos

$$\sigma_{p_1}^2 \approx \sigma_{p_2}^2.$$

Entonces, $\sigma_d^2 = 2\sigma_p^2 - 2\rho\sigma_p^2$ (podemos quitar los subíndices 1 y 2). Por tanto:

$$\sigma_d^2 = 2\sigma_p^2(1 - \rho). \quad (3.23)$$

158. Para evaluar la ecuación (3.22), observamos que una estimación de σ_p^2 en una encuesta por conglomerados es la de una muestra aleatoria simple (MAS) multiplicada por el efecto del diseño de la muestra, *deff*. La correlación, ρ , que es máxima cuando se emplea la misma muestra de hogares, puede ser de 0,8 o incluso más elevada. En ese caso el estimador, s_d^2 de σ_d^2 viene dado por:

$$s_d^2 = 2[(pq)f/n](0,2), \quad \text{ó} \quad 0,4(pq)f/n. \quad (3.24)$$

159. Si se usan los mismos conglomerados pero hogares diferentes, ρ continúa siendo positiva pero sustancialmente menor, quizá de entre 0,25 y 0,35. En ese caso (con una ρ de 0,3) tendríamos:

$$s_d^2 = 2[(pq)f/n](0,7), \quad \text{ó} \quad 1,4(pq)f/n. \quad (3.25)$$

160. Finalmente, con una muestra completamente independiente en la segunda ocasión, empleando conglomerados y hogares diferentes, ρ es igual a cero y tenemos:

$$s_d^2 = 2[(pq)f/n]. \quad (3.26)$$

Aplicando a $deff$ el valor habitual de 2,0, la fórmula 3.19 da como resultado:

$$s_d^2 = 4[(pq)/n]. \quad (3.27)$$

161. Para repetir encuestas usando una superposición parcial, es decir, un 50% de los mismos conglomerados/hogares y un 50% de nuevos, ρ debe multiplicarse por un factor F igual a la proporción de la muestra que se superpone. En ese caso, la ecuación 3.16 sería:

$$\sigma_d^2 = 2\sigma_p^2(1 - F\rho). \quad (3.28)$$

162. De todo lo expuesto anteriormente pueden sacarse conclusiones interesantes. En primer lugar, la varianza estimada de un cambio estimado comparativamente pequeño entre dos encuestas con la misma muestra de hogares representa sólo en torno al 40% de la varianza del nivel, tanto en la primera como en la segunda ocasión. Usando los mismos conglomerados pero hogares diferentes se obtiene una estimación de la varianza del cambio un 40% *más elevada* que la del nivel. Con muestras independientes la varianza estimada es el *doble* que la del nivel.

163. Así, el uso de los mismos hogares en encuestas repetidas tiene grandes ventajas en cuanto a fiabilidad. Si eso no resulta, también pueden conseguirse mejoras significativas usando una proporción de los mismos hogares o los mismos conglomerados pero con hogares diferentes. Ambas estrategias generan estimaciones con menor varianza que si se emplean, como en la opción menos atractiva, muestras completamente independientes.

164. Respecto al tema del error no muestral se dan más casos de los dos efectos negativos del informante —falta de respuesta y respuesta condicionada— cuanto más se repite el uso de la misma muestra de hogares. Los informantes no sólo se muestran cada vez más reacios a cooperar, aumentando así la falta de respuesta en posteriores rondas de la encuesta, sino que además se ven afectados por el condicionamiento, de manera que la calidad o la exactitud de sus respuestas puede deteriorarse al repetir las entrevistas.

165. Un fenómeno asociado al condicionamiento es el sesgo del “tiempo de inclusión”, según el cual las estimaciones de los informantes que responden durante el mismo período de tiempo pero con diferentes niveles de exposición a una encuesta tienen valores previstos diferentes. La evidencia de este fenómeno se ha estudiado en profundidad en encuestas sobre población activa, costos, ingresos y victimización criminal. En los Estados Unidos los informantes de una encuesta de población activa incluidos por primera vez en la muestra calculan el desempleo sistemáticamente un 7% por encima que el promedio de los informantes que han respondido a ocho entrevistas previas. Este patrón se ha repetido a lo largo de una serie de años en los Estados Unidos. Los expertos explican este sesgo por las siguientes razones, entre otras:

- Es posible que los entrevistadores estimulen menos al informante según se repiten las entrevistas.
- Es posible que los informantes se den cuenta de que algunas respuestas abren preguntas adicionales, y las evitan.
- Es posible que la primera entrevista incluya acontecimientos que se salgan del período de referencia, mientras en las entrevistas posteriores el acontecimiento está “acotado”.

- Es posible que los informantes cambien realmente su comportamiento a causa de la encuesta.
- Es posible que los informantes no sean tan diligentes a la hora de proporcionar respuestas exactas en entrevistas posteriores, cansados del proceso de la encuesta (Kasprzyk, 1989).

166. Cabe señalar que la mayoría de las razones argüidas en el anterior apartado hacen referencia a la repetición de entrevistas para una misma encuesta; pero cuando se utilizan los mismos hogares para encuestas diferentes se producen algunos de los mismos comportamientos en los informantes.

167. Por lo expuesto anteriormente puede observarse que se producen efectos opuestos al usar:

- a) La misma muestra de hogares en cada ocasión;
- b) Hogares de sustitución en parte de la muestra;
- c) Una nueva muestra de hogares cada vez que se realiza la encuesta.

168. Avanzando de la *a)* a la *c)*, el error de muestreo en las estimaciones del cambio aumenta mientras que el error no muestral tiende a disminuir. El error muestral es menor cuando se emplea la misma muestra de hogares en todas las ocasiones, porque la correlación entre observaciones es máxima. Por el contrario, el uso de los mismos hogares aumenta el sesgo no muestral. En cambio, si se usa cada vez una muestra nueva de hogares ocurre lo opuesto.

169. Por lo general se considera que la opción *b)* ofrece un equilibrio entre el error de muestreo y el sesgo no muestral. Si parte de la muestra se conserva de un año para otro, el error de muestreo mejora respecto a la opción *c)* y el error no muestral respecto a la *a)*. Cuando se realiza una encuesta sólo en dos ocasiones es probable que la opción *a)* resulte la mejor. Es probable que los efectos del informante no tengan un impacto demasiado perjudicial en la totalidad del error de la encuesta si la muestra sólo se utiliza dos veces. No obstante, si va a repetirse tres o más veces, la mejor opción es la *b)*. Una estrategia conveniente es reemplazar el 50% de la muestra en cada ocasión siguiendo un patrón de rotación (véase el capítulo 4 para ejemplos de muestreo con rotación en muestras maestras).

3.10. Cuando falla la ejecución

170. El presente apartado contiene un resumen de las acciones que pueden llevarse a cabo cuando aparecen obstáculos durante la aplicación del plan de muestreo, obstáculos que en su mayoría ya se han comentado o mencionado anteriormente. No obstante, uno de los principios importantes sobre los que se hace hincapié en este capítulo y en el siguiente es que muchos de los obstáculos a la ejecución pueden prevenirse mediante una planificación minuciosa en el momento de diseñar la muestra. De todos modos, y aun con la mejor de las planificaciones, pueden surgir problemas imprevistos.

3.10.1. Definición y cobertura de la población objetivo

171. Con frecuencia surgen problemas cuando, por una serie de razones, la población que cubre la encuesta no es la población objetivo deseada.

Ejemplo

Consideremos que una encuesta se propone cubrir una población objetivo tan frecuente como la formada por todas las personas de un país. La población real cubierta (es decir, de la que se selecciona la muestra) suele ser menos que la total por alguna de las siguientes razones:

- Las personas que viven en residencias institucionales como hospitales, prisiones y barracones militares no se incluyen en la muestra.
- Los residentes de determinadas zonas geográficas (territorios de difícil acceso, zonas afectadas por desastres naturales, zonas declaradas prohibidas a causa de disturbios civiles o guerras, campos de refugiados o de trabajadores extranjeros, etcétera) quedan deliberadamente excluidos de la cobertura.
- Las personas que no cuentan con una vivienda estable se declaran “excluidas” de la encuesta. A esta categoría pertenecen las poblaciones nómadas, los refugiados o inmigrantes ilegales, los trabajadores ambulantes, etcétera.

172. El problema de estas subpoblaciones respecto al plan de muestreo es que normalmente no se identifican antes de realizar la encuesta como grupos que deben quedar excluidos. Así, el proceso de realización de la encuesta se ve afectado cuando en la selección de la muestra se escoge por casualidad: *a)* un conglomerado que resulta ser un campo de trabajo, una prisión o un dormitorio en lugar de una zona residencial “tradicional” o *b)* una UPM que se encuentra en un territorio montañoso y se considera inaccesible. En tales situaciones la “solución” suele ser sustituir una UPM por otra. Esta “solución”, sin embargo, supone un procedimiento sesgado.

173. Una solución más aceptable es evitar el problema en la fase de diseño de la muestra. Esto se consigue definiendo pormenorizadamente la población objetivo y especificando qué subpoblaciones incluye y cuáles quedan excluidas de la cobertura. En segundo lugar, el marco muestral debería modificarse para eliminar las zonas geográficas que no vayan a cubrirse en la encuesta. Esto afecta también a cualquier ZE con un fin específico —por ejemplo, un campo de trabajo— que debería quedar excluida. En tercer lugar, la muestra debería seleccionarse a partir del marco modificado. En el capítulo 4 se aborda con mayor profundidad el tema de los marcos muestrales.

174. También debería tenerse presente que la solución sugerida en el párrafo anterior sirve para definir la población objetivo con mayor precisión. Es importante que la población objetivo exacta aparezca descrita en los informes de la encuesta, para que el usuario esté informado.

3.10.2. Muestra excesivamente grande para el presupuesto de la encuesta

175. Puede suceder que el tamaño de la muestra sea mayor de lo que admite el presupuesto. Cuando esto ocurre el equipo de la encuesta puede buscar fondos adicionales para la encuesta o modificar los objetivos de medición reduciendo los requisitos de precisión o el número de campos.

176. Una manera de reducir la precisión (aumentando el error de muestreo) para recortar sustancialmente los costos consiste en seleccionar menos UPM pero manteniendo el tamaño total de la muestra. Por ejemplo, en lugar de 600 UPM de 15 hogares cada una ($n = 9.000$), el plan de muestreo podría modificarse de modo que se seleccionaran 400 UPM de 22 o 23 hogares cada una ($n \approx 9.000$). En cuanto a los campos, una solución podría ser escoger cuatro de las regiones principales del país en lugar de 10 provincias, por ejemplo.

3.10.3. Tamaño del conglomerado mayor o menor de lo previsto

177. Un problema frecuente es que uno de los conglomerados de la muestra resulte sobrepasado en su tamaño a causa de las nuevas viviendas, cosa común cuando el marco muestral es antiguo.

A veces sucede que el equipo de la encuesta espera encontrar 125 hogares en un conglomerado y a la hora de confeccionar el listado halla 400. Una posible solución sería subdividir el conglomerado en subsegmentos geográficos con un tamaño de población parecido. El número de segmentos debería ser igual al recuento real de hogares dividido entre la medida del tamaño original, redondeado al número entero más próximo. En nuestro ejemplo sería $400/125$ o 3,2, que redondearíamos a 3 segmentos. Los segmentos se crearían mediante cartografía y recuento rápido de viviendas (no de hogares). Luego se seleccionaría de manera aleatoria uno de los segmentos para la confección de la lista.

178. También puede darse el problema contrario. Cabe la posibilidad de que un conglomerado sea más pequeño de lo previsto debido a demoliciones, desastres naturales u otras razones. En ese caso suele tenderse a sustituirlo por otro, aunque eso supondría introducir un sesgo. Cuando se dan esas situaciones debe tomarse el conglomerado tal como es. Si bien es cierto que esto puede dar como resultado un tamaño de la muestra final menor de lo previsto, el aumento del error muestral será mínimo, a menos que haya un elevado número de conglomerados afectados por el mismo problema. Utilizar el conglomerado que ha resultado ser más pequeño de lo previsto sin modificarlo (ni sustituirlo) permitirá, aun así, generar una estimación no sesgada, porque el conglomerado “representa” el cambio que se ha producido en la población desde que se estableció el marco hasta la actualidad.

3.10.4. Gestión de los casos de falta de respuesta

179. Aunque la falta de respuesta forma parte del proceso de realización de la encuesta más que del proceso de aplicación de la muestra, es un asunto de gravedad que puede arruinar las estimaciones de una encuesta de hogares (véanse los capítulos 6 y 8 para un análisis a fondo de la falta de respuesta). Si se permite una falta de respuesta en más del 10%-15% de los casos de la muestra, el sesgo puede dar lugar a unas estimaciones profundamente dudosas. En muchos países suele “resolverse” el problema sustituyendo los hogares que no responden. La técnica está sesgada en sí misma porque los hogares de sustitución representan sólo a los hogares que responden y no a los que no. Hay constancia de que las características de estos dos últimos grupos son diferentes respecto a variables de la encuestas importantes y, entre ellas, en especial a las relativas a la condición socioeconómica. La solución preferida, que por desgracia nunca garantiza un éxito del 100%, consiste en obtener respuestas de los hogares que inicialmente no respondan. Esto se consigue planificando desde el principio la repetición de visitas a los hogares que no responden, para lograr su cooperación (en el caso de rechazo) o hasta encontrarlos en casa (cuando se trata de informantes ausentes o no disponibles por alguna otra razón). Puede que sea necesario repetir la visita hasta cinco veces; el mínimo debería ser de tres.

3.11. Resumen de directrices

180. En este apartado se resumen las principales directrices que cabría extraer de lo expuesto en el capítulo. Si bien algunas de ellas son pertinentes en casi cualquier circunstancia (por ejemplo, el “uso del muestreo probabilístico”), hay otras en las que sería adecuado hacer excepciones según las circunstancias especiales de un país, los recursos y las necesidades. Por esa razón, las directrices, en formato de lista, se presentan con el ánimo de ofrecer unas “reglas generales” más que como recomendaciones fijas e inquebrantables. Quienes están implicados en la encuesta deberían comprometerse a:

- Emplear técnicas probabilísticas de muestreo en todas las etapas de selección.
- Tender a la máxima simplicidad posible (y no a la complejidad) del diseño de la muestra.

- Buscar técnicas de selección que generen muestras autoponderadas, o aproximadamente autoponderadas, dentro de los campos o en general cuando el diseño no incluya campos.
- Aplicar, dentro de lo posible, el diseño en dos etapas.
- Calcular el tamaño de la muestra aplicando una fórmula como la (3.5), ajustando el valor de los parámetros fijos (como la tasa de falta de respuesta prevista y el tamaño promedio de los hogares) de tal forma que reflejen la situación del país.
- Aplicar al efecto del diseño un valor por defecto de 2,0 en la fórmula del tamaño de la muestra a menos que se disponga de información de mejor calidad sobre el país.
- Basar el tamaño de la muestra en la estimación clave que se crea que abarca el menor porcentaje de población de todas las estimaciones clave que cubrirá la encuesta.
- Siempre y cuando el presupuesto lo permita, elegir para la estimación clave (citada en el apartado anterior) un margen de error o nivel de precisión que equivalga al 10% de la estimación, es decir, un 10% de error relativo, *en el nivel de confianza del 95%*; de lo contrario, establecer el error relativo en un 12-15%.
- Definir las unidades de selección (UPM) de la primera etapa como zonas de empadronamiento censal (ZE) si es conveniente y apropiado.
- Aplicar la estratificación implícita combinada con el muestreo sistemático con probabilidad proporcional al tamaño siempre que sea posible, sobre todo en diseños de encuestas con múltiples fines.
- Limitar el número de campos de estimación a los mínimos imprescindibles (para que el tamaño de la muestra resulte manejable).
- Procurar que el número de conglomerados (o de UPM si hay dos etapas) sea elevado (varios centenares); cuantos más, mejor.
- Utilizar conglomerados pequeños (10-15 hogares); cuanto más pequeños, mejor.
- Utilizar conglomerados con un tamaño constante en lugar de variable; es decir, con un número fijo de hogares en lugar de una tasa fija.
- Procurar que cada campo contenga un mínimo de 50 UPM.
- Planificar la repetición de la visita un mínimo de tres veces (preferiblemente de cinco), a fin de subsanar los casos de falta de respuesta.
- En el caso de poblaciones poco comunes, considerar el método de muestreo en dos fases consistente en adjuntar a una encuesta grande ya planificada una pregunta “anexa” para localizar a las personas objetivo, y proceder después a realizar una entrevista a fondo en una submuestra.
- En las encuestas diseñadas para medir el cambio, entrevistar a los mismos hogares cuando sólo se realicen dos entrevistas; si se llevan a cabo tres o más, aplicar un esquema de superposición parcial mediante la rotación de los nuevos hogares incluidos en la muestra en cada ocasión.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Banco Mundial (1999). *Core Welfare Indicators Questionnaire (CWIQ) Handbook*, cap. 4. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Bennett, S. (1993). "The EPI cluster sampling method: a critical appraisal". Comunicación de sesión. Instituto Internacional de Estadística, Florencia, Italia.
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques*, 3a. ed. Nueva York: Wiley.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2000). *End-Decade Multiple Indicator Survey Manual*. Cap. 4: "Designing and selecting the sample", y apéndice 7: "Sampling details". UNICEF: Nueva York.
- Hansen, M., W. Hurwitz y W. Madow (1953). *Sample Survey Methods and Theory*. Nueva York: Wiley.
- Hussmans, R., F. Mehran y V. Verma (1990). *Surveys of Economically Active Population, Employment, Unemployment and Underemployment: An ILO Manual on Concepts and Methods*. Capítulo 11: "Sample design". Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra.
- Instituto Internacional de Estadística (1975). *Manual on Sample Design*. World Fertility Survey Basic Documentation. Voorburg, Países Bajos.
- Kalton, G. (1983). *Introduction to Survey Sampling*. Beverly Hills, California: Sage Publications.
- _____ (1987). "An assessment of the WHO Simplified Cluster Sampling Method for estimating immunization coverage". Informe para el UNICEF, Nueva York.
- _____ (1993). *Sampling Rare and Elusive Populations* (INT-92-P80-16E). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales y Análisis de Políticas, División de Estadística, y National Household Survey Capability Programme. Naciones Unidas: Nueva York.
- Kasprzyk, D. *et al.*, eds. (1989). *Panel Surveys*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Kish, L. (1965). *Survey Sampling*, Nueva York: Wiley.
- Krewski, D., R. Platek, y J. N. K. Rao, eds. (1981). *Current Topics in Survey Sampling*. Nueva York: Academic Press.
- Le, T. y V. Verma (1997). *An Analysis of Sample Designs and Sampling Errors of the Demographic and Health Surveys*, DHS Analytical Reports, No. 3. Calverton, Maryland: Macro International Inc.
- Liga de los Estados Árabes (1990). *Sampling Manual, Arab Maternal and Child Health Survey*, Basic Documentation 5. El Cairo: Proyecto Panárabe de Desarrollo del Niño (PAPCHILD).
- Macro International Inc. (1996). *Sampling Manual. DHS-III*. Basic Documentation, No. 6. Calverton, Maryland: Macro International Inc.
- Naciones Unidas (1984). *Manual de encuestas sobre hogares*, Edición revisada. Estudios de métodos, No. 31. No. de venta: S.83.XVII.13.
- _____ (1986). "Sampling frames and sample designs for integrated household survey programmes". *National Household Survey Capability Programme*. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo y Oficina de Estadística. Naciones Unidas: Nueva York.
- _____ (2005). *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.

- Namboođiri, N., ed. (1978). *Survey Sampling and Measurement*. Nueva York: Academic Press.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (1978). *Current Population Survey Design and Methodology*. Technical Paper 40, Washington, D.C.: Bureau of the Census.
- Organización Mundial de la Salud (1991). *Expanded Programme on Immunization, Training for Mid-level Managers: Coverage Survey*. WHO/EPI/MLM91.10. Ginebra.
- Raj, D. (1972). *Design of Sample Surveys*, Nueva York: McGraw-Hill.
- Scott, C. (1993), Comentarios del conferenciante en la sesión sobre “Inexpensive Survey Methods for Developing Countries”. Comunicación de sesión. Instituto Internacional de Estadística, Florencia, Italia.
- Som, R. (1966). *Practical Sampling Techniques*, 2a. ed. Nueva York: Marcel Dekker, Inc.
- Turner, A., R. Magnani y M. Shuaib, (1996). “A not quite as quick but much cleaner alternative to the Expanded Programme on Immunization (EPI) Cluster Survey design”. *International Journal of Epidemiology*, vol. 25, No. 1. Liverpool, Reino Unido.
- Verma, V. (1991). *Sampling Methods. Training Handbook*. Instituto de Estadística para Asia y el Pacífico, Tokio.
- Waksberg, J. (1978). Sampling methods for random digit dialing, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 73, págs. 40-46.

Capítulo 4

Marcos muestrales y muestras maestras

4.1. Marcos muestrales de las encuestas de hogares

1. En el capítulo anterior se han tratado, con la excepción de los marcos muestrales, los rasgos multifacéticos del diseño muestral y algunas de las opciones de diseño muestral que pueden aplicarse a las encuestas de hogares. Sin embargo, dado que uno de los aspectos más cruciales del diseño muestral de las encuestas de hogares es su marco, se dedicará un capítulo exclusivo a esta cuestión.
2. El marco muestral influye de manera significativa en los costos y la calidad de cualquier encuesta. Las deficiencias en los marcos muestrales de las encuestas de hogares constituyen una fuente frecuente de *error no muestral* y, en particular, de cobertura insuficiente de importantes subgrupos de población. Este capítulo pretende ofrecer una serie de prácticas óptimas para la elaboración y utilización del marco tomando en consideración diversas etapas del muestreo. El capítulo se halla dividido en dos apartados: en el primero se abordan temas de índole general sobre los marcos y su elaboración, haciendo hincapié en el diseño muestral en varias etapas de las encuestas de hogares; en el segundo se tratan las cuestiones especiales que surgen cuando hay que emplear un marco maestro.

4.1.1. Definición¹ de marco muestral

3. Una simple definición operacional de marco muestral es la siguiente: *el conjunto de materiales de origen a partir de los cuales se selecciona la muestra*. La definición lleva también implícita la finalidad de los marcos muestrales, que es proporcionar un medio para escoger a los miembros concretos de la población objetivo que serán entrevistados en la encuesta. No obstante, puede que se precise más de un conjunto de materiales, como suele ocurrir en el caso de las encuestas de hogares por su carácter multietápico. En las primeras etapas de selección de las encuestas de hogares, las muestras suelen extraerse de marcos de *área* geográfica. En la última etapa, las muestras pueden extraerse de un marco de *área* o de un marco de *lista* (véase *infra* el tratamiento de los marcos de *área* y de *lista* en los apartados 4.1.3. y 4.1.4).

4.1.1.1. Marco muestral y población objetivo

4. Una consideración importante a la hora de decidir el/los marco(s) apropiado(s) que se emplearán en las encuestas de hogares es la relación entre la población objetivo de la encuesta y la unidad de selección. La unidad de selección determina el marco. También determina la probabilidad de selección en la última etapa.

¹ Se invita al lector a consultar el cuadro 3.1 del capítulo 3, que contiene un glosario de los términos de muestreo empleados en los capítulos 3 y 4. Véase la página 27.

Ejemplo

Supongamos una encuesta cuya población objetivo son los lactantes. El equipo de la encuesta puede considerar dos marcos posibles: los establecimientos médicos que hayan registrado nacimientos durante los últimos 12 meses, o los hogares con lactantes menores de 12 de meses de edad. En el primer caso el marco estaría formado por dos partes, una por cada etapa de selección: la primera consistiría en la lista de hospitales y clínicas donde han nacido los lactantes; la segunda, la lista de todos los lactantes nacidos en dichos establecimientos en los 12 meses anteriores. En la primera etapa las unidades de selección serían los establecimientos de salud, y en la segunda, los lactantes. Así, la unidad de selección y la población objetivo son términos sinónimos en la etapa *final*. Sin embargo, en el segundo caso es probable que el marco se definiera (en una etapa posterior de la selección) como una lista de hogares de unidades de áreas pequeñas, tal que aldeas o bloques urbanos. Al aplicar el plan de muestreo, los hogares se seleccionarían y filtrarían a fin de determinar la presencia de niños de 0 a 12 meses de edad. En este caso el hogar sería la unidad de selección en la que se basaría la probabilidad de selección. Obsérvese, no obstante, que no se identificará ni entrevistará a los miembros de la población objetivo hasta que se hayan filtrado los hogares para confirmar su presencia. Así, la unidad de selección y la población objetivo son diferentes en el caso del marco de los hogares.

5. En las encuestas de hogares —el tema de este manual— el hogar es la unidad de selección y en la que se basa el diseño muestral. Sin embargo, la población objetivo, incluso en una encuesta general, diferirá en función de los objetivos de medición. Excepto en el caso de las encuestas de ingresos y gastos de los hogares, la población objetivo normalmente será otra que el hogar en sí mismo. Ejemplo de ello son las encuestas de empleo, donde la población objetivo suelen ser las personas de 10 (ó 14) años o más, lo que excluye a todos los niños; o las encuestas sobre la salud reproductiva de las mujeres, donde la población objetivo está formada por las mujeres de entre 14 y 49 años (y con frecuencia sólo las mujeres de ese grupo de edad que hayan estado casadas alguna vez).

4.1.2. Propiedades de los marcos muestrales

6. Como se ha indicado anteriormente, el marco muestral debe comprender, en términos estadísticos, la población objetivo. Además de eso, un marco muestral perfecto es aquel que es *completo, exacto y actualizado*. Éstas son propiedades ideales que resultan inalcanzables en el caso de las encuestas de hogares. Aun así, es esencial procurar acercarse a ellas al máximo, ya sea al elaborar un marco desde cero o al emplear uno que ya exista. La calidad de un marco puede evaluarse mediante el grado de relación existente entre las propiedades ideales y la población objetivo. Cabe recordar aquí la definición que proporcionamos en el capítulo 3 de que una muestra probabilística —una en la que todos los miembros de la población objetivo tengan una probabilidad conocida distinta de cero de ser seleccionados— es un instrumento de medición útil para juzgar la calidad de un marco.

7. En la medida en que no se alcance cada una de las propiedades ideales, la encuesta producirá resultados sesgados, con frecuencia orientados a la *subestimación* de la población objetivo.

4.1.2.1. Exhaustividad

8. El marco ideal debe considerarse exhaustivo respecto a la población objetivo si todos los miembros que la constituyen (el *universo*) quedan cubiertos por el marco. La cobertura de la(s) población(es) objetivo(s) es, por tanto, una característica esencial a la hora de juzgar si el marco es adecuado para

una encuesta. Si no es adecuado, entonces el equipo encargado de la encuesta debe valorar si puede corregirlo o seguir desarrollándolo hasta hacerlo más completo. En el ejemplo anterior la encuesta no cubriría a los lactantes nacidos en casa o en otros lugares distintos de los establecimientos de salud si éstos se emplearan como el único marco de muestreo. Por consiguiente, en este ejemplo habría un número significativo de la población objetivo con ninguna probabilidad de ser incluido en la muestra y se incumpliría la condición de la muestra probabilística. Como resultado, con el marco de los establecimientos de salud se subestimaría el número de lactantes. Además, es probable que las *características* de esos lactantes sean diferentes a las de los nacidos en casa. El marco de los establecimientos de salud daría lugar, por tanto, a distribuciones sesgadas en importantes indicadores sobre los lactantes o sobre la atención que reciben.

9. La cobertura insuficiente también es un problema que puede aparecer en las encuestas de hogares. Por ejemplo, en el plan de una encuesta nacional se pretende abarcar a toda la población mediante una encuesta de hogares. Sin embargo, existen varios subgrupos, tales como las personas que viven en instituciones, los hogares nómadas o los refugiados o inmigrantes ilegales, que no residen en hogares. En ese caso la cobertura de la población total resulta inalcanzable mediante una encuesta de hogares, y tendrían que elaborarse marcos adicionales para cubrir a esos grupos que no residen en hogares a fin de otorgar a sus miembros una probabilidad de ser seleccionados distinta de cero. De no ser así, la población objetivo real tendría que modificarse de tal forma que pudiera definirse con mayor detalle qué incluye. De ese modo los usuarios estarían bien informados sobre los segmentos de población que han quedado excluidos de la cobertura.

4.1.2.2. *Exactitud*

10. La exactitud es otro rasgo importante de los marcos muestrales, aunque las imprecisiones son más probables en otros marcos que en los empleados para las encuestas de hogares. Puede decirse que un marco es exacto si todos los miembros de la población objetivo se incluyen una sola vez. Cuando elaboramos, por ejemplo, una lista de los establecimientos de salud donde trabajen más de 50 profesionales, podrían producirse errores si *a)* alguno de los establecimientos de la lista tuviera 49 trabajadores o menos, *b)* alguno de los establecimientos con 50 trabajadores o más no figurara en la lista, o si *c)* un establecimiento apareciera en más de una ocasión (por ejemplo, con nombres diferentes).

11. En las encuestas de hogares es menos probable encontrar esa clase de inexactitudes en los marcos. No obstante, podrían darse casos como los siguientes: *a)* que en un marco que consistiera en un archivo informático de zonas de empadronamiento (ZE) no aparecieran algunos de los elementos; *b)* que en un marco que consistiera en una lista de hogares de una aldea no aparecieran algunos situados en el perímetro de la aldea; *c)* que en un marco que consistiera en una lista de hogares pertenecientes a cada unidad de área, algunos aparecieran listados en más de una unidad; o *d)* que un marco desfasado que consistiera en una lista de hogares no incluyera las viviendas de reciente construcción. Este caso de un marco no actualizado se tratará más adelante.

12. La omisión de ZE u hogares en una lista dentro de una unidad de área significa que los hogares afectados no tienen probabilidad de ser seleccionados para la muestra. Eso, evidentemente, supone el incumplimiento de uno de los requisitos necesarios para elaborar una verdadera muestra probabilística. Las duplicaciones en los listados también contravienen el criterio probabilístico a menos que se tengan en cuenta de forma que puedan calcularse las probabilidades de selección reales. Por des-

gracia, las omisiones y las duplicaciones erróneas como las que acabamos de mencionar no suelen detectarse y, por tanto, es posible que el técnico de muestreo no sea consciente de la necesidad de corregir el marco antes de extraer la muestra de él. Por otra parte hay que decir que una proporción pequeña de omisiones o duplicados en un marco no causará, por lo general, un sesgo no muestral importante —ni siquiera perceptible— en las estimaciones de la encuesta.

4.1.2.3. Marco actual

13. En circunstancias ideales, como es natural, un marco debería ser actual para poder poseer las otras dos propiedades: exhaustividad y exactitud. Un marco obsoleto obviamente contiene imprecisiones y es probable que no sea exhaustivo, sobre todo en las encuestas de hogares. El ejemplo por antonomasia de un marco desfasado es un censo de población con siete años de antigüedad. Ese censo no reflejará la reciente construcción o demolición de viviendas, los movimientos migratorios en las unidades de vivienda, los nacimientos o las defunciones. Estas deficiencias incumplen el requisito de que en una muestra probabilística cada miembro de la población objetivo tenga una probabilidad *conocida* de ser seleccionado.

Ejemplo

Supongamos que el marco consiste en ZE definidas conforme al censo más reciente, que tiene cuatro años de antigüedad, y que no se ha llevado a cabo la actualización de dicho marco. Supongamos también que han surgido numerosas zonas ocupadas ilegalmente en la periferia de la capital, en ZE que en el momento del censo estaban vacías o prácticamente vacías. En el diseño muestral no se ofrecería a los hogares que viven en las ZE antes vacías ninguna probabilidad de ser incluidos, incumpliendo así las condiciones de una muestra probabilística. En las ZE que estaban casi vacías surgiría otro serio problema a pesar de que esas ZE técnicamente no incumplirían los requisitos del muestreo probabilístico. La muestra, sin duda, se seleccionaría con *probabilidad proporcional al tamaño*, siendo la *medida del tamaño* el censo de población o un recuento de hogares. En virtud de la pequeña población que poseía en el momento en que se elaboró el censo, cualquier ZE que haya registrado un elevado crecimiento tendría sólo una pequeña probabilidad de ser seleccionada si se emplea el muestreo con *probabilidad proporcional al tamaño*. Como consecuencia, la muestra podría tener una varianza de muestreo inaceptablemente alta.

4.1.3. Marcos de área

14. En este apartado y en el siguiente abordaremos las dos categorías de marcos que se usan en el muestreo, ya sea en encuestas de hogares o en otros contextos. Es importante observar que en un diseño en varias etapas el marco de cada etapa debe considerarse un componente separado. El marco específico es diferente en cada etapa. Lo más probable es que en el diseño de la muestra de una encuesta de hogares se emplee un marco de área (tratado en este apartado) en las primeras etapas, y un marco de lista (tratado en el siguiente) en la última etapa.

15. En las encuestas de hogares, un marco de área es aquel que comprende las unidades geográficas de un país en un orden jerárquico. Administrativamente las unidades se etiquetan de forma distinta en unos países que en otros, pero en general incluyen, en orden descendente, términos tales como provincia o condado, distrito, sector, barrio y aldea (zonas rurales) o bloques (zonas urbanas). Para fines censales, las subdivisiones administrativas se clasifican además en entidades como zonas de

supervisión censal y zonas de empadronamiento (ZE). Con frecuencia la ZE del censo es la unidad geográfica más pequeña definida y delineada de un país.

16. A la hora de realizar una encuesta hay cuatro características de las unidades geográficas que son importantes en el diseño muestral:

- a) Normalmente cubren el territorio completo de una nación;
- b) Sus fronteras se hallan bien delineadas;
- c) Hay cifras sobre de la población disponibles para ellas;
- d) Están cartografiadas.

17. La cobertura de la totalidad del territorio geográfico de una nación es importante, como ya hemos señalado, porque es uno de los criterios para obtener una muestra probabilística auténtica. El hecho de que las fronteras estén bien delineadas y se hallen cartografiadas es capital en la aplicación de la muestra porque a través de ellas se localizan los lugares donde se llevará a cabo el trabajo sobre el terreno. Una buena información sobre las fronteras territoriales también ayuda al entrevistado a localizar qué hogares de la muestra se seleccionan finalmente para la entrevista. Las cifras sobre la población son necesarias en el diseño muestral para asignar las medidas de tamaño y calcular las probabilidades de selección.

18. El punto de partida más común de la creación de un marco de área para encuestas de hogares es un censo de población del país basado en los cuatro puntos señalados antes. Además, la ZE es una unidad geográfica con un tamaño conveniente para la selección en las últimas etapas de muestreo (la penúltima etapa en el caso de un diseño en dos etapas). En la mayoría de los países las ZE se delimitan de manera que contengan aproximadamente el mismo número de hogares —en torno a los 100—, a fin de proporcionar cargas de trabajo equiparables a los agentes censales.

19. Un marco de área también es, paradójicamente, una *lista*, dado que debe partirse de una lista de las unidades geográficas administrativas de una población para llevar a cabo las primeras etapas de selección de la muestra de una encuesta de hogares. Esto nos lleva a la exposición sobre los marcos de lista.

4.1.4. Marcos de lista

20. Un marco de lista es esencialmente un marco constituido por una lista de las unidades que configuran la población objetivo. En teoría, en cualquier país existe un marco de lista de encuestas de hogares justo después de elaborar un censo. El nuevo censo proporciona en principio un listado geográficamente ordenado donde figuran todos los hogares —o unidades residenciales— del país.

21. Una lista censal recién elaborada es el mejor marco muestral de hogares porque es todo lo actual, exhaustiva y exacta que puede llegar a ser una lista de hogares. Dada la organización geográfica de la lista censal, resulta bastante sencillo estratificar la muestra para una distribución geográfica adecuada. Por tanto, cuando existe la necesidad de llevar a cabo una encuesta por muestreo poscensal para obtener información complementaria o información más detallada que la que el censo puede proporcionar de manera eficaz, la lista censal nueva es la más adecuada como marco de lista. No obstante, hay que reconocer que la nueva lista censal sólo se halla disponible como marco *actual* durante un breve período. Como es obvio, cuanto mayor sea el intervalo entre el censo y la posterior encuesta, menos útil resultará la lista del censo como fuente para el marco.

22. Hay otras listas que dependiendo de la calidad pueden considerarse marcos muestrales apropiados de las encuestas de hogares, y entre ellas se cuentan los registros civiles y los registros de empresas de suministro. Los registros civiles podrían ser un marco adecuado en los países donde se lleva un registro minucioso de los ciudadanos y su domicilio. En algunos casos pueden ser más útiles que un marco basado en un censo, porque es más probable que el registro se actualice constantemente. Los registros de empresas de suministros —sobre todo de electricidad— pueden constituir un marco muestral útil cuando el censo de un país ha quedado obsoleto, aunque los registros tendrían que ser evaluados para analizar posibles problemas y su impacto. Uno de los problemas más obvios causados por una cobertura deficiente serían los hogares que carecen de acceso a electricidad; otro que exigiría una clasificación sería la presencia de conexiones colectivas que suministran a varios hogares.

23. Otro tipo de marco de lista muy usado en los países en desarrollo es el registro de clientes de telefonía. El muestreo se efectúa mediante *técnicas de marcación aleatoria de dígitos* (RDD por su sigla en inglés) para asegurar que los suscriptores cuyos números no han sido publicados tienen la probabilidad correcta de ser seleccionados. No obstante, el muestreo por marcación aleatoria de dígitos no resulta recomendable en países con bajas tasas de implantación de la telefonía.

24. La última etapa de selección en una encuesta de hogares tradicional se basa, invariablemente, en el concepto de marco de lista. Ya hemos señalado anteriormente que la penúltima etapa del diseño puede dar lugar a una muestra de conglomerados en los que se elabore una lista de hogares actual a partir de la cual se seleccionan los hogares de la muestra. Así, tenemos un marco de área, que define los conglomerados de la muestra, y un marco de lista, que define los hogares de la muestra dentro de cada conglomerado.

4.1.5. Marcos múltiples

25. En el capítulo 3 se abordó el muestreo en dos fases en las encuestas de hogares. Éste implica el uso de técnicas de selección destinadas a identificar un grupo objetivo concreto en la primera fase, seguido de una entrevista realizada a una submuestra de las identificadas en la segunda fase. Otra técnica de muestreo con la que puede obtenerse un resultado final similar lleva consigo el uso de más de un marco muestral. Normalmente, suelen emplearse dos marcos, con lo que tendríamos un diseño de *doble marco*; no obstante, en algunas ocasiones pueden emplearse tres marcos o más (diseño de *marco múltiple*). Por ejemplo, en el caso de un marco de población que se defina como la suma de varias listas a partir de las cuales se selecciona una muestra independiente, cada submarco pasa a ser un estrato (véase la exposición sobre estratificación en el apartado 3.4.2 del capítulo 3 y en el anexo I). No obstante, el problema más común en estos marcos es la duplicación.

4.1.5.1. Marco doble típico de las encuestas de hogares

26. En aras de la simplicidad de la presentación estudiaremos los diseños de marco doble, aunque los principios son análogos a los de los diseños de marco múltiple. En general, esta metodología implica la combinación de un marco de área de población general con un marco de lista de las personas que forman parte de la población objetivo sometida a estudio. Por ejemplo, consideremos una encuesta que tiene el objetivo de estudiar las características de las personas desempleadas. La encuesta podría basarse en un marco de área de hogares, pero podría complementarse con un marco de lista que contenga una muestra de personas actualmente desempleadas que figuren en el registro del ministerio encargado de servicios sociales. El objetivo de una muestra con doble marco de este tipo es

aumentar el tamaño de la muestra con personas que tengan una elevada probabilidad de pertenecer a la población objetivo. Este método puede resultar una alternativa más económica y eficaz al muestreo en dos fases. Es preciso utilizar el marco de hogares general para incluir a todos los miembros de la población objetivo que no figuren en la lista. En este ejemplo, éstos serían personas desempleadas que no estén registradas en los servicios sociales.

27. Sin embargo, los diseños con doble marco tienen varias limitaciones, entre las cuales figura la obligación de que el marco de lista sea prácticamente actual. Si se diera el caso de que en una gran proporción de las personas seleccionadas de la lista se hubiera producido un cambio de condición que las excluyera de la población objetivo, el uso del marco de lista resultaría ineficaz. En nuestro ejemplo, el hecho de que una persona desempleada que haya encontrado trabajo en el tiempo de realizarse la encuesta no reúne los requisitos ilustra por qué debe actualizarse el marco de lista.

28. Otra limitación viene dada por el hecho de que probablemente las residencias de las personas del marco de lista se encontrarán dispersas por la comunidad, de modo que efectuar las entrevistas será costoso a causa de los desplazamientos. Esto, por supuesto, contrasta por completo con el marco de área de hogares, donde la muestra puede seleccionarse por conglomerados para reducir los costos de las entrevistas.

29. Un serio problema asociado a los diseños con doble marco es el de la duplicación. En general, las personas incluidas en el marco de lista se hallarán incluidas también en el marco de área. Si regresamos a nuestro ejemplo veremos que las personas desempleadas seleccionadas de un registro son a la vez miembros de hogares, y por ello tendrán doble probabilidad de ser seleccionadas al haberse empleado dos marcos. El problema de la duplicación puede abordarse realizando los ajustes apropiados, aunque esto repercute en el contenido del cuestionario de la encuesta. En nuestro ejemplo, a cada persona desempleada entrevistada en la muestra de hogares tendría que preguntársele si está inscrita en la lista del desempleo. Cuando la respuesta sea afirmativa será necesario llevar a cabo la tarea adicional de encontrar sus nombres en el marco de lista, un proceso propenso a generar errores y cargado de complicaciones. Cuando se identifique uno de los nombres, debe modificarse la ponderación de la encuesta para la persona afectada a $(1/P_h + 1/P_l)$ para que quede reflejado el hecho de que tiene una probabilidad P_h de ser seleccionada en el marco de hogares y una probabilidad P_l de ser seleccionada en el marco de lista. Es importante señalar que la identificación debe llevarse a cabo con toda la lista del marco y no sólo con las personas concretas del marco que han sido seleccionadas para la muestra. La razón es que la probabilidad (y la ponderación) es una función de la probabilidad de selección independientemente de que se produzca la selección o no.

4.1.5.2. Marcos múltiples para diferentes tipos de residencia

30. Otra clase de muestreo con doble marco se da cuando la población objetivo reside en diferentes tipos de residencia que no se superponen. Por ejemplo, es probable que una encuesta de huérfanos se diseñe de tal forma que incluya a los huérfanos que viven en cualquiera de los dos tipos de residencia. En primer lugar, instituciones como los orfanatos constituirían un marco. En segundo lugar habría que elaborar una muestra de hogares para abarcar a los huérfanos que viven con el padre superviviente, con parientes o no parientes. El diseño con doble marco consistiría, por tanto, en un marco de hogares y en un marco institucional, que obviamente no se superponen.

31. El objetivo de un diseño de este tipo es cubrir de forma adecuada la población objetivo (acercándose lo máximo al 100%). Cuando la cifra de la población que vive en alguno de los dos tipos

de residencia es significativa, el sesgo, si la muestra se limitara a uno solo de los dos marcos, sería importante. Una muestra de huérfanos, por ejemplo, basada únicamente en los que viven en hogares generaría no sólo una subestimación de la población de huérfanos, sino una estimación sesgada en cuanto a sus características. En el caso contrario de una encuesta basada exclusivamente en huérfanos que viven en instituciones, los sesgos serían similares.

32. La limitación mencionada anteriormente respecto a la duplicación no afecta a los diseños con dos marcos no superpuestos. Por esa razón su aplicación resulta considerablemente más fácil.

4.1.6. Marco(s) típico(s) de los diseños en dos etapas

33. En el capítulo 3 se ha hecho hincapié en el valor práctico de los diseños en dos etapas. En el presente apartado se tratará el marco comúnmente utilizado en dichos diseños.

34. Las unidades geográficas o conglomerados que se seleccionan en la primera etapa de selección se definen con frecuencia como aldeas (o partes de aldeas) o ZE en las zonas rurales, y como bloques en las zonas urbanas. El marco, por tanto, consiste en todas las unidades geográficas que forman el universo de estudio que se haya establecido (toda una nación, una provincia o conjunto de provincias, o la capital). El muestreo se lleva a cabo recopilando la lista de unidades, comprobando su exhaustividad, estratificándola adecuadamente (las más de las veces siguiendo un criterio geográfico) y luego seleccionando (por lo general con probabilidad proporcional al tamaño) una muestra sistemática de las unidades.

35. Si el archivo de los conglomerados del universo es demasiado grande, puede que sea preciso introducir etapas ficticias de selección, tal como se expuso en el capítulo anterior. En ese caso las unidades del marco se definen de forma diferente en cada una de las etapas ficticias. En el ejemplo anterior de Bangladesh definimos las unidades de marco en las dos etapas ficticias como thanas y uniones.

36. Las unidades de marco de segunda etapa en un diseño en dos etapas son simplemente los hogares de los conglomerados incluidos en la muestra de la primera etapa. Cuando se elabora la muestra a partir de una lista de hogares el marco es, por definición, un marco de lista. También puede elaborarse la muestra a partir de segmentos compactos creados mediante la subdivisión de los conglomerados en partes geográficas exhaustivas y mutuamente excluyentes. En ese caso el marco de la segunda etapa es un marco de área.

4.1.7. Marcos muestrales maestros

37. Aquí mencionaremos brevemente el concepto de marco muestral maestro, que se abordará con mayor detenimiento más adelante, en el apartado 4.2.

38. Un marco muestral maestro es el empleado para seleccionar muestras, tanto en encuestas con múltiples fines que abordan temas distintos como en diferentes rondas de una encuesta continuada o periódica. Al margen de la actualización periódica necesaria, el marco muestral no varía de unas encuestas o rondas a otras. En cambio —y ésta es la característica que lo distingue—, el marco muestral maestro se diseña y construye para que sirva de marco estable del que seleccionar las submuestras necesarias para encuestas concretas o rondas de la misma encuesta durante un extenso período de tiempo.

4.1.8. Problemas comunes de los marcos y soluciones propuestas

39. Los problemas que surgen en las encuestas de hogares a raíz de las deficiencias de los marcos comprenden tanto sesgos no muestrales como una varianza de muestreo. Como ya hemos apuntado, los problemas más comunes se dan cuando el marco es obsoleto, inexacto o incompleto. En la gran mayoría de las encuestas nacionales generales, el marco básico es el censo de población más reciente, que será el marco que trataremos en este apartado. Los problemas derivados de la antigüedad, la inexactitud y la falta de exhaustividad suelen converger en los marcos basados en censos, y aumentan en magnitud a medida que se amplía el intervalo temporal entre el censo y la encuesta.

40. Se ha mencionado que un marco debe estar actualizado si se quiere que refleje la población actual. En un marco basado en un censo realizado cinco años atrás no se consideran el crecimiento de población y la migración como correspondería. Incluso un marco basado en un censo actual puede ser incompleto y ocasionar problemas respecto a las encuestas de hogares si no cubre los barracones militares, los refugiados y los inmigrantes ilegales, los nómadas y otras subpoblaciones importantes que no viven en hogares tradicionales. Las imprecisiones en los marcos censales tanto actuales como antiguos entrañan problemas como la duplicación en las listas de hogares, la omisión de hogares o los hogares inscritos o codificados en la ZE equivocada.

41. Las estrategias apropiadas para abordar los problemas de los marcos censales obsoletos, inexactos o incompletos dependen en parte de los objetivos de la encuesta y de la antigüedad del marco. En cuanto a los objetivos de medición, si una encuesta se diseñara con el fin de cubrir únicamente, por ejemplo, los hogares fijos, entonces un marco censal que excluyera los hogares nómadas resultaría suficiente. Por el contrario, si en la encuesta se pretendiera incluir a estos últimos, tendría que desarrollarse un procedimiento para crear un marco de hogares nómadas (en los países donde existen). A ese respecto, que un marco censal sea completo o no depende de la definición de la población o subpoblación objetivo que quiere cubrirse en la encuesta.

42. Las soluciones en el caso de que el marco sea obsoleto o presente inexactitudes dependerán de los años que tenga el censo. Si bien no sería prudente estipular una regla, dado que la situación varía mucho de unos países a otros, a la hora de aplicar una estrategia adecuada para la modernización o actualización del marco convendría determinar, como norma general, si el censo tiene más de dos años. En cuanto a las inexactitudes mencionadas en el párrafo 40, podrían aplicarse las soluciones aportadas en los subapartados 4.1.2 y 4.1.8.

4.1.8.1. Marcos censales con más de dos años

43. La primera situación que se abordará será la de los países con censos antiguos; es decir, censos con dos años o más. Estos marcos antiguos son los que representan el mayor problema a la hora de diseñar la muestra de las encuestas de hogares, sobre todo en ciudades con un rápido crecimiento. La actualización completa del marco censal a escala de todo el país sería la solución ideal, dado que, de conseguirse, se aseguraría que los datos resultantes de la encuesta presentarían la mayor exactitud, en cuanto a cobertura y fiabilidad posibles. Lamentablemente, se trata también de la solución más costosa y lenta y resulta, por tanto, inviable. De todos modos, en países donde el censo sea muy obsoleto puede que no exista otra alternativa.

44. En lugar de llevar a cabo una actualización completa, una solución intermedia consistiría en actualizar el marco sólo en las zonas objetivo, una vez que éstas hayan sido identificadas por expertos del país familiarizados con los patrones de crecimiento y los movimientos demográficos. Actualizar

el marco censal es una cuestión bastante sencilla: sólo se necesita una medida del tamaño actual. A efectos de la actualización, la medida del tamaño se definirá como el número de unidades residenciales, en oposición al número de hogares o personas.

45. Es importante tener en cuenta que no es necesario que la medida del tamaño sea precisa para que la metodología de muestreo sea válida. Por ejemplo, si se cree que una zona de empadronamiento determinada tiene 122 hogares porque así figuraba en el último censo, no supondría ningún problema que actualmente tuviese 115 o 132. Por esta razón no resultaría útil intentar actualizar el marco en vecindarios antiguos y consolidados que han sufrido pocos cambios a lo largo de los últimos decenios, aunque haya habitantes concretos que vayan y vengan. En cambio, sí cabe considerarlo un problema cuando existe una diferencia radical entre la situación actual y la del último censo, es decir, si por ejemplo hay 250 hogares donde se esperaba encontrar 100. Estas situaciones suelen darse en vecindarios que registran un fuerte crecimiento o gran número de demoliciones, tales como las comunidades ocupantes de las zonas marginales urbanas, los lugares de gran desarrollo de construcción vertical y las zonas de demolición. Las zonas de este tipo constituyen las zonas objetivo del proceso de actualización. Se recurrirá a colaboradores y expertos del país para que ayuden a identificar las zonas objetivo, y, por supuesto, se incluirán sólo aquellas en las que los cambios se hayan producido después del censo.

46. La actualización implica, por lo general, varios pasos, que incluyen: *a*) la identificación de las zonas de empadronamiento que forman parte de las zonas objetivo, *b*) una investigación mediante conteo rápido de las zonas de empadronamiento afectadas, para obtener una medida del tamaño actual, y *c*) la revisión del archivo del censo, para actualizar la medida del tamaño. El hecho de que, como se ha mencionado, una medida del tamaño aproximada sea suficiente explica por qué debería efectuarse una operación de investigación mediante conteo rápido para identificar unidades residenciales y no hogares. En la investigación mediante conteo rápido no es necesario llamar puerta por puerta para contar las unidades residenciales, salvo en residencias con múltiples unidades donde el número de unidades no pueda determinarse sin entrar en el edificio.

47. La actualización de marcos censales que acabamos de describir resulta necesaria para estabilizar las probabilidades de selección de las unidades de la penúltima etapa y, por consiguiente, de la fiabilidad de las estimaciones de la encuesta. Desde el punto de vista práctico, actualizar el marco censal contribuye a controlar no sólo el tamaño general de la muestra sino también la carga de trabajo que suponen los listados y las entrevistas para el personal que trabaja sobre el terreno. Además, así se reducen las probabilidades de encontrarse con conglomerados de gran tamaño sobre el terreno que resulten más grandes de lo previsto y tener que submuestrearlos o emprender alguna otra acción. En relación con este último punto mencionaremos el hecho de que el submuestreo exige ajustes de ponderación, lo que complica el procesamiento de los datos. Dicha posibilidad disminuiría de tal forma que no se encontrarían conglomerados grandes después de seleccionar la muestra en la penúltima etapa.

48. Es probable que el diseño muestral estándar en una encuesta de hogares implique la elaboración de una lista actual de los hogares de los conglomerados incluidos en la muestra. En ese caso la actualización se llevaría también a cabo en la penúltima etapa de selección (véase la referencia al muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado del siguiente apartado, que también es aplicable aquí). Por tanto, el listado actual en los conglomerados de la muestra que no hayan sido actualizados guardará un gran parecido con las listas censales (aunque esto no siempre está garantizado). Sin embargo, se supone que los conglomerados de la muestra pertenecientes a la parte actualizada del marco censal

generarán listados significativamente diferentes a los del censo, tanto en el número total de hogares como en la identificación específica de los mismos.

49. Cabe destacar un último punto sobre la utilización de un censo antiguo referido a la validez de la muestra más que a la varianza de muestreo. Como ya indicamos anteriormente, los conglomerados suelen seleccionarse con probabilidad proporcional al tamaño. En caso de no actualizar la medida del tamaño en los conglomerados con un elevado crecimiento antes de seleccionar la muestra, se produciría una grave infrarrepresentación de las zonas que contaban con un pequeño número de hogares en el censo y que desde entonces han registrado un significativo crecimiento. Los resultados de la encuesta estarían sesgados y, por supuesto, serían engañosos, dado que es probable que las características de las personas que viven en zonas de gran crecimiento sean bastante diferentes a las de aquellas que residen en barrios más estables.

4.1.8.2. Marcos censales con dos años o menos

50. El presente apartado afecta a los países que por haber llevado a cabo censos menos de dos años atrás no necesitarían realizar una actualización general del marco. En esos casos los conglomerados se seleccionarían a partir de la *medida del tamaño* original del censo, dado que se supone que será bastante exacta. La actualización en sí sólo tendría lugar en la penúltima etapa de selección, cuando el personal sobre el terreno elaborara un listado actual de los hogares de los conglomerados incluidos en la muestra. Los hogares de la muestra se seleccionarían de los listados actuales y las ponderaciones de muestreo se ajustarían, según las necesidades, de acuerdo con los procedimientos expuestos en el apartado 3.7.2 relativos al muestreo con probabilidad proporcional al tamaño estimado.

51. Si bien unos cuantos conglomerados del universo del marco pueden haber crecido de forma sustancial desde el momento en que se elaboró el censo, no cabría suponer que el número de casos llegase a afectar de forma significativa ni a las actividades sobre el terreno ni a la precisión de la encuesta. En todo caso, si fuera necesario, cualquiera de esos conglomerados que por casualidad hubieran sido incluidos en la muestra podría subsegmentarse. La subsegmentación, o “constitución de bloques”, como suele denominarse, es un procedimiento sobre el terreno destinado a reducir la carga de trabajo derivada de la elaboración de las listas. El procedimiento consiste en: *a)* dividir el conglomerado original en secciones, por lo general cuadrantes; *b)* seleccionar uno de forma aleatoria para elaborar la lista, y *c)* seleccionar los hogares que se entrevistarán de dicho segmento. La subsegmentación no mejora la fiabilidad del muestreo porque cada bloque conlleva un factor extra de ponderación de la encuesta igual al número de bloques del conglomerado, es decir, un factor de cuatro si el conglomerado se divide en cuadrantes. Sin embargo, la subsegmentación ayuda a contener los costos sobre el terreno aunque el censo sea reciente. La necesidad de constituir bloques puede surgir de nuevo en las zonas de empadronamiento con un elevado crecimiento que hayan experimentado un cambio drástico desde que se elaboró el censo. Como es lógico, cuando el censo es muy reciente se supone que esas zonas serán muy pocas.

52. Habría que tener en cuenta que las inexactitudes mencionadas antes (hogares duplicados u omitidos, asignaciones a las zonas de empadronamiento erróneas) quedan parcialmente corregidas cuando se lleva a cabo una actualización que implica la elaboración de listas nuevas de hogares en la penúltima etapa. Ésta es otra de las razones primordiales para confeccionar listados actuales de hogares en las encuestas.

4.1.8.3. Cuando un marco se utiliza con otro fin

53. Los responsables de las encuestas se plantean en ocasiones la posibilidad de emplear para un tipo de encuesta un marco de hogares elaborado específicamente para otro. ¿Puede utilizarse un marco muestral destinado a una encuesta de población activa en un diseño muestral para medir las condiciones de salud, las discapacidades, la pobreza o las propiedades agrícolas? El problema no suele radicar en el marco mismo, sino en la forma en que se halla estratificado. En la mayoría de los casos los marcos pueden emplearse para diferentes encuestas, a menos que sean incompletos, inexactos o estén desfasados en relación con la encuesta para la que quiera usarse. Un marco que resulta inadecuado para utilizarlo en múltiples encuestas es, por ejemplo, el creado para una encuesta centrada en el costo de la vida que se base sólo en comunidades urbanas (como suele ocurrir en la práctica), en cuyo caso el marco muestral excluiría las zonas rurales. Obviamente, dicho marco no podría emplearse para estimar la pobreza en países donde ésta constituye fundamentalmente un fenómeno rural.

54. Sin embargo, la mayoría de las encuestas de hogares son de carácter general por lo que se refiere al contenido y al diseño muestral. Por ejemplo, una encuesta de población activa normalmente incluye información auxiliar sobre demografía, nivel educativo y otros temas. En tales casos un diseño muestral adecuado también sería de carácter general, lo que implicaría el uso de un marco muestral habitual como es aquel que cubre todos los hogares de la nación. El marco puede estratificarse en función de una variable específica de medición de la población activa. Por ejemplo, las zonas de empadronamiento podrían clasificarse según la variable “porcentaje de desempleados en el último censo”. Podrían crearse tres estratos de zonas de empadronamiento: desempleo bajo, medio y alto. Como se mencionó antes, ésta es una decisión de estratificación, pero el marco no se ve afectado. Así, la solución pasaría por “desestratificar” el marco si se quiere utilizarlo para otra encuesta.

55. Una labor crucial del estadístico de muestreo es evaluar el marco muestral en cuestión cuando vaya a utilizarse para otro tipo de encuesta. La evaluación consistirá en asegurarse de que el marco, tal como fue elaborado, puede cumplir los objetivos de medición de la encuesta bajo condiciones de exhaustividad, exactitud y actualidad.

4.2. Marcos muestrales maestros

56. Las muestras maestras pueden ser eficaces y efectivas en función de los costos cuando un país cuenta con un número suficiente de encuestas independientes o rondas periódicas de una misma encuesta para sostener su uso. Afirmar que los marcos deben diseñarse de forma adecuada tal vez sea una obviedad, pero no debe olvidarse que también hay que mantenerlos de forma adecuada a lo largo del tiempo. En Naciones Unidas (1986) se trata con exhaustividad los marcos muestrales y sus usos.

4.2.1. Definición y uso de una muestra maestra

57. El marco (o marcos) de muestreo para la primera etapa de selección de una encuesta de hogares debe abarcar a toda la población objetivo. Cuando ese marco se emplea para varias encuestas o varias rondas de una misma encuesta se denomina marco muestral maestro, o simplemente muestra maestra.

58. El uso de un marco muestral maestro es la estrategia preferida por cualquier país que tenga un programa continuado a gran escala de encuestas de hogares intercensales. Por el contrario, cuando no existe un programa de encuestas continuadas no se suelen recomendar las muestras maestras. Hay una economía de escala en el empleo de las mismas unidades de marco a lo largo del tiempo porque gran parte del costo del muestreo deriva de las actividades destinadas al desarrollo de la

muestra más que de realizar la encuesta sobre el terreno. Por otra parte, los países que sólo llevan a cabo una encuesta nacional de vez en cuando entre censos no obtendrían un beneficio apreciable de la utilización de un diseño muestral maestro.

59. Las características de una muestra maestra incluyen el número, el tamaño y el tipo de unidades de la primera etapa de selección. En general, una muestra maestra consiste en una selección inicial de unidades primarias de muestreo (UPM) que permanecen fijas en cada submuestra. Hay que tener en cuenta que las últimas etapas suelen ser variables. En la etapa final de selección, por ejemplo, los hogares concretos que se escogen para la entrevista suelen ser distintos en las diferentes encuestas independientes, mientras que pueden ser los mismos o sobreponerse parcialmente en las encuestas repetitivas.

4.2.2. Características ideales de las unidades primarias de muestreo de un marco muestral maestro

60. Los principios por los que se rige el establecimiento de un marco muestral maestro presentan pocas diferencias con los de los marcos de muestreo en general. El marco muestral debería ser tan completo, exacto y actual como sea posible. Un marco muestral maestro en las encuestas de hogares es igual que un marco muestral ordinario de los que suelen desarrollarse a partir del censo más reciente. No obstante, como el marco muestral puede utilizarse a lo largo de todo un período intercensal, requerirá una actualización periódica y regular; por ejemplo, cada dos o tres años. Esto contrasta con los marcos ordinarios, que es más probable que se actualicen puntualmente y al planificar una encuesta concreta.

61. Las características propicias para el desarrollo de un marco maestro son, como cabría esperar, similares a las de los marcos muestrales en general. La definición de las unidades que se utilizarán como unidades primarias de muestreo, por ejemplo, se halla limitada por el requisito de que sean unidades de área cartografiadas. No obstante, éste no es un límite significativo, dado que las unidades de marco se definirán siempre como unidades administrativas creadas previamente para el censo. Sin embargo, un requisito importante que posiblemente difiera de los de los marcos muestrales ordinarios es que el tamaño de las unidades primarias de muestreo debe ser suficientemente grande como para permitir múltiples encuestas sin que los mismos informantes tengan que ser entrevistados repetidamente; pero incluso esta característica puede ser flexible en ciertas aplicaciones.

Ejemplo

Una clase particular de marco muestral que se ha utilizado en algunas situaciones es el basado en el diseño en dos etapas. La primera etapa comprende una gran muestra de zonas de empadronamiento (o unidades pequeñas y cartografiadas similares). Después se selecciona una submuestra de la muestra maestra de zonas de empadronamiento para cada encuesta independiente donde vaya a utilizarse el marco. A continuación se confecciona una lista de hogares de la submuestra o, si no, se subsegmenta la submuestra para aplicarla a la encuesta mientras se planifica activamente la segunda etapa. Un ejemplo concreto: la muestra maestra puede estar formada por 10.000 zonas de empadronamiento (ZE), de las cuales se selecciona una submuestra de 1.000 ZE para una encuesta de empleo. Se lleva a cabo la elaboración de las listas en las 1.000 zonas de empadronamiento a partir de las cuales se seleccionará en la segunda etapa una muestra de 15 hogares de cada zona de empadronamiento para la encuesta. El año siguiente se selecciona otra submuestra de 800 zonas de empadronamiento de la mues-

tra maestra para usarlas en una encuesta de salud, y así sucesivamente. De esta forma ninguna zona de empadronamiento se usa más de una vez, de ahí que el tamaño de la unidad primaria de muestreo no tenga apenas importancia en este caso.

62. Sin embargo, el tamaño de la *unidad primaria de muestreo* es importante cuando todas las submuestras generadas por el marco maestro tienen que extraerse del mismo conjunto de unidades primarias de muestreo. En el ejemplo anterior las zonas de empadronamiento son las unidades primarias de muestreo, y en cada submuestra se emplea un conjunto diferente de zonas de empadronamiento. La selección de las unidades primarias de muestreo en una muestra maestra no representa un problema especial, porque el método sería el mismo en una muestra maestra o en cualquier otra. En general, el método sería el de la probabilidad proporcional al tamaño (PPT), salvo en los raros casos en los que las unidades primarias de muestreo tienen más o menos igual tamaño, en cuyo caso podría emplearse una muestra con igual probabilidad de unidades primarias de muestreo.

4.2.3. Uso de marcos maestros para apoyo de las encuestas

63. En el apartado 3.3.7 se expuso el hecho de que para las muestras maestras se necesita una muestra grande que proporcione hogares suficientes para abastecer múltiples encuestas a lo largo de varios años sin tener que entrevistar a los mismos informantes repetidamente. Los tamaños previstos de la muestra para todas las encuestas propuestas y posibles que pueden utilizar el marco maestro son los parámetros clave que hay que tener en cuenta en su diseño. Por ejemplo, si se prevé que se entrevistarán 50.000 hogares en las diversas encuestas a las que debe abastecer la muestra maestra, el equipo de muestreo contará con la información básica que necesita para decidir el número y el tamaño de las unidades primarias de muestreo. Además, puede desarrollarse un plan de ejecución de encuestas para el uso de la muestra maestra, como se expone en el siguiente ejemplo (véase también el ejemplo del apartado 3.3.7 y compárese).

Ejemplo

Como en el ejemplo del apartado 3.3.7, la muestra maestra del país A está formada por 50.000 hogares. En las tres encuestas planificadas los tamaños de la muestra y de los conglomerados serán los siguientes: 16.000 hogares y 6 hogares por conglomerado en la encuesta de ingresos y gastos; 12.000 hogares y 12 hogares por conglomerado en la encuesta de población activa; y 10.000 hogares y 20 hogares por conglomerado en la encuesta de salud. Los diferentes tamaños de los conglomerados se han elegido para hacer frente a los diferentes efectos (según el tipo de encuesta) del diseño (*deff*). Además, hay 12.000 hogares que quedarán en la reserva por si se necesitaran para otras encuestas. Las tres encuestas planificadas requieren un total de 4.167 unidades primarias de muestreo ($16.000/6 + 12.000/12 + 10.000/20$). Dado que se desconoce el contenido de las encuestas que podrían necesitar la submuestra de reserva, se decide planificar a partir de un tamaño de conglomerado de 12, lo que añade otras 1.000 unidades primarias de muestreo, lo que da 5.167. El equipo que diseña la muestra maestra decide, por tanto, elaborar una muestra maestra de 5.200 unidades primarias de muestreo. La definición de la unidad primaria de muestreo debe tener en cuenta el número de hogares que se entrevistará. En este ejemplo, cada unidad primaria de muestreo debe ser lo suficientemente grande como para que puedan entrevistarse 50 hogares. Con esta información el equipo de muestreo puede determinar qué unidad geográfica es la que mejor define las unidades primarias de muestreo. Si las zonas de empadronamiento del país A tienen un promedio de 100 hogares y el número

varía muy poco de unas a otras, lo lógico sería emplear las zonas de empadronamiento como unidades primarias de muestreo.

4.2.3.1. *Ventajas del uso múltiple de un marco muestral maestro*

64. Usar una muestra maestra tiene diversas ventajas. La primera y más importante es que el plan de la muestra maestra sirve como instrumento de coordinación para los ministerios del sector y los que desempeñan un papel en cualquiera de los programas nacionales de estadística. Esto afecta a varios aspectos de la realización de encuestas, más allá de las consideraciones relativas al muestreo en sí, sobre todo a la hora de controlar los costos y los procedimientos estandarizados de desarrollo relacionados con las definiciones estadísticas, la formulación de las preguntas de las encuestas y los procedimientos de codificación de datos en los diferentes sectores.

65. Una ventaja de tener un programa de muestras maestras es la utilización de las mismas unidades primarias de muestreo y que puede organizarse y mantenerse una plantilla de personal que trabaje sobre el terreno durante el ciclo de vida de la muestra maestra. Por ejemplo, se puede contratar y capacitar a entrevistadores al inicio del programa de la muestra maestra cuando se sabe dónde están localizadas las unidades primarias de muestreo de todas las encuestas que usarán el marco durante, digamos, 10 años. En la medida en que sea necesario se puede contratar a entrevistadores locales de los alrededores o de la propia zona donde se hallan las unidades primarias de muestreo de la muestra maestra. Los materiales de la encuesta, como los mapas de la unidad primaria de muestreo y las hojas de confección de las listas, pueden prepararse al comienzo del programa de la muestra maestra, ahorrando así tiempo y amortizando una parte notable de los costos de realización de las encuestas en todas las encuestas previstas. Además, el uso múltiple de la muestra brinda la oportunidad de ejercer mayor control sobre los errores no muestrales e incluso sobre la falta de respuesta. Esto se debe a que las visitas repetidas a los mismos informantes permiten registrar sus actitudes y advertir problemas en varios campos para corregirlos en las siguientes encuestas. No obstante, conviene repetir que estas ventajas sólo se obtendrán cuando la muestra maestra vaya a utilizarse de forma intensiva.

66. En general, otras ventajas de las muestras maestras, ya sea utilizando las mismas unidades primarias de muestreo en un diseño en tres etapas o diferentes unidades primarias de muestreo en un diseño en dos etapas, incluyen la posibilidad de integrar datos analíticamente a partir de dos o más aplicaciones de la muestra maestra utilizando diferente contenido, y responder con rapidez a las necesidades imprevistas de recopilación de datos.

4.2.3.2. *Limitaciones del uso múltiple de un marco muestral maestro*

67. En una muestra maestra siempre es posible que haya alguna limitación, como la de agotar las unidades primarias de muestreo; es decir, quedarse sin hogares si se hace un uso excesivo del marco muestral. No obstante, eso puede prevenirse mediante una planificación previa adecuada. A pesar de que no es posible prever todos los usos que pueden llegar a hacerse de una muestra maestra a lo largo de su ciclo de vida, cuando la muestra maestra sea lo suficientemente grande pueden dejarse submuestras de reserva para posibles usos futuros.

68. Otra limitación es el continuo aumento del sesgo que se produce cuando no se lleva a cabo una actualización adecuada a medida que envejece la muestra maestra. Por último, las muestras maestras no resultan apropiadas para proporcionar datos en encuestas con “requisitos especiales” como las que se realizan en provincias concretas o en subpoblaciones poco comunes que pueden resultar de interés.

4.2.4. Asignación por campos (regiones administrativas, etcétera)

69. Las oficinas nacionales de estadística han estado sometidas a una creciente presión para que tabularan y analizaran los datos de las encuestas de hogares para las zonas administrativas subnacionales importantes, como principales regiones, provincias y ciudades grandes. En algunos países, como Viet Nam, se les exige incluso que proporcionen sistemáticamente datos a escala de los distritos. Estas exigencias y expectativas vienen impulsadas por necesidades relativas a políticas legítimas, que generalmente se basan en el hecho de que los programas socioeconómicos se centran en las áreas locales y se desarrollan para ellas, y no para la nación en su conjunto.

70. En el lenguaje del muestreo estadístico, éstas se denominan estimaciones de campo, tal como se ha señalado ya antes. Dado que los tamaños de la muestra necesarios para obtener unos resultados fiables son enormes, suponen un costo muy elevado, que con frecuencia excede los presupuestos para encuestas que los gobiernos pueden reunir. La necesidad de datos de los campos afecta también al desarrollo del marco muestral maestro.

71. El número y tipo de campos que se establezcan ya se abordó en el apartado sobre tamaños de la muestra 3.3.4. Una vez que se hayan tomado ambas decisiones puede elaborarse el marco muestral maestro. Por ejemplo, un país puede decidir que las encuestas amparadas por el programa de muestras maestras sólo proporcionarán datos para dos dominios: el urbano y el rural. Otro país con 12 provincias que desee proporcionar estimaciones para todas ellas puede decidir que los recursos destinados a encuestas pueden sufragar los grandes tamaños de las muestras que se necesitan si las provincias se tratan como campos. Un tercer país con 50 provincias puede decidir que resulta demasiado costoso producir estimaciones para todas ellas y optar, en cambio, por definir como campos las ocho regiones geográficas en que están divididas las 50 provincias. Un cuarto país puede decidir no establecer campos, sino tabular la muestra nacional proporcionalmente asignada por región, provincia, zonas rurales y urbanas y por determinadas grandes ciudades, con la intención de publicar datos sobre esas subzonas para las que el tamaño de la muestra se considera lo bastante grande como para generar resultados de una fiabilidad razonable.

72. En los ejemplos anteriores la asignación por campos no es pertinente porque la muestra se halla proporcionalmente distribuida entre las áreas subnacionales de interés. En los tres primeros casos deben tomarse medidas especiales para asignar las unidades primarias de muestreo de la muestra maestra correctamente. Dado que la estimación del campo implica una fiabilidad igual en cada subgrupo de población o zonas definidas como campos, en cada campo debería seleccionarse el mismo número de unidades primarias de muestreo, un requisito que hay que cumplir independientemente de que el diseño muestral esté o no basado en una muestra maestra.

4.2.5. Mantenimiento y actualización de muestras maestras

73. Teniendo en cuenta el efecto que tiene sobre la cobertura de la población, el mantenimiento adecuado de un marco muestral maestro resulta clave para el desarrollo y la planificación de su uso. La muestra maestra de un país determinado suele emplearse durante los 10 años que transcurren entre censo y censo, durante los cuales es probable que se produzcan cambios trascendentes en los movimientos de la población. Por tanto, es necesario actualizar el marco de forma periódica para reflejar dichos cambios y que el marco continúe siendo “representativo”.

74. Existen dos tipos de actualización importantes. El primero, que es el más sencillo, consiste en la confección de listados nuevos de los hogares de los conglomerados incluidos en la muestra y

seleccionados en la penúltima etapa, un procedimiento que se recomienda en general a lo largo de este manual, ya sea en muestras maestras o en diseños de muestras que sólo van a usarse una vez. De esa manera los conglomerados quedan automáticamente actualizados y reflejan la migración, los nacimientos y las defunciones. Esta clase de actualización, que se limita a los conglomerados de la muestra, contribuye a minimizar el error (no muestral) de cobertura; pero la varianza de muestreo aumenta con el tiempo a menos que se actualice todo el marco.

75. Es necesario también actualizar con periodicidad todo el marco, para considerar adecuadamente el crecimiento poscensal de gran escala. Tal como se ha dicho, ese tipo de crecimiento se produce en las zonas de las ciudades donde está construyéndose vivienda vertical o hay una expansión de la ocupación de viviendas. Las zonas de empadronamiento donde se da un crecimiento tan elevado siempre son más pequeñas en el momento de elaboración del marco muestral maestro y, en consecuencia, las medidas de su tamaño van quedando gravemente subestimadas a medida que el crecimiento avanza. Así, sus probabilidades de selección en un diseño con probabilidad proporcional al tamaño se ven minimizadas. El efecto en la varianza de muestreo puede ser drástico cuando por casualidad se seleccionan zonas de empadronamiento de este tipo, dado que la medida del tamaño actual puede ser varios órdenes de magnitud mayor que la original.

76. Los problemas de las zonas con un elevado crecimiento y el efecto perjudicial que producen sobre las muestras maestras pueden reducirse de forma significativa revisando el marco regularmente cada dos o tres años.

4.2.6. Rotación de las unidades primarias de muestreo de las muestras maestras

77. Para una exposición detallada sobre la superposición de muestras en relación con las encuestas repetitivas o continuadas destinadas a medir el cambio o las tendencias véase el apartado 3.9.2 del capítulo 3 (“Muestreo para la estimación del cambio o tendencia”). Las muestras de superposición implican la existencia de un esquema donde se emplean hogares de sustitución cuando las encuestas se repiten. Es importante volver a hacer hincapié en que el uso de muestras superpuestas es la técnica que se prefiere para estimar el cambio entre un año y otro. Un método alternativo es la rotación muestral, que proporciona una superposición parcial entre una encuesta o ronda y la siguiente.

78. En el apartado anterior se ha señalado que tanto la fiabilidad de muestreo (deseable) como el error no muestral (no deseable) son máximos cuando se emplean los mismos hogares en todas las rondas de una encuesta. Como consecuencia se tiende a buscar un equilibrio aplicando una superposición parcial a la muestra entre una ronda y la siguiente, sobre todo cuando la encuesta se repite en tres ocasiones o más (véase la explicación sobre la superposición parcial en el apartado 3.9.2).

79. Un método empleado para aplicar la superposición parcial es reemplazar o rotar las unidades primarias de muestreo (en lugar de reemplazar los hogares de las unidades primarias de muestreo). Cuando una muestra maestra de unidades primarias de muestreo se usa para diferentes rondas de una misma encuesta y para diferentes encuestas es igualmente importante considerar con detenimiento la necesidad de rotarlas.

80. Para que un plan de rotación resulte viable y proporcione resultados positivos el grado de superposición entre los períodos debería ser el mismo y mantenerse constante a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si la superposición entre los años 1 y 2 es del K%, también debería ser del K% entre los años 2 y 3, los años 3 y 4, etcétera. Por consiguiente, cuando se rotan unidades primarias de muestreo enteras es necesario que esta característica esté integrada en el diseño de rotación.

4.2.6.1. Ejemplos de muestras maestras de cuatro países

81. En este apartado se ofrecen las descripciones de las muestras maestras de cuatro países en desarrollo: Camboya, Emiratos Árabes Unidos, Viet Nam y Mozambique. Cada caso ilustra algunas de las características y principios de las muestras maestras, como el muestreo en una o dos etapas de las unidades de la muestra maestra y la aplicación flexible a determinadas encuestas de las que se trata en este capítulo. Los casos ilustran asimismo otras características del diseño muestral a las que se hace referencia en el presente manual; entre ellas, la estratificación implícita, la elección óptima del tamaño del conglomerado para reducir los efectos del diseño (*deff*) y la asignación de la muestra por campos.

Camboya, 1998-1999

82. La muestra maestra de Camboya ilustra el uso de un diseño en dos etapas. Una gran muestra de unidades primarias de muestreo suministró una lista maestra de segmentos de área que fueron submuestreados para utilizarlos en encuestas independientes.

83. El Instituto Nacional de Estadística de Camboya desarrolló una muestra maestra en 1999 para utilizarla en el programa de encuestas de hogares intercensales del Gobierno, que es una encuesta socioeconómica, y posiblemente en encuestas de salud, población activa, ingresos y gastos, demográficas y especiales. El censo de población de 1997 sirvió como marco para el diseño de la muestra maestra, que se elaboró en dos fases. La primera consistió en una selección con probabilidad proporcional al tamaño de las unidades primarias de muestreo —las aldeas—, cuya medida del tamaño era el recuento censal de hogares. La selección de las unidades primarias de muestreo se realizó en forma de operación informática. La segunda fase consistió en la creación de segmentos de área dentro de las unidades primarias de muestreo seleccionadas, que fue una operación manual.

84. Se eligió emplear las aldeas como unidades primarias de muestreo porque eran lo bastante grandes de media (245 hogares en las zonas urbanas y 155 en las zonas rurales) como para proporcionar hogares suficientes para diferentes encuestas durante el período intercensal. De ese modo se evitaría la carga derivada de entrevistar repetidamente a los mismos informantes. La alternativa de emplear zonas de empadronamiento censal se tuvo en cuenta, pero fue descartada porque el promedio de su tamaño era la mitad que el de las aldeas. Las poblaciones especiales que son transitorias o residen en instituciones o en barracones militares no fueron incluidas en la muestra maestra.

85. Se seleccionaron 600 unidades primarias de muestreo de la muestra maestra porque se creyó que ese número daría una dispersión suficiente para representar de forma adecuada a todas las provincias del país. Se empleó la estratificación implícita en la selección de la muestra, clasificando el archivo de aldeas en orden geográfico: zonas urbanas y rurales por provincia, distrito y comuna. Así, la muestra maestra quedó automáticamente asignada de forma proporcional por zonas urbanas y rurales y por provincias.

86. Una característica interesante de la muestra maestra de Camboya fue la segunda fase de la operación de muestreo. Como se ha mencionado, esta fase consistió en crear segmentos de área dentro de las unidades primarias de muestreo seleccionadas. Hay que señalar que el concepto de la segunda fase de elaboración de una muestra maestra no debe confundirse con el de la segunda etapa de selección de la muestra, que se refiere a la selección de hogares para encuestas concretas. Dentro de cada unidad primaria de muestreo seleccionada de la muestra maestra se formaron segmentos con un tamaño de 10 hogares (de promedio) mediante una operación de oficina. En ese contexto el proceso no requirió

ninguna actividad sobre el terreno excepto en casos inusuales, dado que se usaron las listas de los registros del censo y los mapas esquemáticos existentes. El número de segmentos creados dentro de cada unidad primaria de muestreo de la muestra maestra se calculó dividiendo el número de hogares del censo entre 10 y redondeando el resultado al número entero más próximo. Por ejemplo, si en el censo de 1997 una aldea contenía 187 hogares, se dividió en 19 segmentos.

87. Los segmentos así creados constituían los elementos básicos que se querían muestrear o submuestrear en relación con la aplicación a encuestas concretas. La selección de uno o más segmentos, o de un subconjunto, de unidades primarias de muestreo se realiza en cada encuesta o ronda donde se utiliza la muestra maestra. Una ventaja importante es que la creación de la muestra maestra en la forma descrita brinda la oportunidad de que cada encuesta en la que se utiliza pueda ser autoponderada si los detalles de su diseño muestral lo permiten.

88. Una ventaja crucial del diseño de la muestra maestra es que permite una gran flexibilidad en la forma de submuestrearla al aplicarla a una encuesta concreta. La selección de los conglomerados (es decir, de los segmentos) en cada encuesta puede dar lugar, si se quiere, a un conjunto diferente. La unidad primaria de muestreo típica contiene entre 18 y 30 segmentos, proporcionando así en cada unidad primaria de muestreo segmentos suficientes para abastecer a todas las encuestas. Además, existe la posibilidad de repetir anualmente la encuesta socioeconómica con diferentes segmentos cada vez y de superponer la muestra conservando algunos de los segmentos (el 25%, por ejemplo) de un año a otro, con un patrón de rotación en el cual cada año se reemplaza el 75% de los segmentos.

89. Una limitación del diseño de la muestra maestra viene dada por el uso de conglomerados compactos (todos los hogares del segmento de la muestra son adyacentes). Eso aumenta en cierta medida el efecto del diseño sobre los segmentos no compactos; es decir, una muestra sistemática de hogares dentro de un conglomerado mayor. Dado que se pensaba que el efecto del diseño se reduciría en cierta medida limitando el tamaño del conglomerado, se crearon segmentos de sólo 10 hogares.

90. Se tenía previsto actualizar la muestra cada dos o tres años. A pesar de que se sabía que lo mejor era actualizar la muestra completa, se decidió actualizar sólo las unidades primarias de muestras para la encuesta concreta que se estaba planificando en ese momento. La actualización consistió en visitas sobre el terreno destinadas a confeccionar un nuevo listado de hogares en los segmentos afectados. La nueva lista comprendía el mismo territorio de los segmentos que contenían el conjunto original de hogares. Aquí puede verse una razón de por que las fronteras entre segmentos son tan importantes.

91. Lo destacable del diseño de la muestra maestra de Camboya es que se buscara la colaboración de los jefes de las aldeas para las operaciones de actualización, que llevan un cuidadoso registro de todos los hogares de sus aldeas y los mantienen actualizados. En la mayoría de los casos esos listados se consideran bastante exactos. La colaboración de los jefes de las aldeas constituyó también un valioso recurso para identificar y localizar el territorio que pertenecía a cada segmento.

Emiratos Árabes Unidos, 1999

92. La muestra de los Emiratos Árabes Unidos presenta dos características de diseño importantes. En primer lugar, en el diseño de la muestra maestra se ha aplicado una estratificación especial para incluir la diversidad de las dos poblaciones de los Emiratos Árabes Unidos: los ciudadanos y los residentes. En segundo lugar, el diseño ilustra cómo sacar partido al diseño de segmentos estándar (véase el apartado 3.8.2) ante problemas como la heterogeneidad de tamaño de las zonas de empadronamiento y la antigüedad de un censo.

93. El Ministerio de Planificación describe la muestra maestra de los Emiratos Árabes Unidos como una supermuestra de 500 unidades primarias de muestreo basada en el marco muestral del censo de población de 1995. El objetivo es emplear la muestra para encuestas de hogares concretas hasta que se elabore el siguiente censo. Las unidades primarias de muestreo se definen como zonas de empadronamiento, o partes de las mismas, de forma que cada unidad primaria de muestreo contenga un promedio de 60 hogares, tanto de ciudadanos como de residentes.

94. Antes de llevar a cabo la selección de unidades primarias de muestreo se realizaron dos estratos. El primero, en las zonas de empadronamiento en las que un tercio o más de los hogares eran hogares de ciudadanos. El segundo estrato estaba compuesto por todas las demás zonas de empadronamiento. Un total de 1.686 zonas de empadronamiento se clasificaron en el estrato I, y 2.986 en el estrato II. Aplicando una selección sistemática con probabilidad proporcional al tamaño se seleccionó una muestra de 250 unidades primarias de muestreo de cada estrato, es decir, un total de 500 unidades primarias de muestreo en todo el país. Se preveía que esta muestra maestra generase unos números aproximadamente iguales de hogares de ciudadanos y de residentes. Primero se segmentaron las unidades primarias de muestreo grandes (con 90 hogares o más) y posteriormente se eligió un segmento al azar de cada una de esas grandes unidades primarias de muestreo. Se confeccionó una nueva lista de hogares en las 500 unidades primarias de muestreo para actualizar el marco. La nueva lista dio como resultado un total de aproximadamente 30.000 hogares de las unidades primarias de muestreo incluidas en la muestra, que combinados podían emplearse en encuestas. Para dar mayor flexibilidad en la aplicación, los hogares de cada unidad primaria de muestreo incluida en la muestra se dividieron en 12 subconjuntos o paneles formados, supuestamente, por unos cinco hogares cada uno.

95. Una característica destacable de la muestra maestra es que no es autoponderada porque los dos estratos tienen tamaños desiguales. La primera encuesta en la que se recurrió a la muestra maestra fue la Encuesta Nacional sobre Diabetes de 1999, patrocinada por el Ministerio de Salud. Otras encuestas que se preveía llevar a cabo eran una encuesta de población activa y otra de ingresos y gastos (o encuesta de presupuesto familiar).

96. Más adelante se proporcionan algunos otros detalles sobre ciertas circunstancias especiales en los Emiratos Árabes Unidos que determinaron la forma de diseñar la muestra maestra. Dos de las consideraciones primordiales que se tuvieron en cuenta fueron las poblaciones objetivo y el marco muestral.

97. Como se ha señalado, en el país había dos poblaciones objetivo importantes: los ciudadanos y los residentes. Si bien los primeros eran el 43% de la población, según el censo de 1995, sólo constituían una cuarta parte de los hogares de la nación. Esto se debía a que los hogares de los residentes eran mucho más pequeños en número de personas. La implicación para el diseño muestral era que si se seleccionaba una muestra proporcional de todos los hogares de la nación, cada tres cuartas partes de los hogares informantes serían hogares de residentes. Otra de las consecuencias era que la fiabilidad de las estimaciones de la encuesta resultaría tres veces más alta para los hogares de los residentes que para los de los ciudadanos. Dado que los resultados querían emplearse para elaborar programas de planificación y políticas, tal disparidad en la fiabilidad de las estimaciones no se consideró deseable ni útil. En lo relativo al diseño muestral, la solución consistió en tratar las dos poblaciones objetivo, dispares y desiguales, como entidades separadas mediante la aplicación del método de estratificación adecuado descrito anteriormente.

98. Asimismo se empleó otro nivel de estratificación —la estratificación geográfica— para asegurar una distribución adecuada de la muestra por emiratos y por zonas urbanas y rurales. Antes de seleccionar la muestra el archivo de zonas de empadronamiento se clasificó conforme a las siguientes

categorías: en primer lugar, el estrato de ciudadanos por zonas urbanas; dentro de éstas, por emiratos, y dentro de éstos, por códigos de zona de empadronamiento en orden ascendente según el porcentaje de ciudadanos, el carácter rural, el emirato y el código de la zona de empadronamiento. Después se realizó la misma clasificación en el estrato de los residentes.

99. Anteriormente se dijo que una característica clave de un marco muestral maestro es contar con mapas donde aparezcan delineadas las unidades de área que van a designarse como áreas de la muestra, es decir, las unidades primarias de muestreo. Las unidades tenían que ser lo suficientemente pequeñas como para poder confeccionar las listas oportunas, y al mismo tiempo lo suficientemente grandes como para poderlas definir con claridad respecto a las fronteras naturales (para facilitar su localización). Se consideró que las zonas de empadronamiento del censo eran las únicas unidades de área viables que cumplían ambos requisitos. Lamentablemente, en la elaboración del censo no se habían utilizado mapas, por lo que las zonas de empadronamiento existentes no estaban claramente definidas en lo que se refiere a fronteras. Como consecuencia, fue necesario asegurarse de que se elaboraría información fiable sobre las fronteras para las unidades primarias de muestreo (zonas de empadronamiento) de la muestra maestra.

100. En el proceso de preparación de la muestra maestra de unidades primarias de muestreo se recurrió al “diseño de segmentos estándar” descrito en el capítulo 3. Se trata de una metodología que ha sido aplicada con éxito en muchos países a través del programa de encuestas demográficas y de salud y de la encuesta de salud materno-infantil del Proyecto Panárabe de Desarrollo del Niño (PAPCHILD).

101. Se decidió emplear el diseño de segmentos estándar porque en los Emiratos Árabes Unidos el tamaño de las zonas de empadronamiento del censo varía considerablemente. Se crearon segmentos estándar de aproximadamente 60 hogares cada uno. El número de segmentos estándar se obtuvo en cada unidad primaria de muestreo dividiendo entre 60 el número total de hogares (es decir, los de ciudadanos y residentes) y redondeando el resultado al número entero más próximo.

102. En los casos en los que el número de segmentos —es decir, la medida del tamaño— era de dos o más, la unidad primaria de muestreo se dividió en segmentos de área. Para ello fue necesario un procedimiento sobre el terreno que consistió en una visita a la zona de empadronamiento (unidad primaria de muestreo) y la elaboración de un mapa esquemático mediante conteo rápido y la localización de las viviendas (no los hogares) en el mapa. Tras la segmentación se eligió un segmento al azar de cada unidad primaria de muestreo. Después se realizó otra visita para confeccionar una lista actual de los hogares de cada segmento incluido en la muestra. En consecuencia, este último paso, necesario para poner al día el marco de la muestra maestra elaborado tres años antes, se consideró un procedimiento vital de la operación de muestreo.

103. La operación final de la muestra maestra consistió en subdividir los hogares de cada segmento que figuraban en la nueva lista en 12 subconjuntos o paneles sistemáticos. Uno o más de los paneles se emplearían para las encuestas. Dado que el tamaño promedio de cada segmento era de 60 hogares, cada panel contenía un promedio de cinco hogares.

104. La principal razón para dividir los hogares en 12 paneles fue la flexibilidad de ese número para realizar combinaciones y emplearlas en las encuestas. La elección real en una encuesta determinada depende de factores como los objetivos de la encuesta, el tamaño deseado del conglomerado y el tamaño total de la muestra requerido para la encuesta en cuestión. Por ejemplo, dos quintas partes de las unidades primarias de muestreo iban a emplearse para la Encuesta Nacional sobre Diabetes.

Por tanto, se incluyeron cuatro de los 12 paneles de hogares de las unidades primarias de muestreo. Esta combinación dio lugar a un plan muestral total de 200 unidades primarias de muestreo con conglomerados de 20 (es decir, 4 multiplicado por 5 hogares) y un tamaño total de la muestra de aproximadamente 4.000 hogares.

Viet Nam, 2001

105. La muestra maestra de Viet Nam tiene dos características distintivas. Por una parte ilustra el uso de las dos etapas en la selección de la muestra maestra y de una tercera etapa cuando se aplica a encuestas concretas. Por otra, demuestra cómo asignar una muestra maestra a campos geográficos.

106. La muestra maestra, que está basada en el marco muestral del censo de 1999, tiene un diseño que comprende dos etapas. Las unidades primarias de muestreo se definieron como comunas en las zonas rurales y como barrios en las urbanas. Se definieron así porque se decidió que cada unidad primaria de muestreo tendría que comprender un mínimo de 300 hogares si se quería utilizar como muestra maestra. La alternativa era considerar las zonas de empadronamiento como unidades primarias de muestreo, pero eran demasiado pequeñas y habrían tenido que combinarse con zonas de empadronamiento adyacentes para reunir los requisitos que debían cumplir las unidades primarias de muestreo; esta posibilidad se consideró, pues, demasiado tediosa y lenta. Además, de entre los más de 10.000 comunas/barrios, el número de los que había que combinar a causa de su reducido tamaño era de tan sólo 529.

107. Para la muestra maestra se seleccionaron 3.000 unidades primarias de muestreo con probabilidad proporcional al tamaño. Cada unidad primaria de muestreo contenía un promedio de 25 zonas de empadronamiento en las zonas urbanas y de 14 en las rurales. En la segunda etapa se seleccionaron tres zonas de empadronamiento de cada unidad primaria de muestreo de la muestra, también con probabilidad proporcional al tamaño. Las unidades de la segunda etapa —las zonas de empadronamiento— contenían en promediounos 100 hogares según el censo 1999: 105 en zonas urbanas y 99 en zonas rurales.

108. Un objetivo de la muestra maestra era poder proporcionar datos bastante fiables sobre cada una de las ocho regiones geográficas de Viet Nam. La selección de la muestra se llevó a cabo en cada provincia por separado, de tal modo que las provincias sirvieron como estratos en la muestra maestra. Como se deseaba sobreseleccionar la muestra en determinadas provincias pequeñas con poblaciones muy reducidas, la asignación de la muestra se realizó mediante el método de probabilidad proporcional a la raíz cuadrada del tamaño de la provincia. Para las zonas urbanas y rurales se empleó la asignación proporcional.

109. Además de la estratificación provincial, dentro de cada provincia se empleó la estratificación geográfica implícita. A la hora de aplicar la muestra maestra a encuestas específicas se emplearían subconjuntos de las zonas de empadronamiento. Así, por ejemplo, se emplearía un tercio de ellas para la encuesta de hogares sobre varios temas. Al aplicar la muestra a las encuestas se lleva a cabo una tercera etapa de selección en la que se selecciona un número fijo de hogares de cada zona de empadronamiento incluida en la muestra. Ese número puede variar en función de la encuesta y de que la zona sea rural o urbana. Por ejemplo, puede establecerse que el número de hogares por zona de empadronamiento sea de 20 en las zonas de empadronamiento rurales y de 10 en las zonas de empadronamiento urbanas.

Mozambique, 1998-1999

110. La muestra maestra de Mozambique ilustra un caso en el que se empleó la selección de unidades primarias de muestreo en una sola etapa para todas las encuestas nacionales del programa de encuestas de hogares intercensales patrocinadas por el Gobierno, y cómo puede adaptarse una muestra maestra flexible para alcanzar los objetivos de medición de una encuesta específica.

111. Las unidades primarias de muestreo de la muestra maestra de Mozambique se definieron y muestrearon de un modo sencillo que ha sido expuesto en varias partes de este manual. Las unidades primarias de muestreo se elaboraron usando como marco muestral el censo de población de 1997. Dichas unidades consistían en agrupaciones geográficas formadas por entre tres y siete zonas de empadronamiento censal que contenían un promedio de 100 hogares. Las unidades primarias de muestreo se seleccionaron con probabilidad proporcional al tamaño.

112. Se seleccionaron 1.511 unidades primarias de muestreo para proporcionar el marco de muestreo del sistema integrado de encuestas de hogares de Mozambique. Las unidades primarias de muestreo de la muestra maestra se dividieron en paneles; cada panel constituía un subconjunto sistemático y, por tanto, una muestra probabilística por sí mismo. Los paneles fueron 10, y cada uno contenía 151 unidades primarias de muestreo. En el plan quinquenal 2000-2004 el cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar del Banco Mundial fue la primera encuesta que recurrió a la muestra maestra.

113. El plan de muestreo del cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar se diseñó teniendo dos objetivos de medición en mente. El primero era obtener los indicadores pertinentes necesarios para realizar un perfil del bienestar de las personas y hogares de Mozambique. El segundo consistía en proporcionar estimaciones fiables de dichos indicadores a escala nacional de las zonas urbanas y rurales por separado, y de cada una de las 11 provincias del país. La metodología de muestreo del cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar empleó la muestra maestra de Mozambique para escoger unos 14.500 hogares en un diseño estratificado y conglomerado. De acuerdo con ello, la primera etapa de selección se realizó con las unidades primarias de muestreo de la muestra maestra.

114. La segunda etapa de selección del cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar fue una submuestra de las unidades primarias de muestreo incluidas en la muestra maestra. De las 1.511 incluidas en la muestra maestra, se seleccionó sistemáticamente y con igual probabilidad una submuestra de un total de 675 unidades primarias de muestreo que se distribuyeron de forma igualitaria entre las 11 provincias de Mozambique. En la tercera etapa se seleccionó una muestra de una zona de empadronamiento en cada una de las unidades primarias de muestreo del cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar. Así, en la muestra del cuestionario había 675 conglomerados: 475 rurales y 200 urbanos. Las zonas de empadronamiento se seleccionaron con igual probabilidad porque eran aproximadamente del mismo tamaño —un promedio de 100 hogares, como indicamos antes— aunque había variaciones. La última etapa de selección tuvo lugar tras una operación sobre el terreno en la que el Instituto Nacional de Estadística (INE) visitó los conglomerados para confeccionar una lista nueva de hogares con el fin de poner al día el marco muestral de 1997. A partir de las nuevas listas se seleccionó una muestra sistemática de 20 hogares en las zonas rurales y de 25 en las zonas urbanas, para llevar a cabo las entrevistas del cuestionario. La selección muestral en este caso constó, por tanto, de cuatro etapas, aunque la muestra maestra en la que se basó era de una sola etapa.

115. Hay dos características del diseño del cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar que ilustran con qué flexibilidad la muestra maestra puede adaptarse para satisfacer las necesidades específicas de una encuesta.

116. En primer lugar, al emplear la muestra maestra para el cuestionario sobre indicadores básicos de bienestar, el Instituto Nacional de Estadística expresó su interés en que se utilizaran los paneles que, como señalamos antes, ya estaban diseñados. Como se deseaban unas 600 unidades primarias de muestreo para el cuestionario, se pensó que podrían emplearse cuatro paneles. Sin embargo, la idea se descartó cuando se vio que se necesitaría un número de paneles diferente para cada provincia, dado que el objetivo de medición requería un tamaño de muestra más o menos igual por provincia. Al final, las 675 unidades primarias de muestreo necesarias para el cuestionario se seleccionaron sistemáticamente a partir del archivo completo de la muestra maestra dejando al margen los paneles. Ese distanciamiento de la intención original de la muestra maestra, que consistía en proporcionar una muestra proporcional por provincias, se debió a que en el cuestionario se deseaba una fiabilidad igual a nivel provincial, a diferencia de lo que ocurría en el diseño original de la muestra maestra. En el plan de la muestra maestra, tal como se concibió originalmente, se contaba con dar prioridad a las estimaciones de escala nacional.

117. Una segunda cuestión importante respecto al diseño muestral del cuestionario fue el tamaño de los conglomerados. Se acordó que habría de ser diferente en los hogares de las zonas urbanas que en las rurales, ya que el efecto del diseño muestral (*deff*) era más elevado en las zonas rurales, donde el medio de vida mayoritario era la agricultura de subsistencia. En otras palabras, los hogares de las zonas rurales tendían a presentar características muy similares. La muestra maestra brindó la posibilidad de seleccionar un número fijo distinto de hogares (25 y 20 en zonas urbanas y rurales, respectivamente) en la etapa final.

4.3. Resumen de directrices

118. A continuación se resumen las principales directrices que pueden extraerse del. Al igual que en el capítulo 3, se pretende que se consideren unas reglas generales de orientación más que recomendaciones fijas. Las directrices son:

- Usar marcos de muestreo lo más completos, exactos y actuales posible.
- Asegurar que el marco muestral cubre la población objetivo marcada.
- Siempre que sea posible, utilizar el censo más reciente como marco de las encuestas de hogares.
- Definir las unidades primarias de muestreo del marco en función de unidades de área tales como zonas de empadronamiento censal, con fronteras cartografiadas y bien delineadas, para las que haya disponibles cifras de población.
- Utilizar la lista de hogares del censo como marco de la última etapa sólo si es muy reciente (por lo general, un año o menos).
- Utilizar marcos dobles o múltiples con cautela y asegurándose de que se aplican los procedimientos necesarios para resolver las duplicaciones.
- Actualizar el marco del censo cuando tenga dos años o más —en todo el país o en zonas objetivo específicas donde exista constancia de un elevado crecimiento— como sigue:
 - Utilizando el conteo rápido para actualizar el marco antiguo.
 - En los conglomerados de la muestra, actualizar mediante la confección de una nueva lista de hogares.

- Si el marco no excede los dos años de antigüedad, actualizar sólo los conglomerados de la muestra como sigue:
 - Actualizarlo mediante la confección de una nueva lista de hogares.
 - Emplear la muestra maestra o el marco muestral maestro sólo cuando se haya planificado o puesto en marcha un programa de encuestas de gran escala y continuado.
 - Definir unidades primarias de muestreo de la muestra maestra suficientemente grandes o numerosas para sostener varias encuestas o rondas de una misma encuesta durante el período intercensal.
- Para actualizar los marcos de las muestras maestras, seguir las mismas directrices expuestas anteriormente para los marcos de una sola encuesta.
- Aplicar sistemas de rotación de la muestra —ya sea de hogares o de unidades primarias de muestreo— cuando se repitan encuestas que emplean muestras maestras.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Banco Mundial (1999). *Core Welfare Indicators Questionnaire (CWIQ) Handbook*, cap. 4. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*, 3a. ed. Nueva York: Wiley.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2000). *End-Decade Multiple Indicator Survey Manual*, cap. 4. Nueva York: UNICEF.
- Hansen, M. H., W. N. Hurwitz y W. G. Madow (1953). *Sample Survey Methods and Theory*. Nueva York: Wiley.
- Instituto Internacional de Estadística (1975). *Manual on Sample Design*. World Fertility Survey Basic Documentation. Voorburg, Países Bajos.
- Kalton, G. (1983). *Introduction to Survey Sampling*. Beverly Hills, California: Sage Publications.
- Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. Nueva York: Wiley.
- Liga de los Estados Árabes (1990). *Sampling Manual, Arab Maternal and Child Health Survey*. Basic Documentation No. 5. El Cairo: Proyecto Panárabe de Desarrollo del Niño (PAPCHILD).
- Macro International, Inc. (1996). *Sampling Manual*. DHS-III. Basic Documentation, No. 6. Calverton, Maryland.
- Naciones Unidas (1984). *Manual de encuestas sobre hogares* (Edición revisada). Estudios de métodos, No. 31. División de Estadística. No. de venta: S.83.XVII.13.
- _____ (1986). *Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares: "Sampling frames and sample designs for integrated household survey programmes"*. Versión preliminar (DP/UN/INT-84-014/5E). Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo y Oficina de Estadística. Nueva York: Naciones Unidas.
- Petterson, Hans (2001). "Mission report: recommendations regarding design of master sample for household surveys of Viet Nam". Inédito. General Statistical Office, Hanoi. 25 de noviembre.
- _____ (2005). "Diseño de marcos muestrales maestros y muestras maestras para las encuestas de hogares en países en desarrollo". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.

- Turner, A. (1998). "Mission report to the Kingdom of Cambodia". 11-24 de noviembre. Inédito. National Institute of Statistics, Phnom Penh.
- _____ (1999). "Mission report to the United Arab Emirates". Ministerio de Salud y Departamento Central de Estadística, 23 de enero-3 de febrero. Inédito. Central Department of Statistics, Abu Dhabi.
- _____ (2000). "Mission report to Mozambique". 13-26 de agosto. Inédito. Instituto Nacional de Estadística: Maputo.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (1978). *Current Population Survey Design and Methodology*. Technical Paper 40. Bureau of the Census: Washington, D.C.
- Verma, Vijay (1991). *Sampling Methods. Training Handbook*. Instituto de Estadística para Asia y el Pacífico: Tokio.

Capítulo 5

Documentación y evaluación de diseños muestrales

5.1. Introducción

1. El presente capítulo, a pesar de su relativa brevedad, desempeña un papel central en este manual. La documentación y evaluación de los diseños de la muestra en particular, y de la metodología de la encuesta en general, se descuidan con demasiada frecuencia como consecuencia de un afán apresurado por dar a conocer los resultados de la encuesta. Este fenómeno es especialmente habitual en países con escasa experiencia en la realización de encuestas de hogares, donde la documentación de los metadatos incluida en las hojas de cálculo y los informes de la encuesta suele presentar deficiencias. En algunos países se concede poco valor a la documentación de los procedimientos de la encuesta, incluida la realización de la muestra, por lo que no existe la costumbre de exigirla. Si bien los investigadores se encargan de analizar datos generados por las encuestas, también deberían interesarse por conocer las metodologías relacionadas con el diseño de la muestra. Convendría preparar, por consiguiente, una serie de documentos donde se detallaran los procedimientos aplicados en la encuesta.

2. Con frecuencia, después de finalizar una encuesta no se presta atención a un hecho que es de gran importancia: evaluar los resultados. En consecuencia, los errores se arrastran también a la fase de análisis de la encuesta. Esto suele deberse al hecho de que muchas veces las limitaciones presupuestarias impiden el desarrollo de estudios formales o métodos para evaluar los errores no muestrales que aparecen en las encuestas de hogares. No obstante, para medir la calidad de los datos hay otros métodos (como la tasa de falta de respuesta) que deberían ser fáciles de aplicar pero que, sin embargo, tampoco se mencionan en los informes.

3. En este capítulo se pone de manifiesto también la importancia de presentar información pertinente a los usuarios sobre las limitaciones que se conocen de los datos, aun cuando no se hayan llevado a cabo estudios formales de evaluación; a este respecto, cabe señalar que el análisis de las técnicas destinadas a la evaluación formal de las metodologías aplicadas a encuestas, que son numerosas, queda fuera del ámbito de este capítulo¹. Éste se centra más bien en determinar qué información debe ofrecerse a los usuarios para ayudarlos a evaluar la calidad de la encuesta concentrándose siempre en los aspectos relacionados con el muestreo.

¹ Entre los estudios especiales concebidos para evaluar tipos específicos de errores no muestrales en las encuestas figuran las encuestas con repetición de la entrevista (para evaluar la variabilidad de la respuesta), las encuestas posempadronamiento (para evaluar la cobertura y el contenido), las muestras interpenetrantes (para evaluar la variabilidad del entrevistador), las verificaciones inversas de los registros (para evaluar los errores de memoria del informante) y otros.

5.2. Necesidad y tipos de documentación y evaluación de la muestra

4. La documentación que se precisa en las encuestas de hogares puede ser de dos tipos. El primer tipo consiste en llevar un registro pormenorizado de los procedimientos de la encuesta y el muestreo a medida que se aplican durante el proceso. Sin esa documentación, los errores pueden arrastrarse después hasta la fase de análisis. Por ejemplo, si no se lleva un registro es posible que las probabilidades de selección no se conozcan del todo en el momento del análisis.

5. El técnico de muestreo debería, pues, dar los pasos necesarios para documentar con escurpulosidad el plan de muestreo de la encuesta en cuestión y su ejecución. Los diseños muestrales requieren con frecuencia adaptaciones en las diversas etapas del trabajo sobre el terreno debido a los imprevistos que se dan en el proceso de realización de la encuesta. Es importante llevar un registro —paso por paso— de todos los procedimientos aplicados al llevar a la práctica el plan de muestreo, con el fin de asegurar que la ejecución obedezca con fidelidad al diseño. En los casos en que no es así es más importante aún documentar todas las divergencias del diseño, por menores que éstas sean. Esa información se necesitará si más adelante, en la etapa de análisis, fuera preciso realizar algún ajuste. Además, la documentación de este tipo resulta indispensable para planificar otras encuestas en el futuro.

6. El segundo tipo de documentación incluye los informes. En cada encuesta de hogares convendría elaborar dos tipos de informes técnicos: una descripción breve y accesible, para el usuario de la metodología aplicada en la encuesta, que incluya el plan de muestreo y su realización; y una descripción más detallada de la metodología. El primer informe debería cubrir los apartados técnicos (o apéndices) de los diversos informes fundamentales publicados para estudiar e interpretar los resultados fundamentales de la encuesta², incluido un subapartado con información relativa a las limitaciones de los datos (véase a continuación).

7. El segundo tipo de informe técnico va más destinado a investigadores profesionales, sociólogos y estadísticos que a los encargados de formular políticas o al público general. Ambos informes deberían contener una descripción detallada de la metodología aplicada en la encuesta y deberían ser independientes, en lugar de formar parte de una serie de informes básicos. La Oficina del Censo de los Estados Unidos (1978) ha elaborado un magnífico modelo de este tipo de informes. Es preferible, por supuesto, que el informe técnico detallado y los informes ordinarios de la encuesta se elaboren al mismo tiempo, aunque el primero, cuando se realiza, suele confeccionarse más tarde. También es conveniente que el informe técnico o una versión abreviada del mismo salgan publicados en una revista de estadística, para asegurar su duración en el tiempo.

8. La importancia de ambos tipos de informes es tal que se recomienda que las oficinas nacionales de estadística destinen un departamento o trabajador especial a la elaboración sistemática de los mismos para las encuestas de hogares.

5.3. Etiquetas de las variables del diseño

9. Además de lo dicho en el apartado anterior, en éste y en los siguientes hasta el 5.7 se aborda la documentación del primer tipo: el registro de los procesos de la encuesta relativos al muestreo.

10. Las unidades de selección identificadas en cada etapa deben etiquetarse de forma clara y única. En un diseño en varias etapas esto implica el establecimiento de códigos para las unidades

² Las directrices sobre qué debería incluirse en el informe sobre las conclusiones de una encuesta se incluyen en un informe de la Subcomisión sobre Muestreo Estadístico de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 1964).

primarias, secundarias, terciarias y últimas (en función del número de etapas que contenga el diseño). Normalmente basta con un código de cuatro cifras para la primera etapa de selección y de tres para las restantes. Los campos geográficos también deben etiquetarse correctamente. Los códigos administrativos con que se identifica la estructura geográfico-administrativa de las áreas a las que pertenecen las unidades deberían también formar parte del proceso de etiquetado. Las unidades de análisis deberían identificarse de forma explícita.

Ejemplo

Supongamos que para un diseño en dos etapas se selecciona una muestra de 1.200 unidades primarias de muestreo definidas como zonas de empadronamiento del censo pertenecientes a dos campos, 600 al definido como urbano y 600 al rural. Una forma conveniente de codificar las unidades primarias de muestreo es de 0001 a 1.200. Además, resulta útil asignar esos códigos en el mismo orden que se ha empleado para seleccionar las unidades. Esta característica puede resultar necesaria para aplicarla al cálculo de las varianzas de muestreo. Así, si las unidades primarias de muestreo rurales se seleccionaron primero, se les asignarían los códigos del 0001 al 0600, mientras que a las urbanas les corresponderían del 0601 al 1.200. Ese método de codificación tiene dos ventajas: en primer lugar, cada unidad primaria de muestreo posee un número y una identificación únicos; y en segundo lugar, los analistas pueden saber con sólo mirar el código de identificación si una unidad primaria de muestreo es urbana o rural. En la segunda etapa de muestreo se confecciona una lista de todas las unidades primarias de muestreo y se seleccionan 20 para la entrevista. En esta etapa se asigna a todos los hogares un código de tres dígitos (o cuatro, si hubiera zonas de empadronamiento con más de 999 hogares), siguiendo de nuevo el orden en que aparecen en la lista. Todos los hogares incluidos en la muestra conservarán sus códigos asignados ya asignados, *incluso los 20 hogares seleccionados para la entrevista*. Por último, se asignan códigos administrativos en función de las necesidades. Así, un código de 09 003 008 0128 para el hogar 080 de la muestra se identificaría como el octogésimo hogar de la lista (y seleccionado para la entrevista) de la unidad primaria de muestreo 0128, que pertenece a la división civil 008 del distrito 003 de la provincia 09. Además, el número de la unidad primaria de muestreo identifica instantáneamente al hogar como perteneciente al campo rural. Si en la encuesta fuera a obtenerse información sobre los miembros de los hogares, cada uno de los miembros llevaría también un código único de dos dígitos, del 01 al 99.

11. El etiquetado apropiado es esencial para el control de la calidad: como el trabajo se encarga a los entrevistadores y los cuestionarios se devuelven desde el terreno, éstos pueden cotejarse con una lista maestra para asegurar que todos los hogares de la muestra se han contabilizado. Los sistemas de numeración única son particularmente valiosos para el personal encargado de procesar los datos porque le permiten tabular los datos por localización geográfica.
12. En los países con programas de encuestas múltiples resulta especialmente indicado etiquetar las variables del diseño de una forma coherente y estandarizada en todas las encuestas. Por esa razón, eliminar la confusión entre productores y usuarios de los datos tiene ventajas evidentes a la hora de procesar y presentar los resultados.
13. En cuanto al último punto señalado en el ejemplo, en un programa de encuestas múltiples resulta beneficioso asignar códigos de unidad primaria de muestreo a todo el universo de unidades en lugar de asignarlos sólo a las incluidas en la muestra. Esto se justifica porque con frecuencia se muestrean diferentes unidades primarias de muestreo en las diferentes encuestas, como suele ocurrir cuando se emplean muestras maestras.

14. En general, las muestras maestras necesitan más las etiquetas de diseño que las muestras de las encuestas que se realizan una sola vez. Uno de los principales usos de las muestras maestras, tal como se ha explicado anteriormente, es el que se hace en las distintas rondas de una misma encuesta. Un etiquetado correcto de las variables del diseño que identifican las etapas de selección resulta crucial para llevar la cuenta de los casos en que se da una superposición parcial de la muestra de una encuesta a otra. Con frecuencia, se fijan paneles de rotación (subconjuntos sistemáticos de la muestra total) con el fin de facilitar la identificación de las unidades (hogares, conglomerados o UPM), que se sustituirán en las posteriores rondas de la encuesta. Esas unidades, por supuesto, precisan su propio código de identificación de panel. Además, los hogares que se añaden a la muestra maestra durante las actualizaciones periódicas deben codificarse de forma adecuada. El plan de codificación debería estar diseñado para distinguir los hogares nuevos y los viejos.

5.4. Probabilidades de selección

15. Un bloque de información que a menudo se pasa por alto en la documentación de la muestra es el registro de las probabilidades de selección en las diversas etapas. Cuando esa información existe, suele limitarse a la ponderación total de la muestra (a partir de la cual puede calcularse fácilmente la probabilidad total) para cada caso de la muestra.

16. Un detalle de particular importancia para un proceso de documentación correcto es lo que ocurre cuando el submuestreo se lleva a cabo sobre el terreno durante la recopilación de datos, tal como sucede cuando un segmento/conglomerado de la muestra es demasiado grande. Puede darse el caso de que, como se expuso anteriormente, un conglomerado mayor de lo previsto tenga que segmentarse en cuatro partes de un tamaño aproximadamente igual. A continuación se seleccionará una sola de las partes para elaborar la lista y realizar las entrevistas. En ese caso la probabilidad total del segmento incluido en la muestra (y los hogares y personas seleccionados dentro de él) equivaldrá a un cuarto de la probabilidad del conglomerado original y su ponderación será, por tanto, el inverso de un cuarto, o cuatro. Ese factor de ponderación tiene que quedar reflejado en los cálculos cuando se analicen los datos.

17. El submuestreo también puede darse cuando hay más de un hogar en una misma unidad residencial (cuando ésta es la unidad de lista). Una opción en la que no se introduce ningún sesgo consiste en entrevistar a todos los hogares cuando sólo hay dos. Sin embargo, cuando hay bastantes más (pongamos cinco), y se esperaba que hubiera uno, las consideraciones relativas a los costos puede que determinen que sólo se entreviste a uno, elegido al azar. Llevar un registro minucioso de la tasa de submuestreo (1/5 en este ejemplo) resulta esencial para que el personal encargado del muestreo pueda calcular la probabilidad de selección del hogar en cuestión y ajustar correctamente la ponderación (por un factor de 5).

18. También resulta útil registrar las probabilidades de selección en cada etapa de selección tal como se señala en el primer párrafo del presente apartado. Por ejemplo, la probabilidad de selección de cada una de las unidades primarias de muestreo es diferente cuando se emplea el muestreo de probabilidad proporcional. Esto es así aun cuando el diseño de la muestra total es autoponderado. Si se ignoran las probabilidades de selección de las unidades primarias de muestreo o no se registran de modo correcto puede que resulte imposible determinar las ponderaciones de muestreo totales. Conviene saber cuáles son las probabilidades de selección originales, para determinar con exactitud los procedimientos de submuestreo.

5.5. Tasas de respuesta y tasas de cobertura en las diversas etapas de selección de la muestra

19. Como parte de la evaluación de la ejecución de la encuesta es esencial proporcionar información sobre las tasas de respuesta y de cobertura a los usuarios. Conviene poner a disposición de los usuarios los máximos detalles posibles. Así, es importante proporcionarles no sólo la tasa de respuesta (o su complemento, la tasa de falta de respuesta) sino también la tabulación de los motivos de la misma. Las categorías de falta de respuesta podrían ser las siguientes:

- No hay nadie en casa.
- Unidad residencial vacía.
- Unidad residencial en ruina o inhabitable.
- Rechazo.
- Ausencia temporal (por vacaciones, etcétera).

20. La definición de tasa de respuesta puede variar en función de las categorías incluidas y de unos países a otros. Por lo general, sin embargo, incluye la primera, la cuarta y la quinta de las categorías del párrafo anterior. Dichas categorías engloban los casos en que debería obtenerse una respuesta si fuera mínimamente posible. Las unidades vacías o en ruina suelen ignorarse a la hora de calcular la tasa de respuesta puesto que, por definición, no es posible obtener respuesta de tales unidades. Así, en un país, por ejemplo, pueden seleccionarse 5.000 hogares y obtenerse los siguientes resultados: 4.772 entrevistas completadas, 75 casos de “nadie en casa”, 31 unidades vacías, 17 en ruina, 12 rechazos y 93 casos de “ausencia temporal”. La tasa de respuesta para la que las unidades vacías y en ruina se dejarían fuera equivaldría a $4.772 / (5.000 - 31 - 17) = 96,4\%$.

21. Cuando las poblaciones objetivo de la encuesta incluyen los hogares —para variables tales como los ingresos del hogar o el acceso a servicios— y las personas (para, por ejemplo, el estado de salud de las mujeres adultas), lo habitual es calcular la tasa de respuesta de los hogares y de las personas porque puede darse el caso de que responda el 98% de los hogares pero que en los hogares que han respondido haya habido personas que no lo hayan hecho.

22. Muchas veces no se entrevista a los conglomerados enteros por problemas de seguridad a causa de disturbios civiles o desórdenes o por falta de accesibilidad debido a las condiciones climatológicas o del terreno. Cuando aparecen ese tipo de problemas se suelen seleccionar conglomerados de sustitución, un procedimiento considerablemente sesgado, porque lo más probable es que los habitantes de los conglomerados de sustitución difieran de forma significativa de los habitantes de los conglomerados sustituidos. No obstante, cuando se realiza ese tipo de sustituciones el equipo de la encuesta debe registrar el número y la ubicación de dichos conglomerados. Además, en esos casos también es importante proporcionar información sobre la cobertura insuficiente. Una forma de hacerlo sería estimar, dentro de lo posible, el número de personas de la(s) población(es) objetivo(s) que residen en las áreas por los conglomerados sustituidos representados.

23. Conviene observar que los problemas por falta de entrevista total en los conglomerados pueden reducirse en cierta medida identificando, previamente a la selección de la muestra, las áreas del país que han sido “excluidas” del proceso de entrevistas por motivos de seguridad o accesibilidad. La documentación sobre estas áreas excluidas y el porqué de ello debería incluirse en el informe junto a una declaración aclarando por qué los resultados de la encuesta no son aplicables al área excluida.

5.6. Ponderación: ponderaciones básicas, falta de respuesta y otros ajustes

24. El cálculo de ponderaciones de la encuesta es un tema que abordamos en el capítulo 6. En éste se hace hincapié en la importancia de documentar esos cálculos.

25. La ponderación en las encuestas de hogares consta, por lo general, de tres operaciones: el cálculo de las ponderaciones básicas o del diseño, los ajustes en función de la falta de respuesta y los ajustes de posestratificación. En muchos casos sólo se emplean las ponderaciones del diseño, mientras que en otros éstas se ajustan mediante un factor adicional para que reflejen la falta de respuesta. En algunos casos, aunque son los menos, puede que la ponderación refleje otro factor, ya sea con o sin ajustes, en función de la falta de respuesta, con el fin de ajustar la distribución de la población obtenida de la muestra para que coincida con la distribución de una fuente independiente de datos, como podría ser un censo reciente. Esto es lo que se conoce como ponderación posestratificada. Por otra parte, hay casos en los que no se realiza ninguna ponderación, cosa que sucede sólo cuando se dan dos condiciones: que la muestra sea completamente autoponderada y que los datos generados se limiten a distribuciones porcentuales, proporciones y coeficientes y que no contengan totales estimados ni absolutos.

26. Cuando se emplean ponderaciones es necesario registrar minuciosamente los cálculos. Tal como mencionamos anteriormente, deberían calcularse y registrarse las ponderaciones (o probabilidades) de cada etapa de selección. Asimismo, deberían registrarse por separado las ponderaciones de cada fase de ponderación de datos, es decir, *a*) ponderaciones del diseño, *b*) ponderaciones del diseño tras multiplicarlas por el/los factor(es) de ajuste en función de la falta de respuesta, y *c*) las ponderaciones del diseño descritas en *b*) después de aplicar los factores de ajuste de la posestratificación.

27. Conviene señalar que las ponderaciones del diseño serán diferentes para cada campo cuando el diseño muestral incluya estimación por campos. En otras palabras, aun cuando la muestra sea autoponderada dentro de los campos, cada campo tendrá una ponderación propia diferente. Además, cada campo tendrá un conjunto diferente de ponderaciones si el diseño no es autoponderado dentro de los campos. Por otra parte, hay que aclarar que los ajustes en función de la falta de respuesta se aplican a menudo por separado en subáreas geográficas importantes, como pueden ser las principales regiones, independientemente de que la estimación por campos esté o no presente en el diseño. Por último, la ponderación del diseño puede multiplicarse por un factor adicional en conglomerados u hogares concretos. Esto cabría aplicarlo en los casos en que se emplea el submuestreo (véase el apartado 5.3).

5.7. Información sobre los costos de realización del muestreo y la encuesta

28. Si bien las encuestas de hogares suelen presupuestarse de modo minucioso, es igualmente importante llevar un registro de los diversos gastos que acarrea cada operación. El registro de los costos de la encuesta resulta útil, por ejemplo, para la planificación de muestras maestras y el registro de las actividades para la planificación de futuras encuestas.

29. Cuando se emplean muestras maestras se produce un gran desembolso inicial destinado al desarrollo de las mismas. Ello incluye en general: *a*) la manipulación informática de los archivos del censo para establecer el marco de la muestra, *b*) las labores cartográficas necesarias para crear las unidades primarias de muestreo y *c*) la selección informática de las unidades primarias de muestreo. Tal como se mencionó en el capítulo anterior, el costo de las operaciones iniciales suele repartirse entre los

ministerios que harán uso de la muestra maestra. Esos costos deberían dividirse además entre todas las encuestas que vayan a realizarse con dicha muestra maestra, en la medida en que se conozcan con antelación. Por consiguiente, resulta esencial llevar un registro minucioso del desarrollo de la muestra maestra y de la planificación de los aspectos de muestreo de futuras encuestas.

30. Una vez creada la muestra maestra es necesario dejar constancia de los costos derivados de su mantenimiento. Como señalamos anteriormente, las muestras maestras se actualizan de forma periódica y es preciso ejercer un control exhaustivo de los costos de las actualizaciones.

31. Las operaciones de muestreo cuyos costos deberían registrarse se incluyen en la lista siguiente. Esos costos son aplicables a las muestras maestras y a las muestras de las encuestas que se realizan una sola vez:

- a) Salarios destinados al diseño de la muestra, incluidos los honorarios de posibles asesores externos;
- b) Costos sobre el terreno derivados de la actualización del marco muestral, incluidos el personal y la preparación de materiales auxiliares, tales como mapas;
- c) Costos informáticos derivados de la preparación del marco para la selección de unidades primarias de muestreo;
- d) Costos de personal para la selección de unidades primarias de muestreo (si no se lleva a cabo por ordenador);
- e) Costos sobre el terreno que acarrea la confección de las listas de unidades de muestreo de la penúltima etapa, incluidos el personal y la preparación de materiales tales como las carpetas de los conglomerados;
- f) Costos de personal para la recopilación de datos de la muestra de hogares pertenecientes a los conglomerados de la muestra.

32. Además de los costos de muestreo de la encuesta debe llevarse un registro de los costos derivados de la realización de la misma, que incluirán: sueldos de empadronadores y supervisores; dietas y gastos sobre el terreno de todo el personal de plantilla de la organización encargada de la encuesta; gastos de viaje; material de oficina; gastos de capacitación; gastos en gasolina; servicios de comunicación y procesamiento de datos.

5.8. Evaluación: limitaciones de los datos de la encuesta

33. Gran parte de la documentación sobre el mantenimiento apropiado de registros, de la que hemos tratado en los apartados precedentes, es importante para el procesamiento de los resultados de la encuesta y útil para evaluar aspectos del diseño de la muestra y la realización de la encuesta. La información relativa a las tasas de respuesta, por ejemplo, contribuye a determinar la importancia del sesgo provocado por la falta de respuesta. Por su parte, la información sobre los costos de muestreo puede usarse para evaluar la eficacia “económica” del diseño de la muestra y su utilidad en futuras encuestas.

34. Tal como hemos expuesto, la evaluación formal de las encuestas por muestreo cubre múltiples facetas del error no muestral que exceden el ámbito de este manual (véase Naciones Unidas, 1984, para un análisis exhaustivo de la cuestión). Cabe mencionar que la evaluación del error no muestral

debería incluir actividades en las áreas operacionales y de procesamiento. Por otra parte, el error de muestreo puede estimarse tal como se expone a continuación.

35. Pese a que no suelen llevarse a cabo estudios formales de evaluación en encuestas de hogares, resulta esencial que la documentación de la encuesta contenga información sobre las limitaciones de los datos. Los informes sustantivos sobre resultados deberían incluir una breve sección destinada a ello que podría titularse “Limitaciones de los datos de la encuesta”. En esa sección el lector quedaría informado de los aspectos relativos al error de muestreo y al error no muestral de la encuesta.

36. En una excelente publicación de la Oficina del Censo de los Estados Unidos (1974) se indica cómo presentar la información sobre los errores de la encuesta. Los siguientes párrafos, tomados de ella (apéndice I, pág. I-1), recogen la información que debería ofrecerse a los usuarios al publicar los resultados de la encuesta:

Las estadísticas que contiene el presente informe [de la Oficina del Censo de los Estados Unidos] son estimaciones extraídas de una encuesta por muestreo. En las estimaciones basadas en este clase de encuestas hay dos tipos de errores posibles: los errores de muestreo y los errores no muestrales. Los errores de muestreo se producen porque las observaciones se realizan únicamente en una muestra y no en toda la población. Los errores no muestrales [...] pueden deberse a diversas causas: dificultades a la hora de obtener información sobre todos los elementos de la muestra, dificultades relativas a las definiciones, diferencias en la interpretación de las preguntas, incapacidad o falta de predisposición por parte de los informantes para proporcionar los datos correctos, errores en el registro o la codificación de los datos y otros errores relacionados con la recopilación, la respuesta, el procesamiento, la cobertura y la estimación de datos omitidos. Los errores no muestrales aparecen también cuando los censos son incompletos. La exactitud del resultado de una encuesta viene determinada por el efecto conjunto de los errores muestrales y no muestrales.

La muestra concreta empleada en esta encuesta constituye una de las numerosas muestras posibles del mismo tamaño que podrían haberse seleccionado aplicando el mismo diseño. Las estimaciones extraídas de las diferentes muestras diferirán entre sí. La desviación de una estimación del promedio de todas las muestras posibles es lo que se denomina error de muestreo. El error estándar de una estimación es una medida de la variación existente entre las estimaciones de todas las muestras posibles y es, por tanto, una medida de la precisión con que una estimación de una muestra concreta se aproxima al promedio de los resultados de todas las muestras posibles. El error estándar relativo se define como el error estándar dividido entre el valor que estamos estimando.

Según los cálculos realizados para el presente informe [de la Oficina del Censo de los Estados Unidos], el error estándar mide también parcialmente el efecto de los errores no muestrales pero no mide ninguno de los sesgos sistemáticos que pueden darse en los datos. El sesgo es el promedio de la diferencia en todas las muestras posibles entre la estimación y el valor deseado. Evidentemente, la exactitud del resultado de una encuesta depende de los errores muestrales y de los no muestrales, reflejados en el error estándar, y del sesgo y otros tipos de errores no muestrales, no reflejados en el error estándar.

37. Tal como se ha indicado anteriormente, un importante componente de la evaluación de la muestra es la estimación de los errores de muestreo, que debería realizarse en las estimaciones clave de la encuesta. Como también se ha indicado en apartados anteriores, una de las características dis-

tintivas de las muestras probabilísticas es que la propia muestra puede emplearse para estimar errores estándar. Los métodos de estimación de varianzas y errores estándar se abordan con detenimiento en el próximo capítulo. Además, existen programas informáticos de gran eficacia y fiabilidad a los que debería recurrirse siempre que sea posible para estimar los errores estándar.

38. En general, las estimaciones de los errores estándar se elaboran sólo para las características de interés fundamental para la encuesta, pues no sería práctico ni necesario calcularlas en general. Los errores estándar, por supuesto, constituyen un instrumento para que los usuarios evalúen la fiabilidad de las estimaciones y construyan intervalos de confianza en torno a las estimaciones por puntos.

39. Los errores estándar pueden emplearse también para evaluar el diseño de la muestra. Una estadística que resulta particularmente útil para ello es el efecto del diseño (*deff*); o más concretamente, *deft*, la raíz cuadrada de *deff*. Resulta razonablemente sencillo calcular el *deft* de cada dato concreto del que se estime el error estándar. Para ello sólo hay que dividir el error estándar estimado de un dato determinado entre el error estándar de una muestra aleatoria simple del mismo tamaño, es decir, pq/n , donde p es la proporción estimada; q es $1-q$, y n es el tamaño de la muestra. El ejercicio sirve para confirmar o refutar los efectos del diseño que se supusieron al diseñar la muestra, dado que los *deff* o *deft* reales no pueden conocerse hasta que se haya realizado la encuesta, se hayan procesado los datos y se hayan estimado los errores estándar.

40. El estadístico de muestreo puede emplear los efectos del diseño calculados para determinar si el tamaño de los conglomerados es razonable para los datos clave y realizar rectificaciones si lo estimara necesario. Por ejemplo, si el *deft* es mucho mayor de lo previsto para determinados datos clave, en el diseño de futuras encuestas se emplearía una muestra con conglomerados de menor tamaño.

5.9. Resumen de directrices

41. A continuación figuran las principales directrices expuestas a lo largo del capítulo. Como en capítulos anteriores, debe entenderse que se trata de indicaciones generales más que de estrictas recomendaciones. Son las siguientes:

- Documentar el muestreo de dos maneras: llevando un registro adecuado y proporcionando información técnica a los usuarios.
- Llevar un registro minucioso de los procesos de muestreo, incluidos los costos.
- Crear códigos para las variables del diseño de la muestra: áreas administrativas, unidades primarias de muestreo, conglomerados, hogares, personas, etcétera.
- Procurar que la codificación de las variables del diseño sea coherente en todas las encuestas.
- Registrar todas las desviaciones o divergencias del plan de muestreo original que se producen en el proceso de realización de la encuesta.
- Calcular y registrar las probabilidades de selección en cada etapa de muestreo.
- Registrar, en especial, información sobre los procesos de submuestreo que se llevan a cabo sobre el terreno.
- Registrar información sobre el número y los tipos de falta de respuesta.
- Registrar las ponderaciones del diseño, los ajustes que se realizan en función de la falta de respuesta y los ajustes de posestratificación.

- Llevar un registro minucioso de los costos que supone cada una de las operaciones del diseño y la realización de la muestra.
- En las muestras maestras, llevar un registro de los costos que supone la creación (inicial) de la muestra y su mantenimiento.
- Elaborar informes técnicos sobre muestreo y metodología destinados a los usuarios.
- Elaborar un breve informe sobre las limitaciones de los datos para todas las publicaciones relacionadas con los resultados de la encuesta.
- Elaborar un informe técnico más detallado sobre todos los aspectos de la metodología de muestreo empleada.
- Calcular los errores de muestreo para las variables clave e incluir esos datos en los informes técnicos.
- Calcular los efectos del diseño (*deff* o *deft*) para las variables clave.
- Asignar a un oficial las tareas relativas a la documentación.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Banco Mundial (1999). *Core Welfare Indicators Questionnaire (CWIQ) Handbook*. Washington, D.C.
- Casley, D. J. y D. A. Lury (1981). *Data Collection in Developing Countries*. Oxford, Reino Unido: Clarendon Press.
- Instituto Internacional de Estadística (1975). *Manual on Sample Design. World Fertility Survey*. Basic Documentation. Voorburg, Países Bajos.
- Liga de los Estados Árabes (1990). *Sampling Manual. Arab Maternal and Child Health Survey*. Basic Documentation 5. El Cairo: Proyecto Panárabe de Desarrollo del Niño (PAPCHILD).
- Macro International, Inc. (1996), *Sampling Manual*. DHS-III. Basic Documentation No. 6. Calverton, Maryland.
- Naciones Unidas (1964). *Recommendations for the Preparation of Sample Survey Reports* (Número provisional). Statistical Papers, Series C, No. 1, Rev.2.
- _____ (1984). *Manual de encuestas sobre hogares* (Edición revisada). Estudios de métodos, No. 31. No. de venta: S.83.XVII.13.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (1974). *Standards for Discussion and Presentation of Errors in Data*. Technical Paper 32. Washington, D.C.
- _____ (1978). *Current Population Survey Design and Methodology*. Technical Paper 40. Washington, D.C.

Capítulo 6

Construcción y uso de ponderaciones de la muestra

6.1. Introducción

1. En el presente capítulo se tratan las diversas etapas del desarrollo de las ponderaciones de la muestra y su uso para calcular estimaciones de las características de interés a partir de los datos de la encuesta de hogares; en particular, se expondrá cómo ajustar las ponderaciones de la muestra para compensar las imperfecciones de la muestra seleccionada. La atención se limita a las estimaciones descriptivas que suelen producirse en la mayoría de los informes de las encuestas. Las ideas importantes se ilustran con ejemplos reales de encuestas actuales que se han llevado a cabo en países en desarrollo o con ejemplos que simulan situaciones reales.

6.2. La necesidad de las ponderaciones de la muestra

2. Las encuestas de hogares se basan en diseños muestrales complejos, principalmente para controlar los costos, por lo que es posible que las muestras resultantes tengan discrepancias entre la muestra y la población de referencia o imperfecciones que den lugar a sesgos. Tales imperfecciones pueden ser la selección de unidades con probabilidades desiguales, la falta de cobertura de la población y la falta de respuesta. Las ponderaciones de la muestra son necesarias precisamente para corregir esas imperfecciones y obtener estimaciones adecuadas de las características de interés. En síntesis, los objetivos de las ponderaciones son:

- a) Compensar las probabilidades desiguales de selección;
- b) Compensar la falta de respuesta (total);
- c) Ajustar la distribución de la muestra ponderada a las variables clave de interés (por ejemplo, edad, raza y sexo) para que responda a una distribución de la población conocida.

3. Los procedimientos empleados en cada caso se abordan en detalle en los apartados siguientes. Una vez que se han compensado las imperfecciones de la muestra, las ponderaciones pueden utilizarse en la estimación de las características de interés relativas a la población y en la estimación de los errores muestrales generados por las estimaciones de la encuesta.

4. Cuando no se emplean ponderaciones para compensar las diferentes tasas de selección dentro de los estratos (si la muestra se ha diseñado así) ni las imperfecciones de la muestra, posiblemente las estimaciones resultantes sobre los parámetros de la población estarán sesgadas. Véanse los apartados 6.3, 6.4 y 6.5 para ejemplos de procedimientos de ponderación empleados en cada escenario, que incluyen además una comparación de las estimaciones ponderadas y no ponderadas en cada caso.

6.2.1. Panorama general

5. En el apartado 6.3 se aborda el desarrollo de las ponderaciones de muestreo en el contexto de un diseño muestral en varias etapas que incluye el ajuste de las ponderaciones de la muestra para compensar las duplicaciones y las unidades que en el momento de la selección de la muestra no se sabe si reúnen los requisitos para incluirse en la encuesta. En el apartado 6.4 se explica la ponderación de probabilidades desiguales de selección; se proporcionan varios ejemplos numéricos, incluido el estudio de un caso de desarrollo de ponderaciones en una encuesta de hogares nacional; y se exponen las muestras autoponderadas. La falta de cobertura en las encuestas de hogares se aborda en los apartados 6.5 y 6.6 respectivamente y se exponen las causas y consecuencias de las mismas. También se exponen los métodos para compensar la falta de respuesta y de cobertura y se dan ejemplos numéricos que ilustran el ajuste de las ponderaciones de la muestra en esos casos. En el apartado 6.7 se aborda el problema de la inflación de la varianza de las estimaciones de la encuesta como resultado del uso de ponderaciones de la muestra en el análisis de los datos de encuestas de hogares. También se proporciona un ejemplo para ilustrar el cálculo del aumento de la varianza causado por la ponderación. La cuestión de las reducciones de la ponderación de las reducciones se trata en el apartado 6.8, junto con un ejemplo de un procedimiento de compensación mediante el cual las ponderaciones compensadas se reescalan para que encajen con la suma de las ponderaciones originales. El último apartado ofrece las conclusiones generales.

6.3. Desarrollo de las ponderaciones de la muestra

6. Una vez determinadas las probabilidades de selección de las unidades muestreadas puede procederse a elaborar las ponderaciones de la muestra. La probabilidad de selección de una unidad muestreada depende del diseño muestral empleado para seleccionar la unidad. En el capítulo 3 se proporcionaron descripciones detalladas de los diseños muestrales más usados y las probabilidades de selección correspondientes a dichos diseños. En todo momento se asume que se han determinado las probabilidades de selección.

7. El desarrollo de las ponderaciones de muestreo se considera el primer paso en el análisis de los datos de las encuestas. Normalmente comienza con la elaboración de la *ponderación básica* o *ponderación del diseño* en cada unidad de la muestra de forma que reflejen la divergencia entre sus probabilidades de selección. La ponderación básica de una unidad es el recíproco de su probabilidad de selección para incluirla en la muestra. En notación matemática, si una unidad se incluye en la muestra con una probabilidad p_i , su ponderación básica, designada como w_i , viene dada por

$$w_i = 1/p_i \quad (6.1)$$

8. Por ejemplo, una unidad de la muestra seleccionada con una probabilidad de 1/50 indica que la muestra fue extraída de entre 50 unidades de la población. Así, las ponderaciones de la muestra actúan como factores de inflación designados para representar el número de unidades en la población de la encuesta representadas por la unidad de la muestra a la que se asigna la ponderación. La suma de las ponderaciones de la muestra proporciona una estimación no sesgada del número total de unidades de la población objetivo.

9. En diseños en varias etapas las ponderaciones básicas deben reflejar las probabilidades de selección en cada etapa. Por ejemplo, en el caso de un diseño en dos etapas en el que la i^{a} UPM se

selecciona con una probabilidad p_i en la primera etapa y el j^o hogar se selecciona dentro de la UPM incluida en la muestra con una probabilidad $p_{j(i)}$ en la segunda etapa, la probabilidad de selección total (p_{ij}) de cada hogar incluido en la muestra viene dada por el producto de estas dos probabilidades o

$$p_{ij} = p_i \times p_{j(i)} \tag{6.2}$$

y la ponderación básica total del hogar se obtiene como antes: con el recíproco de su probabilidad total de selección. De modo correspondiente, si la ponderación básica del j^o hogar es $w_{ij,b}$, la ponderación atribuible a la compensación de la falta de respuesta es $w_{ij,nr}$ y la ponderación atribuible a la compensación de la falta de cobertura es $w_{ij,nc}$, entonces la ponderación total del hogar viene dada por

$$w_{ij} = w_{ij,b} \times w_{ij,nr} \times w_{ij,nc} \tag{6.3}$$

6.3.1. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en casos de admisibilidad desconocida

10. Durante la recopilación de datos en una encuesta de hogares se dan casos en que la admisibilidad de un hogar está en entredicho. Por ejemplo, puede suceder que el entrevistador no encuentre a nadie en la unidad residencial en el momento de recopilar los datos o tras varias visitas, en ese caso no se sabe si la unidad residencial está ocupada o no. Si lo estuviera, debería clasificarse como una unidad residencial que no responde (en la categoría de “ausente”). De lo contrario, quedaría excluida de la encuesta y por tanto no sería admisible como unidad de la muestra. Algunas veces, si los entrevistadores no encuentran a nadie en una unidad residencial en repetidas visitas dan por supuesto que se halla desocupada, y por ello no puede admitirse. Esa suele ser una suposición errónea que genera tasas de respuesta sobrevaloradas erróneamente.

11. Cuando se desconoce si algunas unidades residenciales de la muestra cumplen los requisitos para incluirse en la encuesta, sus ponderaciones deben ajustarse de tal forma que reflejen este hecho. La idea es realizar suposiciones que permitan estimar la proporción de unidades residenciales con admisibilidad desconocida que realmente reúnen los requisitos para ser incluidas en la encuesta. El método más sencillo consiste en tomar la proporción de unidades residenciales que se sabe si son admisibles o no y aplicarla a la de admisibilidad desconocida. Por ejemplo, supongamos que una muestra de 300 unidades residenciales tiene, en relación con la respuesta, los datos que figuran en el cuadro 6.1.

12. Obsérvese que la proporción de unidades residenciales que se sabe que cumplen los requisitos para incluirse en la encuesta es $(215+25)/(215+25+10) = 0,96$. Por lo tanto, podemos asumir que en las unidades residenciales de admisibilidad desconocida habrá la misma proporción (0,96) que cumple los requisitos. En otras palabras, el 96% de las 50 unidades residenciales de admisibilidad desconocida (48 unidades residenciales) cumplirán los requisitos. Luego ajustaremos las ponderaciones de

Cuadro 6.1
Categorías de respuesta en una encuesta

Categoría de respuesta	Número de unidades residenciales
Entrevistas completadas	215
Cumplen los requisitos y no responden	25
No cumplen los requisitos	10
No se sabe si cumplen los requisitos	50

las unidades residenciales que cumplen los requisitos (las de las entrevistas completadas y las que los cumplen pero no responden) aplicando un factor de ajuste definido de la siguiente manera:

$$F_{ue} = \frac{\sum_c w_{ij,b} + \sum_{nr} w_{ij,b} + \varepsilon \times \sum_{ue} w_{ij,b}}{\sum_c w_{ij,b} + \sum_{nr} w_{ij,b}} \quad (6.4)$$

donde ε denota la proporción de casos de admisibilidad desconocida que se estima que cumplen los requisitos ($\varepsilon = 0,96$ en este ejemplo). Las sumas sobre c , nr y ue en la fórmula anterior denotan, respectivamente, la suma de las ponderaciones básicas de las viviendas donde se completó la entrevista, las viviendas que reunían los requisitos y no respondieron y las viviendas de admisibilidad desconocida. Las ponderaciones básicas ajustadas de las viviendas donde se completó la entrevista y las viviendas que reunían los requisitos pero no respondieron se obtienen, por tanto, multiplicando sus ponderaciones básicas iniciales $w_{ij,b}$ por el factor F_{ue} .

6.3.2. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en caso de duplicación

13. Si se sabe de antemano que algunas unidades figuran en el marco por duplicado, el aumento de la probabilidad de selección de tales unidades puede compensarse asignándoles factores de ponderación que son los recíprocos del número de entradas duplicadas en el marco si dichas unidades acaban incluyéndose en la muestra. Sin embargo, con frecuencia los duplicados se descubren después de seleccionar la muestra, y es necesario ajustar las probabilidades de selección de las unidades incluidas en la muestra para compensar la duplicación. Este ajuste se realiza de la siguiente forma: supongamos que la unidad i^a incluida en la muestra tiene una probabilidad de selección p_{i1} y supongamos que hay $k-1$ registros adicionales en el marco muestral que esta unidad identifica como duplicados, cada uno con probabilidades de selección dadas por p_{i2}, \dots, p_{ik} . Entonces, la probabilidad de selección ajustada de la unidad muestreada en cuestión viene dada por

$$p_i = 1 - (1 - p_{i1})(1 - p_{i2}) \dots (1 - p_{ik}) \quad (6.5)$$

La unidad muestreada se pondera de acuerdo con ello, es decir: $1/p_i$.

14. Los procedimientos para realizar ponderaciones de la muestra en los escenarios expuestos anteriormente se ilustran a continuación con ejemplos específicos.

6.4. Ponderación para compensar la probabilidad desigual de selección

15. Para facilitar la exposición, consideremos un diseño en dos etapas donde las zonas de empadronamiento son las unidades primarias de muestreo (UPM), y los hogares, las unidades de la segunda etapa. Supongamos que se selecciona una muestra de n UPM con igual probabilidad de un total de N en la primera etapa, y que después se seleccionan m hogares de cada UPM incluida en la muestra. La probabilidad de selección de un hogar dependerá, obviamente, del número total de hogares de la UPM en que se encuentre. Digamos que M_i denota el número de hogares en la UPM $_i$. Entonces, la probabilidad de selección de una UPM es n/N y la probabilidad condicional de selección de un hogar en la i^a UPM incluida en la muestra es m/M_i . Por tanto, la probabilidad de selección total de un hogar viene dada por

$$p_{ij} = p_i \times p_{j(i)} = \frac{n}{N} \times \frac{m}{M_i} = \frac{nm}{N} \times \frac{1}{M_i}. \tag{6.6}$$

Asimismo, en este diseño la ponderación de un hogar de la muestra viene dada por

$$w_i = \frac{1}{p_{ij}} = \frac{N}{nm} \times M_i. \tag{6.7}$$

Ejemplo 1

Se selecciona con igual probabilidad una muestra de 5 hogares de entre 250. De cada hogar incluido en la muestra se selecciona un adulto al azar. Se registran los ingresos mensuales (y_{ij}) y el nivel de educación ($z_{ij} = 1$ si es nivel de secundaria o superior; 0, para el resto) del j° adulto incluido en la muestra del i° hogar. Se supone que M_i denota los adultos incluidos en el hogar i . Por tanto, la probabilidad total de selección de un adulto de la muestra viene dada por

$$p_{ij} = p_i \times p_{j(i)} = \frac{5}{250} \times \frac{1}{M_i} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{M_i}.$$

Por tanto, la ponderación de un adulto incluido en la muestra viene dada por

$$w_i = \frac{1}{p_{ij}} = 50 \times M_i.$$

16. Ahora ilustraremos el cálculo de estimaciones básicas con el diseño anterior. Supongamos que los datos obtenidos del único adulto seleccionado de cada hogar en la muestra de cinco hogares de la primera etapa son los que aparecen en el cuadro 6.2. Obsérvese que el número de adultos en cada hogar y la ponderación total correspondiente a cada adulto incluido en la muestra figuran en la segunda y en la tercera columna, respectivamente.

17. A partir del cuadro 6.2 pueden obtenerse estimaciones de varias características de la siguiente forma:

La estimación del promedio de ingresos mensuales es

$$\bar{y}_w = \frac{\sum w_i y_{ij}}{\sum w_i} = \frac{50.000}{800} = 62,5.$$

Cuadro 6.2
Ponderaciones según el método de desiguales probabilidades de selección

Hogar de la muestra	M_i	w_i	y_{ij}	z_{ij}	$w_i y_{ij}$	$w_i z_{ij}$	$w_i z_{ij} y_{ij}$
1	3	150	70	1	10 500	150	10 500
2	1	50	30	0	1 500	0	0
3	3	150	90	1	13 500	150	13 500
4	5	250	50	1	12 500	250	12 500
5	4	200	60	0	12 000	0	0
Total	16	800	300	3	50 000	550	36 500

Si no se aplicaran ponderaciones, esta estimación sería 60 (o 300/5).

La estimación de la proporción de personas con educación secundaria o superior es

$$\bar{y}_w = \frac{\sum w_i z_{ij}}{\sum w_i} = \frac{550}{800} = 0,6875 \text{ ó } 68,75\%.$$

Si no se aplicaran ponderaciones, esta estimación sería 3/5 ó 0,60%.

La estimación del número total de personas con educación secundaria o superior es

$$\hat{t} = \sum w_i z_{ij} = 550.$$

La estimación de la media mensual de los ingresos de adultos con educación secundaria o superior es

$$\bar{y}_w = \frac{\sum w_i z_{ij} y_{ij}}{\sum w_i z_{ij}} = \frac{36.500}{550} = 66,36.$$

18. En ocasiones las ponderaciones de muestreo se “normalizan”; es decir, las ponderaciones se multiplican por el coeficiente

$$\frac{\text{número de informantes}}{\text{suma de ponderaciones de todos los informantes}} \quad (6.8)$$

19. Así, la suma de las ponderaciones normalizadas es el tamaño de la muestra realizado para el análisis (número de informantes). Hay que señalar que las ponderaciones normalizadas no pueden usarse para estimar totales como el número total de adultos con educación secundaria o superior. En este caso las unidades incluidas en la muestra tienen que ponderarse con el recíproco de sus probabilidades de selección, es decir, deben aplicarse las ponderaciones de muestreo ordinarias. No obstante, para la estimación de medias y proporciones las ponderaciones sólo tienen que ser proporcionales a los recíprocos de las probabilidades de selección. En otras palabras, no importa que se empleen ponderaciones ordinarias o normalizadas (estas últimas son proporcionales a las primeras) para conseguir estimaciones de los promedios de parámetros de la población tales que la media o la proporción de mujeres en edad de procrear que cuentan con acceso a atención primaria de salud. Ambos tipos de ponderaciones generarán el mismo resultado.

20. Por ejemplo, en el caso anterior las ponderaciones w_i son proporcionales a M_i ($w_i = 50 \times M_i$). Si empleamos M_i como ponderaciones, entonces la estimación de la proporción de adultos con educación secundaria o superior es

$$\hat{p} = \frac{\sum M_i z_{ij}}{\sum M_i} = \frac{3 \times 1 + 1 \times 0 + 3 \times 1 + 5 \times 1 + 4 \times 0}{3 + 1 + 3 + 5 + 4} = \frac{11}{16} = 0,6875,$$

ó 68,75%, exactamente la misma que antes. Sin embargo, en el caso de la estimación del número total de adultos con educación secundaria o superior deben emplearse las ponderaciones de muestreo ordinarias ($w_i = 50 \times M_i$) para obtener el resultado correcto; es decir:

$$\hat{t}_s = \sum (50 \times M_i) z_{ij} = 50 \sum M_i z_{ij} = 50 \times 11 = 550.$$

Se ha seleccionado una muestra de hogares en dos etapas en las zonas rurales de un país. En la primera etapa se han seleccionado 50 aldeas con probabilidad proporcional al número de hogares que contenían en el momento en que se elaboró el último censo. El número total de hogares en las zonas rurales en el momento del último censo ascendía a 300.000. La primera etapa de selección de la muestra fue seguida de una operación diseñada para confeccionar listas de las unidades residenciales de cada una de las aldeas seleccionadas. Se descubrió que en ocasiones una sola unidad residencial estaba formada por más de un hogar.

21. Ahora examinaremos varias opciones de diseño de submuestreo (para la selección de hogares de las unidades residenciales seleccionadas) y especificaremos la ecuación de selección para calcular la probabilidad total de un hogar de ser incluido en la muestra. Digamos que D_i denota el número de unidades residenciales de la aldea i y que H_{ij} denota el número de hogares de la vivienda j de la aldea i . El número total de hogares de la aldea, representado por H_i , viene por tanto dado por

$$H_i = \sum_j H_{ij}. \text{ Observemos que } \sum_i H_i = \sum_i \sum_j H_{ij} = 300.000.$$

Las probabilidades de selección calculadas aquí están basadas en las fórmulas presentadas en el capítulo 3.

Opción de diseño 1

22. Se seleccionan 15 unidades residenciales por muestreo aleatorio simple sin sustitución (MASSS) de la lista de cada aldea seleccionada. Todos los hogares de las unidades residenciales seleccionadas se incluyen en la muestra, de modo que sólo hay dos etapas de selección: la etapa de selección de aldeas y la de unidades residenciales. Según este diseño, la ecuación de selección para calcular la probabilidad total de un hogar de ser incluido en la muestra viene dada por $P_{ij} = pr$ (se selecciona la aldea i) $\times pr$ (dado que se selecciona i se selecciona la vivienda j).

Portanto, $p_{ij} = 50 \times \frac{H_i}{\sum_i H_i} \times \frac{15}{D_i} = \frac{750}{\sum_i M_i} \times \frac{H_i}{D_i}$, y la ponderación básica viene dada por $w_{ij} = \frac{\sum_i M_i}{750} \times \frac{D_i}{H_i}$.

23. Hay que tener en cuenta que la probabilidad total de selección variará de unas aldeas a otras en función del coeficiente entre el número de hogares y el de unidades residenciales, H_i/D_i . Así, podemos concluir que este diseño no es autoponderado (para más detalles sobre diseños autoponderados, véase el apartado 6.4.2). El diseño sería autoponderado si todas las unidades residenciales contuvieran un solo hogar, es decir, si el coeficiente H_i/D_i fuera el mismo en todas las aldeas incluidas en la muestra.

Opción de diseño 2

24. Las viviendas se muestrean sistemáticamente dentro de las aldeas seleccionadas, siendo la tasa de muestreo en las aldeas inversamente proporcional al número de hogares que contenían en el último censo. Todos los hogares de las viviendas seleccionadas se incluyen en la muestra y sólo hay dos etapas de selección: la etapa de selección de las aldeas y la de las viviendas. La probabilidad condicional de seleccionar una vivienda de una aldea seleccionada i puede expresarse como k/H_i , donde k es la constante de proporcionalidad. Por tanto, en este diseño la ecuación de selección para calcular la probabilidad total de un hogar de ser incluido en la muestra viene dada por

$$p_{ij} = 50 \times \frac{H_i}{\sum_i H_i} \times \frac{k}{H_i} = \frac{50 \times k}{\sum_i M_i},$$

y la ponderación básica por:

$$w_{ij} = \frac{\sum_i M_i}{50 \times k},$$

que es una constante. Concluimos, por consiguiente, que la opción de diseño 2 es un diseño autoponderado.

Opción de diseño 3

25. Las viviendas se muestrean sistemáticamente en las aldeas seleccionadas con una tasa de muestreo inversamente proporcional al número de hogares que contenían cuando se realizó el último censo. En cada vivienda se selecciona un hogar al azar. En este caso hay tres etapas de selección: aldeas, viviendas y hogares. Por tanto, la ecuación de selección para calcular la probabilidad total de un hogar de ser incluido en la muestra con este diseño viene dada por $p_{ij} = 50 \times \frac{H_i}{\sum_i H_i} \times \frac{k}{H_i} \times \frac{1}{H_{ij}}$,

y la ponderación básica viene dada por: $w_{ij} = \frac{\sum_i M_i}{50} \times \frac{H_{ij}}{k}$,

que variará de unas viviendas a otras en función del número de hogares que haya en la vivienda. Concluimos, por tanto, que la opción de diseño 3 no es autoponderada.

6.4.1. Estudio de un caso sobre la construcción de ponderaciones: Encuesta Nacional de Salud de Viet Nam, 2001

26. La Encuesta Nacional de Salud, que se llevó a cabo en Viet Nam en 2001 sirve para mostrar la construcción de ponderaciones de la muestra para una encuesta real. La Encuesta estaba basada en un diseño estratificado en tres etapas. Había 122 estratos, definidos por zonas urbanas y rurales de cada una de las 61 provincias. La selección de la muestra se realizó de forma independiente en cada estrato. En la primera etapa las comunas o barrios se seleccionaron con probabilidad proporcional al tamaño (número de hogares cuando se elaboró el censo de población y vivienda de 1999). En la segunda etapa se seleccionaron dos zonas de empadronamiento (ZE) de cada comuna o barrio de la muestra mediante muestreo sistemático y con una tasa de muestreo inversamente proporcional al número de zonas de empadronamiento de la comuna o barrio. En la tercera y última etapa se seleccionaron 15 hogares de cada zona de empadronamiento incluida en la muestra, de nuevo medio muestreo sistemático.

27. Las ponderaciones básicas de la muestra de los hogares muestreados con el diseño de la Encuesta Nacional de Salud pueden desarrollarse de la siguiente manera. Digamos que H_i y E_i denotan, respectivamente, el número de hogares y el número de zonas de empadronamiento (en el momento en que se elaboró el censo de 1999) de la comuna i , y que H_{ij} denota el número de hogares de la zona de empadronamiento j de la comuna i . Por tanto, la probabilidad total de selección de un hogar k de la comuna j viene dada por

$$p_{ijk} = n_c \times \frac{H_i}{\sum_i H_i} \times \frac{2}{E_i} \times \frac{15}{H_{ij}} \quad \text{donde } n_c \text{ es el número de comunas seleccionadas en un estrato dado, y}$$

$\sum_i H_i$ es el número total de hogares del estrato.

La ponderación de muestreo del hogar (w_{ijk}) es el recíproco de la probabilidad de selección, es decir:

$$w_{ijk} = \frac{E_i \times H_{ij} \times \sum_i M_i}{30 \times n_c \times H_i} \quad (6.9)$$

6.4.2. Muestras autoponderadas

28. Cuando las ponderaciones de todas las unidades de la muestra son las mismas se dice que la muestra es *autoponderada*. A pesar de que las unidades de las primeras etapas suelen seleccionarse con diferentes probabilidades por razones de eficacia del muestreo, dichas diferencias pueden compensarse después con las probabilidades de selección de las posteriores etapas. La opción de diseño 2 del ejemplo 2 presentado anteriormente constituye un ejemplo de esta situación.

29. Sin embargo, por varias razones, en la práctica las muestras de hogares rara vez son autoponderadas a escala nacional. En primer lugar, las unidades de muestreo con frecuencia se seleccionan, por cuestiones de diseño, con probabilidades desiguales de selección. De hecho, aunque las UPM suelen seleccionarse con probabilidad proporcional al tamaño y los hogares se sacan de las UPM a una tasa adecuada para que el diseño resulte autoponderado, esto puede verse invalidado si de cada hogar incluido en la muestra se selecciona una persona para la entrevista. En segundo lugar, la muestra seleccionada presenta con frecuencia deficiencias como la falta de respuesta (apartado 6.5) y de cobertura (6.6). En tercer lugar, la necesidad de estimaciones precisas en campos o subpoblaciones especiales suele llevar acarreado un sobremuestreo de esos campos a fin de obtener muestras de un tamaño suficientemente grande como para cumplir los requisitos de precisión preestablecidos. En cuarto lugar, cuando el diseño de la muestra exige la confección de una lista actual de los hogares de los conglomerados seleccionados (unidades primarias de muestreo o unidades de muestreo de la segunda etapa) y debe seleccionarse un número fijo predeterminado de hogares de cada conglomerado, la probabilidad real de selección del hogar diverge de la probabilidad del diseño, que estaba basada en los conteos del marco y no en recuentos actuales de hogares; en consecuencia, las probabilidades desiguales de selección aparecen aun cuando en el diseño se marca como objetivo la autoponderación.

30. A pesar de los impedimentos, obtener muestras autoponderadas debería constituir la meta de cualquier ejercicio de diseño de una muestra, por las ventajas de estos diseños respecto a la aplicación del diseño y al análisis de los datos que genere. Con muestras autoponderadas pueden extraerse estimaciones de la encuesta de datos no ponderados, y si es necesario los resultados pueden inflarse mediante un factor constante para obtener estimaciones apropiadas de los parámetros de la población. Además, los análisis basados en muestras autoponderadas son más sencillos y los resultados más fáciles de entender y aceptar para las personas ajenas a la estadística y para el público general.

6.5. Ajustes de las ponderaciones de la muestra en función de la falta de respuesta

31. Rara vez se da el caso de que en una encuesta se obtenga toda la información deseada de todas las unidades de la muestra. Cabe la posibilidad, por ejemplo, de que algunos hogares no proporcionen ningún dato o sólo algunos datos sobre parte de las preguntas de la encuesta. El primer tipo de falta de respuesta es la *falta de respuesta total*; el segundo tipo recibe el nombre de *falta de respuesta sobre puntos concretos*. Si existe alguna diferencia sistemática entre los informantes que responden y los que no, entonces las estimaciones basadas ingenuamente en los que responden estarán sesgadas. Un punto

clave de la buena práctica en las encuestas en el que se hace hincapié a lo largo de todo este manual consiste en mantener la falta de respuesta lo más baja posible. Esto es necesario para reducir la posibilidad de que las estimaciones de la encuesta puedan verse sesgadas por no incluir a una parte de la población (o por incluir una desproporcionadamente pequeña). Por ejemplo, las personas que viven en zonas urbanas y tienen unos ingresos relativamente elevados pueden mostrarse menos predispuestas a participar en una encuesta sobre varios temas que incluya módulos relativos a los ingresos. Si no se lograra obtener respuestas de un gran segmento de esa parte de la población, las estimaciones nacionales del promedio de ingresos, nivel educativo, alfabetización, etcétera, podrían verse afectadas.

6.5.1. Reducción de la falta de respuesta en las encuestas de hogares

32. El tamaño del sesgo por falta de respuesta en la media de una muestra es, en principio, una función de dos factores:

- La proporción de la población que no responde, y
- El tamaño de la diferencia entre la media de la población de la característica de interés en los grupos que responden y los que no.

33. La reducción del sesgo causado por la falta de respuesta requiere, por tanto, que la tasa de falta de respuesta sea pequeña o que lo sean las diferencias entre los hogares y personas que responden y los que no. Si se lleva un registro adecuado de cada unidad muestreada que se ha seleccionado para la encuesta es posible estimar directamente a partir de los datos de la encuesta la tasa de falta de respuesta en la muestra completa y en los subcampos de interés. Además, pueden llevarse a cabo estudios cuidadosamente diseñados para evaluar las diferencias entre los hogares que responden y los que no (Groves y Couper, 1998).

34. En las encuestas por panel (en las que los datos se recopilan del mismo panel de unidades de la muestra de forma repetida) el diseñador de la encuesta tiene acceso a más datos para estudiar y ajustar los efectos de la posible falta de respuesta que en las encuestas que sólo se realizan una vez o en las encuestas transversales. Aquí, la falta de respuesta puede derivar de unidades que se han omitido en el transcurso de la encuesta o que se niegan a participar en posteriores rondas por fatiga o por otros factores. Los datos recopilados en anteriores rondas pueden emplearse para averiguar más cosas sobre las diferencias entre los informantes que responden y los que no, y pueden servir de base para el tipo de ajustes descritos más adelante. Para una exposición más detallada sobre las técnicas empleadas para compensar la falta de respuesta consúltense Brick y Kalton (1996), Lepkowski (2003) y las referencias bibliográficas citadas por ellos.

6.5.2. Compensación de la falta de respuesta

35. Para aumentar la tasa de respuesta y reducir así el sesgo derivado de la falta de ella, pueden emplearse diversas técnicas. Una de ellas consiste en visitar repetidamente los hogares que se niegan a colaborar, lo que significa que los entrevistadores no se limitan a intentar completar la entrevista en un hogar de la muestra una sola vez, sino varias. Las tasas de respuesta más elevadas pueden mejorarse también con una mejor capacitación de los entrevistadores. Sin embargo, por muchos esfuerzos que se realicen para aumentar la tasa de respuesta, la falta de respuesta será siempre un rasgo inevitable de las encuestas de hogares. En consecuencia, los diseñadores de encuestas suelen realizar ajustes para compensar la falta de respuesta. Los dos métodos básicos aplicados para compensar la falta de respuesta total son:

- a) Ajustar el tamaño de la muestra extrayendo una muestra inicial mayor de la que en principio se necesita teniendo en cuenta la falta de respuesta prevista, y
- b) Ajustar las ponderaciones de la muestra teniendo en cuenta la falta de respuesta.

36. Resulta aconsejable abordar siempre la falta de respuesta total en las encuestas de hogares ajustando las ponderaciones de la muestra de forma que tengan en cuenta los hogares que no han respondido. En el apartado 6.5.3 se proporciona un esquema de los pasos que deben seguirse para realizar los ajustes de las ponderaciones de la muestra por falta de respuesta; el esquema va acompañado de un ejemplo numérico.

37. Hay varios problemas asociados con la sustitución, que equivale a la imputación de todo el registro de la unidad que no responde (Kalton, 1983). En primer lugar, aumenta las probabilidades de selección de los posibles sustitutos porque los hogares no incluidos en la muestra cercanos a los hogares incluidos que no responden tienen una mayor probabilidad de selección que los más cercanos a los hogares que sí responden incluidos en la muestra. En segundo lugar, intentar sustituir los hogares que no responden requiere tiempo y se presta a errores y sesgos, además de ser un proceso difícil de supervisar o controlar. Por ejemplo, puede ocurrir que la sustitución se realice utilizando el hogar más accesible en lugar del hogar específicamente designado para sustituir al que no respondió, introduciéndose con ello otra fuente de sesgo. Debido a todos estos problemas no debería emplearse el método de la sustitución para compensar la falta de respuesta en las encuestas de hogares a menos que exista una buena justificación para una aplicación concreta.

38. Para la falta de respuesta parcial o sobre puntos concretos, el método estándar de compensación es la *imputación*, que no se aborda en este manual.

6.5.3. Ajustes de ponderaciones de la muestra en función de la falta de respuesta

39. El procedimiento de ajustar las ponderaciones de la muestra suele emplearse para compensar la falta de respuesta en las grandes encuestas de hogares. En esencia, el ajuste transfiere las ponderaciones básicas de todas las unidades de la muestra que no han respondido a las que sí lo han hecho, y se lleva a cabo como sigue:

- *Paso 1.* Aplicar las ponderaciones del diseño inicial (para probabilidades desiguales de selección y otros ajustes examinados en apartados anteriores, cuando sea aplicable).
- *Paso 2.* Dividir la muestra en subgrupos y calcular las tasas de respuesta ponderadas de cada subgrupo.
- *Paso 3.* Utilizar el recíproco de las tasas de respuesta de los subgrupos para los ajustes relativos a la falta de respuesta.
- *Paso 4.* Calcular la ponderación ajustada en función de la falta de respuesta en la i^a unidad de la muestra como sigue:

$$w_i = w_{1i} \times w_{2i} \quad (6.10)$$

donde w_{1i} es la ponderación inicial y w_{2i} es la ponderación ajustada en función de la falta de respuesta. Obsérvese que la tasa de falta de respuesta ponderada puede definirse como el coeficiente entre el número ponderado de entrevistas completadas en casos incluidos en la muestra y el número ponderado de casos incluidos en la muestra.

Ejemplo

De dos regiones de un país (norte y sur) se selecciona una muestra estratificada y en varias etapas de 1.000 hogares. Los hogares del norte se muestrean con una tasa de 1/100, y los del sur, con una de 1/200. Las tasas de repuesta en las zonas urbanas son más bajas que en las zonas rurales. Digamos que n_b denota el número de hogares muestreados en el estrato b ; que r_b denota el número de hogares que cumplían los requisitos para ser seleccionados y respondieron a la encuesta, y que t_b denota el número de hogares que respondieron y disponían de acceso a atención primaria de salud. Por tanto, la ponderación ajustada en función de la tasa de falta de respuesta en los hogares del estrato b viene dada por

$$w_b = w_{1b} \times w_{2b} \quad (6.11)$$

donde $w_{2b} = n_b/r_b$. Suponiendo que los datos a nivel del estrato son los del cuadro 6.3, abajo, la proporción estimada de hogares con acceso a atención primaria de salud sería:

$$\hat{p} = \frac{\sum w_b t_b}{\sum w_b r_b} = \frac{109.110}{160.040} = 0,682, \text{ ó } 68,2\%$$

y el número estimado de hogares con acceso a atención primaria de salud:

$$\hat{t} = \sum w_b t_b = 109.110 = 68,2\% \text{ de } 160.040.$$

Obsérvese que la proporción estimada no ponderada de hogares con acceso a atención primaria de salud, utilizando sólo los datos de los informantes, es:

$$\hat{p}_{uw} = \frac{\sum t_b}{\sum r_b} = \frac{500}{730} = 0,685, \text{ ó } 68,5\%,$$

y la proporción estimada utilizando las ponderaciones iniciales sin ajuste en función de la falta de respuesta es:

$$\hat{p}_1 = \frac{\sum w_{1b} t_b}{\sum w_{1b} r_b} = \frac{83.000}{126.000} = 0,659, \text{ ó } 65,9\%.$$

40. Este ejemplo se ha presentado también con el propósito de ilustrar cómo se ajustan las ponderaciones para compensar la falta de respuesta. Los resultados muestran una disparidad considerable entre la proporción estimada cuando sólo se utilizan las ponderaciones iniciales y cuando se utilizan las ponderaciones ajustadas en función de la falta de respuesta, pero la diferencia entre la proporción no ponderada y la proporción ajustada en función de la falta de respuesta es insignificante.

Cuadro 6.3

Ajuste de las ponderaciones en función de la falta de respuesta

Estrato	n_b	r_b	t_b	w_{1b}	w_{2b}	w_b	$w_b r_b$	$w_b t_b$
Urbano norte	100	80	70	100	1,25	125	10 000	8 750
Rural norte	300	120	100	100	2,50	250	30 000	25 000
Urbano sur	200	170	150	200	1,18	236	40 120	35 400
Rural Sur	400	360	180	200	1,11	222	79 920	39 960
Total	1 000	730	500				160 040	109 110

41. Tras los ajustes de las ponderaciones en función de la falta de respuesta pueden realizarse otros ajustes de las ponderaciones según convenga. En el siguiente apartado se aborda el ajuste de las ponderaciones en función de la falta de cobertura.

6.6. Ajuste de las ponderaciones de la muestra en función de la falta de cobertura

42. Por falta de cobertura se entiende la situación en que el marco muestral no abarca toda la población objetivo, como consecuencia de lo cual algunas unidades de la población no tienen ninguna probabilidad de ser incluidas en la muestra seleccionada para la encuesta de hogares. Ésta sólo constituye una de las diversas deficiencias de los marcos muestrales empleados para seleccionar muestras para las encuestas. Para una exposición más detallada sobre los marcos muestrales, véase el capítulo 4.

43. La falta de cobertura constituye un gran motivo de preocupación en las encuestas de hogares, sobre todo en las realizadas en los países en desarrollo. Los efectos de la falta de cobertura se manifiestan cuando las estimaciones muestrales de los recuentos de población basados en algunas encuestas de países en desarrollo arrojan estimaciones significativamente inferiores a las de otras fuentes. Por tanto, la metodología de la identificación, la evaluación y el control de la falta de cobertura en las encuestas de hogares deberían constituir en las oficinas nacionales de estadística un área clave de trabajo y de capacitación.

44. El apartado 6.6 en conjunto aborda algunas de las causas de la falta de cobertura en las encuestas de hogares y un procedimiento para compensarla, que consiste en el ajuste estadístico de las ponderaciones mediante la posestratificación.

6.6.1. Causas de la falta de cobertura en las encuestas de hogares

45. La mayoría de las encuestas de hogares en los países en desarrollo están basadas en diseños probabilísticos estratificados por zonas en varias etapas. Las unidades de la primera etapa o unidades primarias de muestreo suelen ser unidades de zonas geográficas. En la segunda etapa se crea una lista de hogares o unidades residenciales a partir de la cual se selecciona la muestra de hogares. En la última etapa se confecciona una lista de miembros o residentes, de la que se selecciona la muestra de personas. Por tanto, la falta de cobertura puede ocurrir en cualquiera de los tres niveles: la UPM, el hogar o la persona.

46. Dado que las UPM suelen basarse en zonas de empadronamiento identificadas y utilizadas en un censo de población y vivienda anterior, es previsible que cubran toda la extensión geográfica de la población objetivo. Por tanto, el nivel de la falta de cobertura en las UPM suele ser pequeño. En las encuestas de hogares de los países en desarrollo la falta de cobertura de las UPM no resulta tan grave como cuando se da en posteriores etapas del diseño. No obstante, la falta de cobertura de las UPM se produce en la mayoría de las encuestas. Es posible que a pesar de que una encuesta se haya diseñado para que proporcione estimaciones de toda la población de un país o una región del mismo, se haya excluido a propósito a algunas UPM en la etapa del diseño porque resulte imposible su acceso debido a disturbios o guerras civiles, desastres naturales u otros factores en la región en que se hallen enclavadas. Asimismo, en ocasiones las zonas remotas con pocos hogares o personas se excluyen de los marcos muestrales de encuestas de hogares porque resulta demasiado costoso cubrirlas; como representan una pequeña proporción de la población, su efecto sobre las cifras de población es muy pequeño (véase el capítulo 4 para un análisis más detallado, con numerosos ejemplos de

falta de cobertura de las UPM en las encuestas de hogares). En el informe de los resultados de dicha encuesta debe indicarse de forma explícita la exclusión de dichas zonas. No debe darse a entender que los resultados de la encuesta hacen referencia a todo el país o región cuando en realidad no se ha cubierto una parte de la población. Las propiedades relativas a la falta de cobertura de la encuesta deben hacerse constar en el informe de la misma.

47. La falta de cobertura pasa a ser un problema de mayor gravedad cuando se trata de los hogares. En la mayoría de las encuestas se consideran los hogares como un conjunto de personas entre las que existe una relación y que por lo general residen en una misma unidad residencial o vivienda. Existen problemas para resolver en relación a la definición de quién debe ser considerado residente habitual y qué constituye una unidad residencial. ¿Cómo deben gestionarse las estructuras formadas por varias unidades (como edificios de apartamentos) y las unidades residenciales con varios hogares? Identificar la unidad residencial en principio puede resultar fácil, pero las estructuras sociales complejas dificultan la identificación de los hogares dentro de la unidad residencial. Hay, pues, muchas posibilidades de que estos conceptos sean interpretados de forma errónea o incoherente por los entrevistadores o de que existan divergencias entre países o culturas. En todo caso, se necesitan instrucciones prácticas estrictas para indicar a los entrevistadores quién debe ser considerado miembro del hogar y qué debe entenderse por unidad residencial.

48. Entre otros factores que contribuyen a la falta de cobertura figura la omisión involuntaria de unidades residenciales de las listas confeccionadas durante las operaciones sobre el terreno, o de subpoblaciones de interés (por ejemplo, niños pequeños o ancianos), las omisiones debidas a errores de medición, la no inclusión de miembros del hogar ausentes y las omisiones producidas al no entender correctamente los conceptos de la encuesta. El problema tiene también una dimensión temporal; es decir, puede darse el caso de unidades residenciales que se encuentren desocupadas o en construcción en el momento de la confección de las listas pero que en el momento de recopilar los datos ya estén habitadas. En las encuestas de hogares de los países en desarrollo el problema de la falta de cobertura se ve agravado por el hecho de que la mayoría de los censos, que constituyen la única base para la construcción del marco muestral, no proporciona información detallada sobre el domicilio de las unidades de muestreo cuando éstas son hogares o personas. Con frecuencia se emplean listados administrativos desfasados o poco exactos y algunos individuos quedan omitidos, de forma deliberada o accidental, de los listados de residentes. Para un análisis más detallado sobre las causas de falta de cobertura, consúltese Lepkowski (2003) y la bibliografía citada en él.

6.6.2. Compensación de la falta de cobertura en las encuestas de hogares

49. Existen varios métodos para abordar el problema de la falta de cobertura en las encuestas de hogares (Lepkowski, 2003), entre los que figuran:

- a) Mejorar procedimientos sobre el terreno tales como el uso de marcos múltiples y procedimientos mejorados de confección de listas;
- b) Compensar la falta de cobertura mediante un ajuste estadístico de las ponderaciones.

50. En cuanto al segundo método, si se dispone de totales de control fiables de toda la población y subgrupos específicos de la población, puede intentarse ajustar las ponderaciones de las unidades de la muestra de tal manera que la suma de ponderaciones coincida con los totales de control dentro de los subgrupos específicos. Los subgrupos se denominan *posestratos* y el procedimiento de ajuste estadístico se conoce como *posestratificación*. Con este procedimiento se compensa la falta de cober-

tura mediante el ajuste de la distribución de muestreo ponderado de determinadas variables para que se corresponda con la distribución conocida de la población (véase Lehtonen y Pahkinen, 1995, para algunos ejemplos prácticos de cómo analizar datos de encuestas mediante posestratificación). A continuación presentamos un ejemplo sencillo.

Ejemplo

Supongamos que en el ejemplo anterior el número de hogares se extrajo de una fuente independiente, como un registro civil actualizado, y que asciende a 45.025 en el norte y a 115.800 en el sur. Supongamos además que los totales de la muestra ponderados son, respectivamente, 40.000 y 120.040. Sigamos los siguientes pasos:

- *Paso 1.* Calcular los factores de posestratificación.

En la región norte tenemos: $w_{3b} = \frac{45.025}{40.000} = 1,126;$

En la región sur tenemos: $w_{3b} = \frac{115.800}{120.040} = 0,965.$

- *Paso 2.* Calcular la ponderación ajustada final: $w_f = w_b \times w_{3b}.$

Los resultados numéricos se resumen en el cuadro 6.4.

Cuadro 6.4

Ponderación posestratificada para ajustes de cobertura

Estrato	r_h	t_h	w_h	w_{fh}	$w_{fh} r_h$	$w_{fh} t_h$
Urbano norte	80	70	125	140,75	11 260	9 852
Rural norte	120	100	250	281,40	33 768	28 140
Urbano sur	170	150	236	227,77	38 721	34 166
Rural sur	360	180	222	214,20	77 112	38 556
Total	730	500			160 861	110 714

La proporción estimada de hogares con acceso a atención primaria de salud es:

$$\hat{p}_f = \frac{\sum w_{fh} t_h}{\sum w_{fh} r_h} = \frac{110.714}{160.861} = 0,69, \text{ ó } 69\%.$$

51. Obsérvese que al ajustar las ponderaciones mediante posestratificación los recuentos de la muestra ponderados en las regiones norte y sur son, respectivamente, 45.024 (11.256 + 33.768) y 115.821 (38.709 + 77.112), cifras que prácticamente coinciden con los totales de control independientes indicados antes.

6.7. Aumento de la varianza de muestreo a causa de la ponderación

52. A pesar de que el empleo de ponderaciones en el análisis de los datos de las encuestas tiende a reducir el sesgo de las estimaciones, también podría inflar las varianzas de dichas estimaciones. Para simplificar la explicación, consideraremos un diseño estratificado de una sola etapa con muestras de igual probabilidad en cada estrato. Si las varianzas de los estratos (es decir, entre las unidades de cada estrato) no son las mismas en todos ellos, aplicando unas ponderaciones desiguales a los estratos (por ejemplo, ponderaciones inversamente proporcionales a las varianzas de cada estrato) se podría obtener

estimaciones más precisas. Sin embargo, si las varianzas son iguales en todos los estratos, unas ponderaciones desiguales producirían mayores varianzas en las estimaciones que si las ponderaciones fueran iguales.

53. El efecto de emplear ponderaciones consiste en aumentar la varianza de una media estimada de la población mediante el factor

$$L = n \times \frac{\sum_b n_b w_b^2}{\left(\sum_b n_b w_b\right)^2} \quad (6.12)$$

donde $n = \sum_b n_b$ es el tamaño total de la muestra realizada; w_b es la ponderación final, y n_b es el tamaño de la muestra realizada del estrato b . La fórmula que acabamos de presentar también puede escribirse en función del coeficiente de variación de las ponderaciones como sigue:

$$L = n \times \frac{\sum_j w_j^2}{\left(\sum_j w_j\right)^2} = 1 + CV^2(w_j) \quad (6.13)$$

donde $CV^2(w_j) = \frac{n}{\left(\sum_j w_j\right)^2} \left\{ \sum_j w_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_j w_j\right)^2 \right\} = \frac{\text{Varianza de ponderaciones}}{\left(\text{Media de ponderaciones}\right)^2}$.

Ejemplo

Ahora calcularemos el factor de inflación de la varianza usando los datos del ejemplo del apartado 6.6.2, con las ponderaciones finales w_{fb} y los tamaños de la muestra realizada del estrato r_b (véase el cuadro 6.5).

Cuadro 6.5

Parámetros por estratos para la varianza

Estrato	r_b	w_{fb}	$w_{fb} r_b$	$w_{fb}^2 r_b$
Urbano norte	80	140,75	11 260	1 584 845
Rural norte	120	281,40	33 768	9 502 315
Urbano sur	170	227,77	38 721	8 819 459
Rural sur	360	214,20	77 112	16 517 390
Total	730		160 861	36 424 009

$$\text{Por tanto, } L = 730 \times \frac{36.424.009}{(160.861)^2} = 1,03.$$

En otras palabras, la varianza en las estimaciones de la encuesta aumenta en torno al 3% debido al uso de ponderaciones.

6.8. Reducción de las ponderaciones

54. Una vez que se han calculado y ajustado las ponderaciones para compensar las imperfecciones mencionadas anteriormente, resulta aconsejable examinar la distribución de las ponderaciones ajustadas.

tadas. Las ponderaciones extremadamente grandes, aun cuando sólo afectan a una pequeña parte de los casos de la muestra, pueden provocar un aumento sustancial de la varianza de las estimaciones de la encuesta. Por eso, una práctica común es reducir las ponderaciones extremas hasta un valor máximo a fin de limitar la variación asociada de las ponderaciones (reduciendo así la varianza de las estimaciones de la encuesta) y al mismo tiempo evitar que un pequeño número de unidades de la muestra domine la estimación total. La reducción de las ponderaciones suele realizarse después de hacer los ajustes relativos a la falta de respuesta.

55. Si bien la compensación de las ponderaciones tiende a reducir la varianza de las estimaciones, también introduce un sesgo en los estimadores. En algunos casos la reducción de la varianza que se produce al compensar las ponderaciones extremadamente grandes hace algo más que compensar el aumento del sesgo, reduciendo con ello el error cuadrático medio de los estimadores de la encuesta. En la práctica, la compensación de las ponderaciones debería aplicarse sólo cuando esté justificado hacerlo; es decir, cuando se haya comprobado que el sesgo introducido al usar ponderaciones reducidas (en lugar de las originales) tiene un impacto menor sobre el error cuadrático medio total que la correspondiente reducción de la varianza lograda al compensar las ponderaciones.

56. En cualquier diseño estratificado el proceso de compensación de las ponderaciones debería llevarse a cabo estrato por estrato, siempre que sea posible. En primer lugar hay que fijar un límite máximo para las ponderaciones originales, y posteriormente ajustar todo el conjunto de ponderaciones de manera que la suma de las ponderaciones reducidas sea igual a la de las ponderaciones originales. Si w_{hi} denota la ponderación final de la i^{a} unidad del estrato h y w_{hB} denota el límite máximo para las ponderaciones específicas del estrato h , entonces la ponderación reducida de la i^{a} unidad de la muestra del estrato h puede definirse como sigue:

$$w_{hi(T)} = \begin{cases} w_{hi} & \text{si } w_{hi} < w_{hB} \\ w_{hB} & \text{si } w_{hi} \geq w_{hB} \end{cases} \quad (6.14)$$

57. Ahora las ponderaciones reducidas para toda la muestra pueden ajustarse más aún hasta que su suma sea exactamente igual a la suma de las ponderaciones originales. Para simplificar la exposición, supongamos que las ponderaciones son constantes en los estratos y suprimamos el subíndice i en el resto de la explicación. Supongamos que F_T denota el coeficiente entre la suma de las ponderaciones originales y la suma de las ponderaciones reducidas, es decir:

$$F_T = \frac{\sum_b n_b w_b}{\sum_b n_b w_{b(T)}} \quad (6.15)$$

donde las sumas del coeficiente se extraen de todos de los estratos, y por tanto de todas las unidades de la muestra. Si definimos la ponderación reducida ajustada para el h^{o} estrato como

$$w_{b(T)}^* = F_T w_{b(T)}, \quad (6.16)$$

entonces claramente $\sum_b n_b w_{b(T)}^* = \sum_b n_b w_b$, tal como queríamos.

El ejemplo presentado a continuación ha sido concebido para ilustrar y ayudar a comprender el procedimiento de ajuste.

58. En las dos primeras columnas del cuadro 6.6 figuran el número total de unidades y la ponderación final, respectivamente, de cada uno de los siete estratos. El límite para la ponderación se ha fijado en 250, de forma que las ponderaciones originales se truncan al alcanzar ese tope, tal como puede observarse en la tercera columna del cuadro.

Cuadro 6.6
Compensación de las ponderaciones

	n_h	w_h	$w_{h(T)}$	$n_h w_h$	$n_h w_{h(T)}$	$n_h w_{h(T)}^*$
	80	140,75	140,75	11 260	11 260	11 823,00
	100	150,25	150,25	15 025	15 025	15 776,25
	125	175,00	175,00	21 875	21 875	22 968,75
	150	200,00	200,00	30 000	30 000	31 500,00
	120	250,00	250,00	30 000	30 000	31 500,00
	120	275,13	250,00	33 015	30 000	31 500,00
	170	285,40	250,00	48 518	42 500	44 625,00
Total	865			189 693	180 660	189 693,00

Obsérvese que en este caso:

$$F_T = \frac{\sum_i n_h w_{hi}}{\sum_i n_h w_{hi(T)}} = \frac{189.693}{180.660} = 1,05.$$

Las ponderaciones reducidas se han reescalado para que sumen lo mismo que el total de las originales $\sum_b n_b w_b = 18.9693$, multiplicando cada ponderación por $F_T = 1,05$.

6.9. Observaciones finales

59. En la actualidad las ponderaciones de la muestra han pasado a considerarse una parte integrante del análisis de los datos de las encuestas de hogares en los países en desarrollo, aunque también en el resto del mundo. Ahora la mayoría de los programas de encuestas recomiendan el uso de ponderaciones aun en las raras situaciones en que hay muestras autoponderadas (en ese caso las ponderaciones serían igual a 1). En el pasado los diseñadores de encuestas realizaban tremendos esfuerzos para alcanzar el objetivo casi imposible de lograr muestras autoponderadas y poder así prescindir de las ponderaciones en el análisis de los datos. La idea más extendida era que el uso de ponderaciones complicaba sobremanera el análisis y que la infraestructura de cálculo para el análisis ponderado era escasa o inexistente. Sin embargo, los avances realizados en el campo de la tecnología informática durante la última década han invalidado este argumento. El soporte físico y los programas informáticos han pasado a ser una tecnología asequible y accesible en muchos países en desarrollo. Además, ahora disponemos de muchos conjuntos de programas informáticos especializados destinados específicamente al análisis de datos de encuestas. Éstos se abordan y se comparan en el próximo capítulo.

60. Como se ha expuesto, el uso de ponderaciones reduce los sesgos provocados por las imperfecciones de la muestra a causa de falta de respuesta y de cobertura, dos tipos de error creados al no poder obtener información de unidades de la población objetivo. Para las encuestas de hogares de los países en desarrollo es más grave la falta de cobertura que la falta de respuesta. En el capítulo se han dado ejemplos de procedimientos para desarrollar y ajustar estadísticamente las ponderaciones básicas para compensar algunos de esos problemas relacionados con las encuestas de hogares y para usar ponderaciones ajustadas en la estimación de parámetros de interés. Ordenadores cada vez más rápidos y programas informáticos estadísticos asequibles debería hacer que las ponderaciones se convirtieran en un paso sistemático en el análisis de datos de encuestas de hogares incluso en los países en desarrollo. No obstante, como hemos demostrado, el desarrollo de ponderaciones de muestreo aumenta la complejidad de las operaciones: primero es necesario calcular las ponderaciones en cada etapa de selección de la muestra; luego, ajustarlas en función de las diversas imperfecciones de la muestra, y, por último, conservarlas y usarlas adecuadamente en todos los análisis posteriores. Por ello debe prestarse una atención especial al desarrollo de las operaciones de ponderación y al cálculo mismo de las ponderaciones que se emplearán en el análisis de la encuesta.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- Brick, J. M. y G. Kalton (1996). "Handling missing data in survey research". *Statistical Methods in Medical Research*, vol. 5, págs. 215-238.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*, 3a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Groves, R. M. y M. P. Couper (1998). *Non-response in household interview surveys*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Groves, R. M. *et al.* (2002). *Survey Non-response*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Hess, I. (1950). "On non-coverage of sample dwellings". *Journal of the American Statistical Association*, vol. 53, págs. 509-524.
- Kalton, G. (1983). *Compensating for Missing Survey Data*. Ann Arbor, Michigan: Survey Research Center, Universidad de Michigan.
- Kasprzyk, D. (1986). "The treatment of missing survey data". *Survey Methodology*, vol. 12, págs. 1-16.
- Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. Nueva York: Wiley.
- Lehtonen, R. y E. J. Pahkinen (1995). *Practical Methods for Design and Analysis of Complex Surveys*. Nueva York: Wiley.
- Lepkowski, James (2005). "Error de falta de observación en las encuestas de hogares en los países en desarrollo". En: *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96 (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.05.XVII.6).
- Lessler, J. y W. Kalsbeek (1992). *Nonsampling Error in Surveys*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Levy, P. S. y S. Lemeshow (1999). *Sampling of Populations: Methods and Applications*, 3a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Lohr, S. (1999). *Sampling: Design and Analysis*, Duxbury Press, Pacific Grove.
- Yansaneh, I. S. (2004). "Panorama general de las cuestiones relacionadas con el diseño de la muestra para encuestas de hogares en países en desarrollo y en transición". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición: Informe técnico*. Naciones Unidas, Nueva York.

Capítulo 7

Estimación de errores muestrales en los datos de las encuestas

7.1. Introducción

1. En el presente capítulo se ofrece una breve perspectiva general de los diversos métodos empleados para estimar los errores de muestreo en los datos de las encuestas de hogares que generan varios diseños muestrales, desde los diseños modestos que pueden encontrarse en cualquier libro de texto introductorio sobre teoría de muestreo (por ejemplo, Cochran, 1997) hasta los diseños más complejos utilizados en las encuestas de hogares en gran escala. En el caso de los diseños muestrales estándar se proporcionan las fórmulas junto con ejemplos numéricos, para ilustrar la estimación de errores de muestreo, la construcción de intervalos de confianza y el cálculo de los efectos del diseño y el tamaño efectivo de las muestras. Se exponen también los métodos de estimación de errores muestrales aplicados a diseños más complejos y se detallan las ventajas y desventajas de cada método, acompañado de ejemplos numéricos que ilustran la aplicación de los procedimientos. Se presenta además un ejemplo basado en datos de una encuesta real para mostrar cómo cuando los conjuntos estándar de programas informáticos estadísticos subestiman los errores de muestreo de las estimaciones de las encuestas conducen a conclusiones erróneas sobre los parámetros de interés para la encuesta. Para evitar este problema recomendamos enfáticamente utilizar conjuntos de programas informáticos de estadística especiales que tomen en cuenta la complejidad de los diseños comúnmente utilizados para las encuestas de hogares. Consecuentemente, se ofrecen descripciones y comparaciones de algunos de esos conjuntos de programas informáticos.

7.1.1. Estimación del error de muestreo en datos de encuestas complejas

2. Los objetivos analíticos de las encuestas de hogares bien diseñadas han sobrepasado en los últimos tiempos los cuadros de resumen básicos o totales de los parámetros de interés. En la actualidad los analistas también se hallan interesados en la generación de hipótesis y comprobación o construcción de modelos. Por ejemplo, en lugar de estimar simplemente la proporción de una población en situación de pobreza o con un nivel específico de educación, ahora los analistas quieren evaluar el impacto de las políticas o examinar de qué forma una variable de respuesta clave, como la actuación académica de un niño escolarizado o el nivel de pobreza de un hogar, se ve afectada por factores como la región, la condición socioeconómica, el sexo y la edad.

3. Para responder a estas inquietudes se precisa de análisis pormenorizados de los datos relativos al hogar o a la persona. La publicación de los resultados de dichos análisis debe incluir necesariamente medidas apropiadas de la precisión o exactitud de las estimaciones derivadas de los datos de la encuesta. La información sobre la precisión de las estimaciones de la encuesta es necesaria para el uso e inter-

pretación correctos de los resultados y para la evaluación y mejora de los diseños y procedimientos muestrales. El análisis y evaluación de los diseños muestrales resulta de particular importancia en el caso de los grandes programas nacionales de encuestas, que con frecuencia se diseñan para que sean la fuente única de información precisa sobre una gran variedad de temas.

4. Una de las medidas clave de precisión en las encuestas por muestreo es la varianza de muestreo (el concepto se define en el capítulo 3), un indicador de la variabilidad que se introduce al elegir una muestra, en lugar de confeccionar una lista de toda la población, asumiendo que la información recopilada en la encuesta es correcta. La varianza de muestreo es una medida de la variabilidad de la distribución de muestreo de un estimador. El error estándar, o raíz cuadrada de la varianza, se emplea para medir el error de muestreo. En cualquier encuesta puede evaluarse y emplearse un estimador de este error de muestreo para indicar la exactitud de las estimaciones.

5. La forma del estimador de la varianza y el modo como se evalúa dependen del diseño muestral en que esté basado. En los diseños estándar estos estimadores se suelen evaluar mediante el uso de fórmulas simples. Sin embargo, en los diseños muestrales complejos utilizados en las encuestas de hogares, que por lo general implican el uso de estratificación, conglomerados y muestreo con probabilidad desigual, las formas de estos estimadores suelen ser complejas y difíciles de evaluar. El cálculo de los errores de muestreo en este caso requiere procedimientos que tengan en cuenta la complejidad del diseño muestral con el que se generaron los datos, que a su vez requiere el uso de programas informáticos apropiados.

6. En muchos países en desarrollo el análisis de los datos de encuestas de hogares se limita muchas veces a un análisis tabular básico con estimaciones de medias, proporciones y totales, pero sin indicación de la precisión o exactitud de esas estimaciones. Incluso oficinas nacionales de estadística con una amplia infraestructura para la recopilación y procesamiento de datos estadísticos carecen con frecuencia de los conocimientos relativos al análisis minucioso de los datos más detallados. Así sucede que hay diseñadores o analistas de encuestas que se sorprenden al ver que la conglomeración de elementos introduce correlaciones entre los elementos que reducen la precisión de las estimaciones, respecto a las muestras aleatorias simples que ellos están acostumbrados a analizar; o que el uso de ponderaciones en el análisis infla los errores de muestreo; o que los conjuntos de programas informáticos estándar que ellos utilizan en su trabajo no tienen en cuenta estas pérdidas de precisión.

7. Para intentar remediar esa situación, en el capítulo se abordan los métodos que suelen emplearse en las encuestas de hogares de los países en desarrollo para calcular las estimaciones de error de muestreo en los diseños complejos, y los conjuntos de programas informáticos de estadística empleados para el análisis de ese tipo de encuestas. Para ilustrar los procedimientos de varianza descritos se presentan varios ejemplos numéricos.

7.1.2. Panorama general

8. En el apartado 7.2 figura una definición elemental de la varianza de muestreo en el muestreo aleatorio simple, con ejemplos sobre el cálculo de la varianza de muestreo y la construcción de intervalos de confianza. La definición de otras medidas del error de muestreo es el tema del apartado 7.3. El apartado 7.4 incluye fórmulas para calcular la varianza de muestreo en dos diseños estándar: el muestreo estratificado y el muestreo por conglomerados. Las fórmulas van acompañadas de ejemplos numéricos para facilitar la comprensión de los conceptos. En el apartado 7.5 se abordan las características comunes de los diseños de las encuestas de hogares y los contenidos y la estructura de los datos

de la encuesta necesarios para la estimación adecuada del error de muestreo. También se presenta la forma general de las estimaciones de interés en las encuestas de hogares. En el apartado 7.6 se dan unas breves directrices sobre la presentación de información relativa a los errores de muestreo, y en el 7.7 se describen métodos prácticos para calcular los errores de muestreo en diseños más complejos. Estos métodos requieren con frecuencia procedimientos especiales y el uso de conjuntos de programas informáticos especializados. Las dificultades que entraña el uso de un programa informático estándar de estadística para analizar los datos de las encuestas se describen en el apartado 7.8, donde se usa un ejemplo basado en datos procedentes de una encuesta sobre la cobertura de vacunación llevada a cabo en Burundi en 1989. En los apartados 7.9 y 7.10 se repasan y comparan algunos conjuntos de programas informáticos de uso público para la estimación de los errores de muestreo en los datos de las encuestas de hogares. El capítulo concluye con unas observaciones finales.

7.2. La varianza de muestreo en el muestreo aleatorio simple

9. La varianza de muestreo de una estimación puede definirse como la desviación cuadrática promedio del valor promedio de la estimación, donde el promedio se obtiene de todas las muestras posibles. Tal como se indicó en el capítulo 3, el muestreo aleatorio simple es la técnica de muestreo más elemental, pero rara vez se emplea en las encuestas en gran escala por lo ineficiente de su aplicación y su costo prohibitivo.

10. Para facilitar la comprensión del concepto de varianza de muestreo consideraremos una pequeña población de cinco hogares ($N=5$) de la que se seleccionará una pequeña muestra de dos hogares (tamaño $n=2$) por muestreo aleatorio simple sin sustitución (MASSS). Supongamos que la variable de interés es el gasto mensual en alimentos por hogar y que los gastos de cada uno de los cinco hogares son los que figuran en el cuadro 7.1.

11. Obsérvese que como sabemos el valor de la variable de interés en todos los hogares de la población, podemos calcular el valor del parámetro que corresponde al promedio mensual del gasto en alimentos de cada hogar, es decir:

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i = \frac{10 + 20 + 30 + 40 + 50}{5} = \frac{150}{5} = 30.$$

El estimador del MASSS para el promedio mensual del gasto en alimentos por hogar es

$$\hat{\bar{Y}} = \frac{1}{2} \sum_{i \in S} Y_i,$$

Cuadro 7.1

Gasto mensual en alimentos por hogar

Hogar (1)	Gasto en alimentos en dólares (Y_i)
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50

donde la suma es el resultado de las unidades seleccionadas en la muestra. Sin duda, la estimación obtenida depende de la muestra seleccionada. El cuadro 7.2 presenta todas las muestras posibles, la estimación basada en cada muestra, la desviación de cada estimación de la muestra de la media de la población y las desviaciones cuadráticas. Hay que tener en cuenta que \hat{Y}_{ave} denota el promedio de todas las estimaciones basadas en la muestra. Obsérvese también que \bar{Y} es el símbolo de la media de la población, mientras que \hat{Y} es el símbolo que representa la estimación de la media de la población llamada media de la muestra (véase el cuadro 7.2).

Cuadro 7.2

Cálculo de la varianza de muestreo real de \hat{Y} el parámetro del promedio

Muestra 1	Unidades muestrales	Estimación muestral (\hat{Y}_i)	$\hat{Y}_i - \hat{Y}_{ave}$	$(\hat{Y}_i - \hat{Y}_{ave})^2$
1	(1, 2)	15	-15	225
2	(1, 3)	20	-10	100
3	(1, 4)	25	-5	25
4	(1, 5)	30	0	0
5	(2, 3)	25	-5	25
6	(2, 4)	30	0	0
7	(2, 5)	35	5	25
8	(3, 4)	35	5	25
9	(3, 5)	40	10	100
10	(4, 5)	45	15	225
Promedio		30	0	750

Obsérvese que el promedio de las estimaciones basadas en todas las muestras posibles es

$$\hat{Y}_{ave} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \hat{Y}_i = \frac{15 + 20 + 25 + 30 + 25 + 30 + 35 + 35 + 40 + 45}{10} = \frac{300}{10} = 30 = \bar{Y}.$$

12. En otras palabras, el valor promedio de la estimación en todas las muestras posibles es igual al promedio de la población. Una estimación con dicha propiedad se denomina *sin sesgo* en el parámetro que está estimando.

13. La varianza de muestreo real del promedio estimado de los gastos mensuales en alimentos a partir de un MASSS de tamaño $n=2$ de esta población es

$$Var(\hat{Y}) = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\hat{Y}_i - \hat{Y}_{ave})^2 = \frac{750}{10} = 75.$$

14. El problema con el método anterior radica en el hecho de que no resulta práctico seleccionar todas las muestras posibles de la población. En la práctica sólo se selecciona una muestra, y los valores de la población no se conocen. Un método más práctico es usar fórmulas para calcular la varianza. Esas fórmulas existen para todos los diseños muestrales estándar.

15. En el muestreo aleatorio simple sin sustitución la varianza de muestreo de una media estimada (\hat{Y}), basada en una muestra con un tamaño n , viene dada por la expresión

$$Var(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\delta^2}{n}. \quad (7.1)$$

$$\text{Donde } \delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y})^2}{N-1}$$

es la medida de la variabilidad de la característica de interés (varianza de la población de Y). Por lo general, δ^2 se desconoce y tiene que estimarse a partir de de la muestra (véase la ecuación 7.2). De la fórmula anterior puede deducirse claramente que la varianza de muestreo depende de los siguientes factores:

- a) La varianza de la población de las características de interés;
- b) El tamaño de la población;
- c) El tamaño de la muestra;
- d) El diseño de la muestra y el método de estimación.

16. La proporción de la población que está en la muestra, n/N , se denomina la fracción de muestreo (designada como f); y el factor $[1-(n/N)]$, o $1-f$, que es la proporción de la población que no está incluida en la muestra, se denomina el factor de corrección de población finita (*cpf*). El *cpf* representa el ajuste efectuado en el error estándar de la estimación para tener en cuenta el hecho de que la muestra se selecciona sin sustitución a partir de una población finita. Obsérvese, sin embargo, que cuando la fracción de muestreo es pequeña el *cpf* puede ignorarse. En la práctica, el *cpf* puede ignorarse si no supera el 5% (Cochran, 1997).

17. La fórmula anterior indica que la varianza de muestreo es inversamente proporcional al tamaño de la muestra. A medida que el tamaño de la muestra aumenta, la varianza de muestreo disminuye; y en un censo o en una lista completa (donde $n=N$), no hay varianza de muestreo. Obsérvese que la falta de respuesta reduce de forma efectiva el tamaño de la muestra y al mismo tiempo aumenta la variabilidad de la misma.

18. Cabe indicar que una estimación no sesgada de la varianza de muestreo de la media estimada viene dada por

$$v(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s^2}{n} \quad (7.2)$$

$$\text{donde } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{n-1}$$

es la estimación de la varianza de la población, δ^2 , basada en la muestra. Esto es lo que se denomina varianza de la muestra. El intervalo de confianza del 95% para la media de la población (véase el párrafo 30 del capítulo 3) viene dado por

$$\hat{Y} \pm 1,96\sqrt{v(\hat{Y})}. \quad (7.3)$$

19. En una proporción de la población, la estimación basada en la muestra y la varianza estimada vienen dadas, respectivamente, por:

$$\hat{P} = \frac{\text{número de unidades con característica}}{n} \quad (7.4)$$

$$\text{y } v(\hat{P}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n-1}. \quad (7.5)$$

20. En el cuadro 7.3 se resumen las estimaciones de varias cantidades de población y las varianzas de las estimaciones con muestreo aleatorio simple sin sustitución.

Cuadro 7.3

Estimaciones y sus varianzas en características de la población seleccionadas

Parámetro	Estimación	Varianza de la estimación
Media de la población (\hat{Y})	$\hat{Y} = \frac{1}{n_{ic}} \sum_{\text{Muestra}} Y_i$	$v(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s^2}{n}$
Población total	$\hat{T} = N\hat{Y}$	$v(\hat{T}) = N^2 v(\hat{Y})$
Proporción de población para una categoría	$\hat{P} = \frac{\text{No. unidades en muestra de categoría}}{n}$	$v(\hat{P}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n-1}$

21. En general, el intervalo de confianza del $(1-\alpha)$ por ciento para la media de la población viene dado por:

$$\text{Estimación} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\text{varianza estimada de la población}} \quad (7.6)$$

donde $z_{1-\alpha/2}$ es el $(1-\alpha/2)$ -th percentil de la distribución normal estándar.

22. El siguiente ejemplo ilustra la estimación de la varianza de muestreo basada en una muestra seleccionada.

Ejemplo 1

Consideremos una muestra aleatoria simple de $n=20$ hogares extraída de una gran población de $N=20.000$ hogares. Los datos recopilados se muestran en el cuadro 7.4 en la página siguiente, donde la variable Y indica el gasto semanal en alimentos de cada hogar, y la variable Z si el hogar posee o no un equipo de televisión ($z=1$ si la respuesta es afirmativa, y 0 si es negativa).

La estimación del gasto mensual en alimentos por hogar de la media de la población es:

$$\hat{Y} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} Y_i = \frac{5+10+\dots+12+4}{20} = \frac{160}{20} = 8.$$

La varianza estimada de la media estimada es:

$$v(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{20}{20.000}\right) \left\{ \frac{(5-8)^2 + (10-8)^2 + \dots + (12-8)^2 + (4-8)^2}{19} \right\} = 7,87.$$

El intervalo de confianza del 95% para la media de la población es:

$$8 \pm 1,96 \times \sqrt{7,87} = (2,50, 13,50).$$

Cuadro 7.4

Gasto semanal en alimentos por hogar y televisor en propiedad en los hogares de la muestra

Hogar (<i>i</i>)	Y_i	Z_i	<i>i</i>	Y_i	Z_i
1	5	0	11	7	1
2	10	1	12	8	1
3	5	0	13	9	1
4	9	1	14	10	1
5	5	1	15	8	1
6	6	1	16	8	0
7	7	0	17	5	0
8	15	1	18	7	0
9	12	1	19	12	1
10	8	0	20	4	0
Total		160	12		

La estimación del gasto mensual en alimentos por hogar del total de la población es:

$$\hat{Y} = N\bar{Y} = 20.000 \times 8 = 160.000.$$

La varianza estimada del gasto total estimado es:

$$v(\hat{Y}) = 20.000^2 \times 8,87 = 3.148.000.000.$$

El intervalo de confianza del 95% para la media de la población es:

$$160.000 \pm 1,96 \times \sqrt{3.148.000.000} = (50.030, 269.970).$$

La estimación de la proporción de hogares de la población que tiene televisor es:

$$\hat{P} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} Z_i = \frac{12}{20} = 0,6.$$

La varianza estimada de la proporción estimada de hogares con televisor es:

$$v(\hat{P}) = \left(1 - \frac{20}{20.000}\right) \frac{0,6(1-0,6)}{19} = 0,0126.$$

El intervalo de confianza del 95% para la media de la población es:

$$0,6 \pm 1,96 \times \sqrt{0,0126} = (0,38, 0,82).$$

7.3. Otras medidas del error de muestreo

23. Además de la varianza de muestreo hay otras formas de medir el error de muestreo, como el error estándar, el coeficiente de variación y el efecto del diseño, que guardan entre sí una relación algebraica, en el sentido de que es posible deducir la expresión de cualquiera de ellas a partir de las otras mediante la aplicación de sencillas operaciones algebraicas.

7.3.1. El error estándar

24. El error estándar de un estimador es la raíz cuadrada de su varianza de muestreo. Esta medida resulta más fácil de interpretar porque para la indicación del error de muestreo utiliza la misma escala que la estimación, mientras que la varianza se basa en diferencias cuadráticas.

25. Una pregunta que suele surgir a la hora de diseñar encuestas es cuál es el tamaño de error estándar que se considera aceptable. La respuesta depende de la magnitud de la estimación. Por ejemplo, un error estándar de 100 se consideraría pequeño si estuviera estimándose el ingreso anual, pero sería un error grande si se tratase del peso promedio de la población. Asimismo, el error estándar de $\sqrt{3.148.000.000} = 56.107$ para el total estimado de 160.000 obtenido en el ejemplo 1 puede considerarse excesivo.

7.3.2. Coeficiente de variación

26. El coeficiente de variación (CV) de una estimación es el coeficiente entre su error estándar y el valor promedio de la propia estimación. Así, el coeficiente de variación proporciona una medida del error estándar respecto a la característica que se está midiendo. Suele expresarse en porcentajes.

27. El coeficiente de variación es útil para comparar la precisión de estimaciones de una encuesta cuyo tamaño o escala difieren. Sin embargo, no resulta útil para estimadores de características cuyo valor real pueda ser cero o negativo, incluidas estimaciones de cambio como, por ejemplo, el cambio en los ingresos promedio a lo largo de dos años.

7.3.3. Efecto del diseño

28. El efecto del diseño (*deff*) se define como el coeficiente entre la varianza de muestreo de un estimador en un diseño determinado y la varianza de muestreo del estimador basada en una muestra aleatoria simple del mismo tamaño. Se considera también el factor por el cual hay que multiplicar la varianza de una estimación basada en una muestra aleatoria simple del mismo tamaño para tener en cuenta las complejidades del diseño muestral derivadas de factores como la estratificación, la conglomeración o las ponderaciones.

29. En otras palabras, un estimador basado en datos de una muestra compleja de tamaño n tiene la misma varianza que el estimador calculado a partir de datos de una muestra aleatoria simple de tamaño $n/deff$. Por esta razón el coeficiente $n/deff$ se refiere a veces al tamaño real de la muestra para estimaciones basadas en datos de un diseño complejo. Para una exposición general sobre los cálculos del “tamaño real de la muestra”, véanse Kish (1995), Potthoff, Woodbury y Manton (1992) y la bibliografía citada en ellos. Asimismo, véanse varios apartados del capítulo 3 para una exposición más detallada acerca de los efectos del diseño y su uso en el diseño muestral.

7.4. Cálculo de la varianza de muestreo en dos diseños estándar

30. En los diseños simples y en las estimaciones lineales simples —como las medias, las proporciones y los totales— suele existir la posibilidad de derivar fórmulas para calcular las varianzas de las estimaciones. Sin embargo, en los tipos de diseños complejos y en las estimaciones asociadas con las encuestas de hogares esto resulta con frecuencia difícil, cuando no imposible. A continuación ofrecemos ejemplos del cálculo de la varianza de muestreo en diseños de muestras estratificadas y

conglomeradas en una sola etapa. Las fórmulas y ejemplos de los cálculos de la varianza en otros diseños muestrales estándar pueden consultarse en los libros de texto (por ejemplo, en Cochran, 1977, y Kish, 1965).

7.4.1. Muestreo estratificado

31. En el capítulo 3 ya se ofrece una descripción detallada del muestreo estratificado. Aquí nos ocupamos sólo de la estimación de la varianza según el diseño. Consideremos un diseño estratificado con H estratos, en el que las estimaciones de las medias de la población en los estratos de la muestra están dadas por $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \dots, \bar{Y}_H$, y las estimaciones de las varianzas de la población en los estratos de la muestra están representadas por $S_1^2, S_2^2, \dots, S_H^2$. Un estimador de la media de la población con este diseño es:

$$\hat{Y}_{st} = \sum_{b=1}^H \hat{Y}_b, \quad (7.7)$$

donde \hat{Y}_b es la estimación de \bar{Y}_b , $b=1, \dots, H$ basada en la muestra. La varianza del estimador viene dada por:

$$v(\hat{Y}_{st}) = \sum_{b=1}^H v(\hat{Y}_b). \quad (7.8)$$

Con el muestreo aleatorio estratificado, el estimador y su varianza estimada vienen dados por

$$\hat{Y}_{st} = \sum_{b=1}^H \frac{N_b}{N} \bar{y}_b = \sum_{b=1}^H W_b \bar{y}_b, \quad (7.9)$$

donde \bar{y}_b es la media de la muestra para el estrato b ; N_b es el tamaño de la población del estrato b y

$$W_b = \frac{N_b}{N}, \quad b=1, \dots, H.$$

La varianza estimada de esta estimación con muestreo aleatorio estratificado viene dada por

$$v(\hat{Y}_{st}) = \sum_{b=1}^H W_b^2 v(\bar{y}_b) = \sum_{b=1}^H \left(\frac{N_b}{N} \right)^2 \left(1 - \frac{n_b}{N_b} \right) \frac{s_b^2}{n_b}, \quad (7.10)$$

donde n_b es el tamaño de la muestra en el estrato b , y s_b^2 es la varianza de la muestra, una estimación de S_b^2 , $b=1, \dots, H$.

Ejemplo 2

Ahora aplicaremos estos resultados a un ejemplo de un diseño estratificado donde los tres estratos de que consta tienen los parámetros dados en el cuadro 7.5 que figura a continuación. Supongamos que nos interesa estimar la media de la población a partir de una muestra total de un tamaño de 1.500.

Cuadro 7.5

Ejemplo de datos en un diseño muestral estratificado

Parámetro	Población	Estrato 1 (capital)	Estrato 2 (provincia-urbana)	Estrato 3 (provincia-urbana)
Tamaño	$N = 1.000.000$	$N_1 = 300.000$	$N_2 = 500.000$	$N_3 = 200.000$
Varianza	$S^2 = 75.000$	$S_1^2 = ?$	$S_2^2 = ?$	$S_3^2 = ?$
Media	$\bar{Y} = ?$	$\bar{Y}_1 = ?$	$\bar{Y}_2 = ?$	$\bar{Y}_3 = ?$
Costo por unidad	No aplicable	$C_1 = 1$	$C_2 = 4$	$C_3 = 16$
Tamaño de la muestra según asignación óptima*	$n = 1.500$	$n_1 = 857$	$n_2 = 595$	$n_3 = 48$
Media de la muestra	No aplicable	$\bar{y}_1 = 4.000$	$\bar{y}_2 = 2.500$	$\bar{y}_3 = 1.000$
Varianza de la muestra	No aplicable	$s_1^2 = 90.000$	$s_2^2 = 62.500$	$s_3^2 = 10.000$

* Véase el capítulo 3.

La estimación de la media de la población es

$$\hat{\bar{Y}}_{st} = \frac{300.000}{1.000.000} \times 4.000 + \frac{500.000}{1.000.000} \times 2.500 + \frac{200.000}{1.000.000} \times 1.000 = 2.650.$$

La varianza estimada de la estimación anterior equivale a

$$v(\hat{\bar{Y}}_{st}) = \left(\frac{300.000}{1.000.000} \right)^2 \left(1 - \frac{857}{300.000} \right) \left(\frac{90.000}{857} \right) + \left(\frac{500.000}{1.000.000} \right)^2 \left(1 - \frac{595}{500.000} \right) \left(\frac{62.500}{595} \right) + \left(\frac{200.000}{1.000.000} \right)^2 \left(1 - \frac{48}{200.000} \right) \left(\frac{10.000}{48} \right) = 43,98516.$$

El intervalo del 95% de confianza de la media de la población corresponde a

$$2.650 \pm 1,96 \times \sqrt{43,98516} = (2.637, 2.663).$$

Nótese que la varianza estimada de la media estimada con muestreo aleatorio simple viene dada por

$$v(\hat{\bar{Y}}_{SRS}) = \left(1 - \frac{1.500}{1.000.000} \right) \times \frac{75.000}{1.500} = 49,925.$$

Por tanto, el efecto del diseño de este diseño estratificado equivale a $\frac{43,98516}{49,925} = 0,88$, y el tamaño real de la muestra, a $\frac{1.500}{0,88} = 1.705$.

Esto significa que la estimación basada en una muestra aleatoria estratificada cuyo tamaño es de 1.500 tiene la misma varianza que la basada es una muestra aleatoria simple de 1.705.

32. En el capítulo 3 se ofrece una descripción detallada de la técnica de muestreo por conglomerados. En el presente apartado presentamos un ejemplo sencillo para ilustrar el cálculo de errores de muestreo en el caso excepcional del muestreo conglomerado en una sola etapa.

Ejemplo 3

Supongamos que nos interesa estimar la proporción de niños en edad escolar que han sido vacunados contra la poliomielitis en una provincia. Supongamos además, para simplificarlo, que en la provincia hay 500 zonas de empadronamiento (ZE) del mismo tamaño, y que en cada una de

ellas hay 25 niños en edad escolar. En este ejemplo emplearemos las ZE como conglomerados. Si suponemos que de las 500 ZE de la provincia seleccionamos 10 mediante muestreo aleatorio simple sin sustitución y medimos la proporción de niños en edad escolar vacunados en todas las ZE seleccionadas, obtenemos los resultados que figuran en el cuadro 7.6.

Cuadro 7.6

Proporción de niños en edad escolar vacunados en 10 zonas de empadronamiento como la variable de interés

ZE (i) incluida en la muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Proporción de la muestra (\hat{p}_i)	$\frac{8}{25}$	$\frac{10}{25}$	$\frac{12}{25}$	$\frac{14}{25}$	$\frac{15}{25}$	$\frac{17}{25}$	$\frac{20}{25}$	$\frac{20}{25}$	$\frac{21}{25}$	$\frac{23}{25}$

En este ejemplo la estimación de la proporción de niños en edad escolar vacunados en la provincia equivale a

$$\hat{p} = \frac{160}{250} = 0,64, \text{ ó } 64\%.$$

Además, la varianza de la muestra equivale a

$$s_p^2 = \frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (\hat{p}_i - \hat{p})^2 = 0,040533.$$

Por tanto, la varianza de la proporción estimada equivale a

$$v(\hat{p}) = \left(1 - \frac{10}{500}\right) \times \frac{0,040533}{10} = 0,003972.$$

Obsérvese que con el muestreo aleatorio simple la varianza estimada de la proporción estimada equivale a

$$v(\hat{p}_{SRS}) = \left(1 - \frac{250}{12.500}\right) \times \frac{0,641 - 0,64}{250 - 1} = 0,0009078.$$

Por tanto, el efecto del diseño en este diseño muestral por conglomerados equivale a

$$\frac{0,003972}{0,0009078} = 4,38, \text{ y el tamaño real de la muestra, a } \frac{250}{4,38} = 57.$$

Esto significa que la estimación basada en la muestra conglomerada con tamaño de 250 tiene la misma varianza que la basada en una muestra aleatoria simple cuyo tamaño sea de 57.

7.5. Características comunes de los datos y los diseños de muestras de encuestas de hogares

7.5.1. Desviaciones en los diseños de las encuestas de hogares del muestreo aleatorio simple

33. Tal como se ha expuesto anteriormente, el muestreo aleatorio simple rara vez se emplea en encuestas de hogares en gran escala porque es demasiado costoso. No obstante, es importante comprender bien este diseño porque constituye la base teórica de los diseños muestrales más complejos.

La mayoría de los diseños muestrales empleados en las encuestas de hogares se desvían del muestreo aleatorio simple a causa de la presencia de una o más de las siguientes características:

- a) La estratificación en una o más etapas de muestreo;
- b) La conglomeración de las unidades en una o más etapas de muestreo, lo que reduce los costos pero aumenta la varianza de las estimaciones debido a las correlaciones entre las unidades del mismo conglomerado;
- c) La ponderación para compensar imperfecciones de la muestra tales como las probabilidades desiguales de selección, la falta de respuesta y la falta de cobertura (véase el capítulo 6 para una exposición más detallada).

34. Un diseño muestral se denomina *complejo* cuando en él se da una o más de las características anteriores. La mayoría de los diseños de las encuestas de hogares son complejos y por consiguiente incumplen las premisas del muestreo aleatorio simple. Por tanto, analizar los datos de una encuesta de hogares como si hubieran sido generados por un diseño de una muestra aleatoria simple induciría a errores en el análisis y en las conclusiones basadas en esos datos. Además, como ya hemos mencionado, las estimaciones de interés en la mayoría de las encuestas de hogares no pueden expresarse como funciones lineales de las observaciones, de manera que puede que no haya fórmulas de forma cerrada para las varianzas. En los siguientes apartados se aborda la cuestión de los métodos de cálculo de la varianza en las encuestas de hogares tomando en consideración las complejidades enumeradas más arriba.

7.5.2. Preparación de los archivos de datos para el análisis

35. En ocasiones los datos de encuestas recopilados en países en desarrollo no pueden someterse a análisis que vayan más allá de frecuencias y tabulaciones básicas. Hay diversas razones para ello. En primer lugar, puede que la documentación técnica del diseño muestral de la encuesta sea limitada o inexistente. En segundo lugar, es posible que los archivos que contengan los datos no posean el formato, la estructura y la información necesarios para un análisis sofisticado. En tercer lugar, es posible que no se disponga del programa informático adecuado y de los conocimientos técnicos requeridos.

36. A fin de que los datos de las encuestas de hogares se analicen de manera adecuada, la base de datos debe contener toda la información relativa al proceso de selección de la muestra (véase el capítulo 5 para una explicación más detallada). La base de datos debe, en particular, incluir las etiquetas apropiadas para los estratos, las unidades primarias de muestreo (UPM), las unidades secundarias de muestreo (USM), etcétera, del diseño muestral. A veces los estratos y las UPM utilizados en la selección de la muestra para una encuesta deben modificarse por la estimación de la varianza. Esas modificaciones son necesarias para que el diseño de la muestra real encaje en una de las opciones de diseño disponibles al menos en uno de los conjuntos de programas informáticos de análisis estadístico (véase el apartado 7.9). En ocasiones, los estratos y las UPM creados para la estimación de la varianza se denominan pseudoestratos o estratos de varianza y pseudo-UPM o UPM de varianza. Las variables pertinentes del diseño de la muestra y las creadas para la estimación de la varianza deberían incluirse en el archivo de datos junto con la correspondiente información sobre la definición y el uso de dichas variables. Para estimar la varianza se necesitan tres variables como mínimo: la ponderación de la muestra, el estrato (o pseudoestrato) y la UPM (o pseudo-UPM). Estas tres variables resumen el diseño de la muestra y su inclusión en los datos de la encuesta permite analizar adecuadamente los datos teniendo en cuenta las complejidades del diseño.

37. Aparte de esto deben desarrollarse ponderaciones de la muestra para cada unidad de muestreo del archivo de datos. Estas ponderaciones deberían reflejar la probabilidad de selección de cada unidad de muestreo y compensar la falta de respuesta de la encuesta y otras deficiencias de la muestra. Las ponderaciones de la muestra y las etiquetas para las variables del diseño resultan necesarias para estimar de forma correcta la variabilidad de las estimaciones de la encuesta. Tal como se ha mencionado en el capítulo 6 y en los anteriores apartados de este capítulo, las ponderaciones de la muestra son importantes tanto para obtener estimaciones adecuadas en la encuesta como para estimar los errores de muestreo de dichas estimaciones. Por tanto, resulta esencial que toda la información sobre ponderaciones se incorpore a los archivos de datos. En particular, cuando se realizan ajustes por falta de respuesta, estratificación u otras causas, la documentación de la encuesta debe incluir una descripción de estos procedimientos de ajuste.

7.5.3. Tipos de estimaciones

38. En la mayoría de las encuestas de hogares las estimaciones de interés más comunes son totales y coeficientes. Supongamos un diseño estratificado en tres etapas con UPM en la primera etapa, USM en la segunda y hogares en la tercera. La estimación de un total puede expresarse como:

$$\hat{Y} = \sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{l_j} W_{hijk} Y_{hijk}, \quad (7.11)$$

donde W_{hijk} = la ponderación final en el k° hogar ($k = 1, \dots, l_j$) seleccionado en la j^{a} USM ($j = 1, \dots, m_i$) de la i^{a} UPM ($i = 1, \dots, n_h$) del h° estrato ($h = 1, \dots, H$); y Y_{hijk} = valor de la variable Y del k° hogar seleccionado en la j^{a} USM de la i^{a} UPM del h° estrato.

39. En el nivel más básico, las ponderaciones asociadas con las unidades de la muestra son inversamente proporcionales a las probabilidades de selección de las unidades incluidas en la muestra. No obstante, por lo general se utilizan métodos más sofisticados para calcular las ponderaciones que deben aplicarse en el análisis. Algunos de estos métodos aparecen descritos en el capítulo 6 y en la bibliografía citada en él.

40. La estimación de un coeficiente se define como:

$$\hat{R} = \frac{\hat{Y}}{\hat{X}}, \quad (7.12)$$

donde \hat{Y} y \hat{X} son estimaciones de totales para las variables Y y X respectivamente, calculadas tal como se especifica en la ecuación 7.12.

41. En el caso del muestreo en varias etapas, las medias y proporciones son sólo casos especiales del estimador coeficiente. En el caso de la media, la variable X , en el denominador del coeficiente, es una variable de conteo definida como igual a 1 en cada elemento, de tal manera que el denominador es la suma de las ponderaciones. En el caso de una proporción, la variable X del denominador se define también como igual a 1 para todos los elementos; y la variable Y , en el numerador, es una variable binomial definida como igual a 0 o a 1, dependiendo de si la unidad observada posee o no la característica cuya proporción está siendo estimada. En la mayoría de las encuestas de hogares el denominador del estimador coeficiente se define de distintas formas como población total, total de mujeres, total de varones, población rural total, población total en una determinada provincia o distrito, etcétera.

7.6. Directrices para la presentación de información sobre errores de muestreo

7.6.1. Determinar qué información incluir

42. En encuestas nacionales en gran escala con numerosas variables, campos de interés y diversos objetivos, con frecuencia enfrentados, no resulta práctico presentar cada una de las estimaciones junto al error de muestreo asociado a ella. Ello no sólo aumenta de manera drástica el volumen de la publicación, sino que la carga de resultados sustantivos. Considerando la variabilidad del error de muestreo prevista en las propias estimaciones, presentar resultados para demasiadas variables individuales puede generar confusión y dar la impresión de irregularidad en la calidad general de los datos de la encuesta. Por el contrario, resulta muy útil presentar como texto general la información sobre el error de muestreo relativa a algunas de las características de interés más importantes y pasar el resto a un apéndice.

43. A la hora de presentar información sobre errores de muestreo es importante tener en cuenta su posible impacto en la interpretación de los resultados de la encuesta y las decisiones relativas a políticas que pueden derivarse de dicha interpretación. La información relativa al error de muestreo debería considerarse únicamente un componente del error total de la encuesta, no siempre el más significativo. A veces los errores no muestrales (véase el capítulo 8) pueden tener un impacto mayor en la calidad general de los datos que los errores de muestreo. Por esa razón se recomienda incluir una descripción de las principales fuentes de errores no muestrales en la información sobre errores de muestreo y algunas valoraciones cualitativas de su impacto en la calidad general de los datos de la encuesta. Dado que los errores de muestreo adquieren una importancia más crítica en los niveles más bajos de desglose, se recomienda también incluir una serie de observaciones advirtiendo del grado de desglose que presentan los datos de la encuesta.

44. En general, la información sobre errores de muestreo debería incluir detalles suficientes para facilitar la correcta interpretación de los resultados de la encuesta y satisfacer las necesidades de todo el espectro de usuarios de los datos, desde el usuario general o la persona encargada de formular políticas (cuyo interés reside en aplicar los resultados de las encuestas a dichas políticas) y el analista (encargado de realizar un análisis más profundo y comentar los resultados) hasta el estadístico de muestreo (a quien interesa comparar la eficacia estadística del diseño con otras alternativas y características del diseño que podrían aplicarse en futuras encuestas).

7.6.2. Cómo difundir la información relativa al error de muestreo

45. Los errores de muestreo pueden presentarse de tres formas distintas, como:

- a) Valores absolutos de los errores estándar;
- b) Errores estándar relativos (raíces cuadradas de las varianzas relativas);
- c) Intervalos de confianza.

46. La elección entre estas tres formas de presentación depende de la naturaleza de la estimación. Cuando las estimaciones varían de tamaño y unidad de medición, el mismo valor de los errores estándar puede aplicarse a las estimaciones si se expresan en términos relativos; en consecuencia, resultaría más eficaz presentar errores estándar relativos. Sin embargo, por lo general los errores estándar absolutos son más fáciles de entender y relacionar con la estimación, en especial cuando se

trata de porcentajes, proporciones y tasas. La utilización de intervalos de confianza implica elegir el nivel de confianza (es decir, el 90%, el 95% impuesto o el 99%). Dado que esto varía en función de los objetivos de la encuesta y de los requisitos relativos a la precisión de las estimaciones, es importante especificar el nivel de confianza que está aplicándose en la presentación de la información sobre el error de muestreo y tenerlo en cuenta a la hora de determinar la relevancia de los resultados. Tal como se afirmó con anterioridad, el intervalo más empleado en la práctica es del 95% (véanse los párrafos 30 y 22 de los capítulos 3 y 7, respectivamente), es decir:

$$\text{Estimación} \pm 1.96 \times \text{Error estándar} \quad (7.13)$$

47. Para más detalles sobre la presentación de información sobre errores de muestreo e incluso directrices específicas para diversas categorías de usuarios acompañadas de una serie de ejemplos, véase Naciones Unidas (1993) y la bibliografía citada en la obra.

7.6.3. Reglas generales para la notificación de errores estándar

48. Una regla muy aplicada al indicar los errores estándar consiste en expresar el error estándar en dos dígitos significativos y a continuación la correspondiente estimación por puntos, con el mismo número de decimales que el error estándar. Por ejemplo:

1. Si tenemos una estimación por puntos de 73.456 con un error estándar de 2.345, indicaremos una estimación por puntos de 73.500 y un error estándar de 2.300.
2. Si tenemos una estimación por puntos de 1,54328 con un error estándar de 0,01356, indicaremos una estimación por puntos de 1,543 y un error estándar de 0,014.

49. El razonamiento general que subyace a esta regla se halla relacionado con los estadísticos *t*. La presencia de dos dígitos significativos en el error estándar y el correspondiente número de dígitos en la estimación por puntos asegura que el efecto del redondeo no resulte excesivo en los estadísticos *t* resultantes y evita implicarse en un excesivo nivel de precisión de estimaciones por puntos expresadas con gran número de dígitos irrelevantes. Téngase en cuenta, no obstante, que esta regla general no tiene por qué ser apropiada cuando los estadísticos *t* no tienen un interés primordial.

7.7. Métodos de la estimación de la varianza en las encuestas de hogares

50. En el presente apartado describimos con brevedad algunos métodos convencionales para estimar las varianzas o errores muestrales para estimaciones basadas en datos de la encuesta. Los métodos de estimación de los errores muestrales en las encuestas de hogares pueden clasificarse en cuatro grandes categorías:

- a) Métodos exactos;
- b) Métodos del conglomerado último;
- c) Aproximaciones por linealización;
- d) Técnicas de replicación.

En los apartados siguientes analizamos brevemente cada uno de estos cuatro métodos. Los lectores interesados pueden obtener más información en Kish y Frankel (1974), Wolter (1985) y Lehtonen y Pahkinen (1995).

7.7.1. Métodos exactos

51. Los métodos exactos de estimación de la varianza en diseños de muestras estándares, cuando son aplicables, son la mejor forma de estimar la varianza (véanse los ejemplos en los apartados 7.2 y 7.4). Sin embargo, su aplicación al cálculo de varianzas de muestreo de estimaciones basadas en datos de encuestas de hogares es complicada por diversos factores. En primer lugar, los diseños muestrales empleados en la mayoría de las encuestas de hogares son más complejos que el muestreo aleatorio simple (véase el apartado 7.5.1). En segundo lugar, las estimaciones de interés puede que no sean funciones lineales simples de los valores observados, por lo que la varianza de muestreo no siempre puede expresarse por una fórmula de forma cerrada como media de la muestra en el muestreo aleatorio simple o el muestreo estratificado. Además, los métodos exactos dependen del diseño de la muestra en cada caso, de la estimación de interés y de los procedimientos de ponderación empleados.

52. En los siguientes apartados analizaremos los métodos de estimación de la varianza en los diseños comúnmente empleados en las encuestas de hogares. Estos métodos han sido diseñados para compensar las deficiencias de los métodos exactos.

7.7.2. Método del conglomerado último

53. El método del conglomerado último para estimar la varianza (véase Hansen, Hurwitz y Madow, 1953, págs. 257-259) puede emplearse para estimar las de las estimaciones basadas en una muestra obtenida a partir de un diseño muestral complejo. Según este método, el conglomerado último consiste en toda la muestra de una UPM, con independencia del muestreo hecho en las posteriores etapas del diseño en varias etapas. Las estimaciones de la varianza se calculan utilizando sólo totales entre UPM, sin tener que calcular los componentes de la varianza en cada etapa de selección.

54. Supongamos que seleccionamos una muestra de n_b UPM del estrato h (con un número cualquiera de etapas dentro de las UPM). En ese caso la estimación del total para el estrato h está dada por:

$$\hat{Y}_b = \sum_{i=1}^{n_b} \hat{Y}_{bi}, \quad \text{donde} \quad \hat{Y}_{bi} = \sum_{j=1}^{m_i} W_{bijk} Y_{bijk} \quad (7.14)$$

Obsérvese que la estimación \hat{Y}_{bi} al nivel de las UPM es una estimación de $\frac{\hat{Y}_b}{n_b}$. Por tanto, la varianza de las estimaciones individuales a nivel de las UPM viene dada por

$$v(\hat{Y}_{bi}) = \frac{1}{n_b - 1} \sum_{i=1}^{n_b} \left(\hat{Y}_{bi} - \frac{\hat{Y}_b}{n_b} \right)^2 \quad (7.15)$$

y la varianza de su total, \hat{Y}_b , el total a nivel del estrato, estimada a partir de una muestra aleatoria de tamaño n_b como estimador del total de la población en el estrato h , viene dada por

$$v(\hat{Y}_b) = \frac{n_b}{n_b - 1} \sum_{i=1}^{n_b} \left(\hat{Y}_{bi} - \frac{\hat{Y}_b}{n_b} \right)^2 \quad (7.16)$$

55. Obsérvese que con una sencilla manipulación algebraica obtenemos la siguiente expresión equivalente para el estimador de la varianza del total de la población en el estrato h

$$v(\hat{Y}_h) = \frac{n_b}{n_b - 1} \left\{ \sum_{i=1}^{n_b} \hat{Y}_{hi}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_b} \hat{Y}_{hi} \right)^2}{n_b} \right\}. \quad (7.17)$$

56. Por último, mediante muestreo independiente en los estratos, el estimador de la varianza para el total de toda la población se obtiene sumando las varianzas de los totales de cada estrato, es decir:

$$v(\hat{Y}) = \sum_{b=1}^H v(\hat{Y}_b). \quad (7.18)$$

Nótese que a veces en la fórmula anterior se usa un factor de corrección de población finita $(1 - n_b/N_b)$.

57. La ecuación (7.18) es destacable en el sentido de que la varianza del total estimado es sólo una función de los totales de las UPM \hat{Y}_{hi} adecuadamente ponderados, sin tener en cuenta la estructura y la forma de muestreo dentro de las UPM. Esto simplifica considerablemente la fórmula de estimación de la varianza porque no es necesario calcular las componentes de la varianza atribuibles a las demás etapas de muestreo dentro de las UPM. Esta característica dota al método del conglomerado último de una gran flexibilidad a la hora de manejar diferentes diseños muestrales y constituye una de las grandes virtudes del método y una de las principales razones de su extendido uso en encuestas.

58. Así, el estimador de la varianza del coeficiente, $\hat{R} = \frac{\hat{Y}}{\hat{X}}$, viene dado por

$$v(\hat{R}) = \frac{1}{\hat{X}^2} \left\{ v(\hat{Y}) + \hat{R}^2 v(\hat{X}) - 2 \text{cov}(\hat{Y}, \hat{X}) \right\}, \quad (7.19)$$

donde $v(\hat{Y})$ y $v(\hat{X})$ se calculan con la fórmula de la varianza de un total estimado, y

$$\text{cov}(\hat{Y}, \hat{X}) = \sum_{b=1}^H \left\{ \frac{n_b}{n_b - 1} \sum_{i=1}^{n_b} \left(\hat{X}_{bi} - \frac{\hat{X}_b}{n_b} \right) \left(\hat{Y}_{bi} - \frac{\hat{Y}_b}{n_b} \right) \right\}, \quad (7.20)$$

o, de manera equivalente:

$$\text{cov}(\hat{Y}, \hat{X}) = \frac{n_b}{n_b - 1} \left\{ \sum_{i=1}^{n_b} \hat{X}_{bi} \hat{Y}_{bi} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_b} \hat{X}_{bi} \right) \left(\sum_{i=1}^{n_b} \hat{Y}_{bi} \right)}{n_b} \right\}. \quad (7.21)$$

59. Obsérvese que la fórmula anterior para la varianza de un coeficiente puede simplificarse sabiendo que la varianza relativa del coeficiente es aproximadamente igual a la diferencia entre las varianzas relativas del numerador y el denominador. Recuérdese además que la varianza relativa de un estimador es el coeficiente entre su varianza y su cuadrado. Así, para un coeficiente estimado \hat{R} , la varianza relativa, designada como *relvar* (\hat{R}), viene dada por

$$\text{relvar}(\hat{R}) = \frac{v(\hat{R})}{\hat{R}^2} \quad (7.22)$$

Por tanto, una estimación de la varianza del coeficiente viene dada por

$$v(\hat{R}) = \hat{R}^2 \text{relvar}(\hat{R}) = \hat{R}^2 \{ \text{relvar}(\hat{Y}) - \text{relvar}(\hat{X}) \}. \quad (7.23)$$

60. El método del conglomerado último para el cálculo de errores muestrales en coeficientes y totales estimados podría resumirse en los siguientes pasos:

- *Paso 1.* Calcular en cada estrato por separado la estimación ponderada \hat{Y}_{hi} para la característica de interés, Y , en cada UPM (siguiendo los procedimientos de ponderación descritos en el capítulo 6).
- *Paso 2.* Calcular el valor cuadrático de cada uno de los valores estimados de las UPM obtenidos en el paso 1.
- *Paso 3.* Calcular la suma de los valores obtenidos en el paso 2 en todas las UPM del estrato.
- *Paso 4.* Calcular la suma de los totales estimados de las UPM obtenidos en el paso 1 en todas las UPM.
- *Paso 5.* Elevar al cuadrado el resultado del paso 4 y dividir por nh , que es el número de UPM en el estrato.
- *Paso 6.* Restar el resultado del paso 5 al del paso 3 y multiplicar esta diferencia por el factor $nh/(nh-1)$. Ésta es la varianza estimada para la característica en el estrato.
- *Paso 7.* Sumar el resultado del paso 6 de todos los estratos para obtener la varianza estimada total para la característica de interés.
- *Paso 8.* Calcular la raíz cuadrada del resultado del paso 7 para obtener el error de muestreo estimado para la característica de interés.

61. Para calcular el error de muestreo estimado para coeficientes tales como proporciones estimadas, procederemos de la siguiente manera:

- *Paso 9.* Calcular la varianza relativa del numerador, \hat{Y} , dividiendo el resultado del paso 7 por el cuadrado de la estimación del numerador.
- *Paso 10.* Repetir el paso 9 para obtener la varianza relativa del denominador, \hat{X} .
- *Paso 11.* Restar el resultado del paso 10 al del paso 9.
- *Paso 12.* Multiplicar el resultado del paso 11 entre el cuadrado del coeficiente estimado, \hat{R} . Ésta será la varianza estimada de \hat{R} .
- *Paso 13.* Calcular la raíz cuadrada del resultado del paso 12 para obtener el error de muestreo estimado para \hat{R} .

Ejemplo 4

Para ilustrar el método del conglomerado último de estimación de la varianza supongamos que nos interesa estimar el gasto semanal total en alimentos de los hogares de la ciudad A. Planteamos una encuesta con un diseño estratificado y conglomerado en tres etapas, con dos UPM de cada estrato y dos hogares de cada UPM incluida en la muestra. A continuación se registrará el gasto semanal en alimentos de todos los hogares incluidos en la muestra de la encuesta. En el cuadro 7.7 se presentan los datos obtenidos de dicha encuesta, incluidas las ponderaciones (W_{hij}) y el gasto semanal en alimentos de cada hogar de la muestra expresado en dólares (Y_{hij}).

7.7.3. Aproximaciones por linealización

65. La mayoría de las estimaciones de interés en las encuestas de hogares no son lineales. Algunos ejemplos de ellas son el promedio del índice de masa corporal de los niños en edad escolar de un país, la proporción de ingresos destinada a costos de vivienda en una determinada ciudad, el coeficiente entre las probabilidades de un subconjunto de población y las probabilidades de otro de poseer una característica, etcétera. En el método de linealización estas estimaciones no lineales se “linealizan” mediante una expansión en serie de Taylor. Esto conlleva expresar la estimación en función de una expansión en serie de Taylor y posteriormente aproximar la varianza de la estimación mediante la varianza de primer orden o parte lineal de dicha expansión aplicando los métodos exactos descritos en apartados anteriores.

66. Supongamos que queremos estimar la varianza de una estimación z de un parámetro Z y supongamos que z es una función no lineal de las estimaciones simples y_1, y_2, \dots, y_m de los parámetros Y_1, Y_2, \dots, Y_m , es decir:

$$z = f(y_1, y_2, \dots, y_m). \quad (7.24)$$

Asumiendo que z se aproxima a Z , la expansión en serie de Taylor de z a términos de primer grado de $z-Z$ equivale a:

$$z = Z + \sum_{i=1}^m d_i (y_i - Y_i) \quad (7.25)$$

donde d_i 's son las derivadas parciales de z respecto a y_i , es decir,

$$d_i = \frac{\partial z}{\partial y_i},$$

que es una función de la estimación básica y_i . Esto significa que la varianza de z puede aproximarse mediante la varianza de la función lineal de la ecuación anterior (7.24), que sabemos calcular utilizando los métodos exactos descritos en apartados anteriores:

$$v(z) = v\left(\sum d_i y_i\right) = \sum_{i=1}^m d_i^2 v(y_i) + \sum_{i \neq j} d_i d_j \text{cov}(y_i, y_j). \quad (7.26)$$

67. La ecuación (7.26) incluye una matriz $(m \times m)$ de covarianza de m estimaciones básicas y_1, y_2, \dots, y_m , con m términos de varianza y $m(m-1)/2$ términos idénticos de covarianza, que puede evaluarse a partir de los métodos exactos para estadísticos lineales descritos en anteriores apartados.

Ejemplo 5 (varianza de un coeficiente)

Para ilustrar el método de linealización, consideraremos la estimación de la varianza para el coeficiente:

$$z = r = \frac{y}{x}. \quad (7.27)$$

Obsérvese que en este caso, $\frac{\partial r}{\partial y} = \frac{1}{x}$ y $\frac{\partial r}{\partial x} = -\frac{y}{x^2} = -\frac{r}{x}$. Por tanto,

$$v(r) = \frac{1}{x^2} \{v(y) + r^2 v(x) - 2r \text{cov}(y, x)\}, \quad (7.28)$$

que es la expresión habitual para la varianza de un coeficiente que aparece en la mayor parte de los textos sobre muestreo.

68. La linealización es ampliamente utilizada en la práctica porque puede aplicarse a casi todos los diseños muestrales y a cualquier estadística que pueda linealizarse o, lo que es lo mismo, expresarse como una función lineal de las estadísticas comunes como medias o totales, cuyos coeficientes se extraen de derivadas parciales necesarias para la expansión en serie de Taylor. Una vez linealizada, la varianza de la estimación no lineal puede aproximarse mediante los métodos exactos descritos anteriormente (véanse Cochran, 1997, y Lohr, 1999, para consultar información técnica detallada sobre el proceso de linealización ilustrada con ejemplos).

7.7.3.1. Ventajas de la linealización

69. Dado que el método de linealización para la estimación de la varianza lleva mucho tiempo en uso, su base teórica está muy estudiada y resulta aplicable a una clase más amplia de diseños muestrales que los métodos de replicación descritos en el apartado 7.7.4. Si se conocen las derivadas parciales, y el tamaño de los términos cuadráticos y de orden superior de la expansión en la serie de Taylor es insignificante, la linealización proporciona una estimación aproximada de la varianza para casi todos los estimadores lineales de interés, como los coeficientes y los coeficientes de regresión.

7.7.3.2. Limitaciones de la linealización

70. La linealización sólo funciona bien si las suposiciones anteriores sobre las derivadas parciales y los términos de orden superior son correctos. De lo contrario, pueden generarse graves sesgos en las estimaciones. Asimismo, el método suele ser difícil de aplicar a funciones complejas que contienen ponderaciones. Debe desarrollarse una fórmula distinta para cada tipo de estimador, y ello puede requerir una programación especial. El método no puede aplicarse a estadísticas —como medianas y percentiles— que no sean funciones suaves de totales o medias de la población.

71. Asimismo, con el método de linealización resulta difícil aplicar ajustes por falta de respuesta y de cobertura, lo cual depende del diseño de la muestra, la estimación de interés y los procedimientos de ponderación. El método exige también que la información relativa al diseño de la muestra (estratos, UPM, ponderaciones) se incluya en el archivo de datos.

7.7.4. Técnicas de replicación

72. El método de replicación comprende una clase de métodos que consisten en tomar repetidas submuestras, o *réplicas*, de los datos, recalcular la estimación ponderada en cada réplica y en la muestra completa y luego calcular la varianza como una función de las desviaciones de estas estimaciones replicadas de la estimación de la muestra total. El método puede resumirse en los siguientes pasos:

- *Paso 1.* Eliminar submuestras diferentes de la muestra completa para formar muestras replicadas.
- *Paso 2.* Crear réplicas de las ponderaciones mediante la repetición del proceso de estimación en cada muestra replicada.

- *Paso 3.* Crear una estimación a partir de la muestra completa y de cada conjunto de ponderaciones replicadas.
- *Paso 4.* Calcular la varianza de la estimación a partir de las desviaciones cuadráticas de las estimaciones replicadas de estimación de la muestra completa.

73. Por ejemplo, supongamos que se crean k réplicas a partir de una muestra, cada una con estimaciones $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots \dots \hat{\theta}_k$ de un parámetro $\hat{\theta}$, y supongamos que la estimación basada en la muestra completa es $\hat{\theta}_0$. La estimación de la varianza basada en la replicación viene dada por:

$$\text{var}(\hat{\theta}) = \frac{1}{c} \sum_{r=1}^k (\hat{\theta}_r - \hat{\theta}_0)^2, \quad (7.29)$$

donde c es una constante que depende del método de estimación. Los métodos de replicación difieren en función del valor de la constante y de la manera en que se forman las réplicas (véase el apartado 7.7.5, donde se ofrece una breve revisión de las técnicas de replicación más utilizadas).

7.7.4.1. Estructura del archivo de datos

74. La estructura del archivo de datos es siempre, con independencia de la técnica de replicación empleada, la que se muestra en el cuadro 7.9.

7.7.4.2. Ventajas del método de replicación

75. La principal ventaja del método de replicación respecto al de linealización es que el método de estimación básico empleado es el mismo, sea cual sea la estadística estimada (porque la estimación de la varianza es una función de la muestra, no de la estimación), mientras que en el caso de la linealización debe desarrollarse analíticamente una aproximación para cada estadística, lo cual puede convertirse en una laboriosa tarea en las grandes encuestas de hogares con un elevado número de características de interés. El uso de las técnicas de replicación resulta práctico también y es aplicable a casi todas las estadísticas, lineales y no lineales. Con la replicación pueden calcularse fácilmente estimaciones para subpoblaciones y reflejar otros ajustes en las ponderaciones replicadas.

Cuadro 7.9

Estructura del archivo de datos para los métodos de replicación

Registro	Datos	Ponderación de la muestra completa	Ponderaciones replicadas				
			1	2	3	...	k
1	Datos 1	w_1	w_{11}	0	w_{13}	...	w_{1k}
2	Datos 2	w_2	0	w_{22}	w_{23}	...	w_{2k}
3	Datos 3	w_3	w_{31}	w_{32}	0	...	w_{3k}
...
...
...
N	Datos n	w_n	w_{n1}	w_{n2}	w_{n3}	...	0

Nota: Los puntos indican series.

7.7.4.3. Limitaciones del método de replicación

76. Las técnicas de replicación exigen un uso intensivo de los ordenadores, principalmente porque requieren el cálculo de un conjunto de ponderaciones replicadas, que son las ponderaciones de análisis, que deben recalcularse en cada una de las réplicas seleccionadas de forma que cada réplica represente debidamente la misma población que la muestra completa. Asimismo, la formación de las réplicas puede complicarse a causa de restricciones del diseño de la muestra (véase a continuación el apartado 7.7.5), lo que en ocasiones puede llevar a la sobrestimación de los errores de muestreo.

77. Concluiremos esta comparación general entre los métodos de linealización y replicación para estimar el error de muestreo señalando que estos dos métodos no generan estimaciones idénticas del error de muestreo. No obstante, hay investigaciones empíricas (véase Kish y Frankel, 1974) que han demostrado que las diferencias entre los resultados de uno y otro método no son significativas cuando se trata de grandes muestras y numerosas estadísticas.

7.7.5. Algunas técnicas de replicación

78. Las técnicas de replicación más utilizadas son:

- a) Los grupos aleatorios;
- b) La replicación repetida equilibrada;
- c) La replicación *jackknife* (JK1, JK2, y JK_n);
- d) El *bootstrap*.

7.7.5.1. Grupos aleatorios

79. La técnica de los grupos aleatorios consiste en dividir la muestra completa en k grupos pero manteniendo el diseño de la encuesta, es decir, que cada grupo constituya una versión en miniatura de la encuesta y refleje el diseño de la muestra. Por ejemplo, si la muestra completa es una MAS de tamaño n , entonces los grupos aleatorios pueden formarse repartiendo de forma aleatoria las n observaciones en k grupos de tamaño n/k cada uno. Si se trata de una muestra por conglomerados las UPM se dividen aleatoriamente entre los k grupos asegurándose de que cada UPM conserve todas sus observaciones, y así el grupo aleatorio continúa siendo una muestra conglomerada. Si la muestra es estratificada y en varias etapas, entonces los grupos aleatorios pueden formarse seleccionando una muestra de UPM de cada estrato. Obsérvese que el número total de grupos aleatorios que se formará en este caso no puede superar el número de UPM muestreadas del estrato más pequeño.

80. El método de los grupos aleatorios puede usarse con facilidad para estimar errores de muestreo en estadísticas lineales (como medias y totales y funciones suaves de las mismas) y no lineales (como son los coeficientes y los percentiles). Para estimar el error de muestreo, que es simplemente la desviación estándar de la muestra completa de las estimaciones basadas en los grupos aleatorios formados, no se requiere programa informático especial. No obstante, la creación de los grupos aleatorios puede entrañar dificultad en los diseños muestrales complejos, porque cada grupo debe mantener la misma estructura del diseño que presenta la encuesta completa. Además, el número de grupos aleatorios puede verse limitado por el propio diseño de la encuesta. Por ejemplo, en un diseño con UPM por estrato sólo pueden formarse dos grupos aleatorios, y en general un número reducido de grupos aleatorios conduce a unas estimaciones imprecisas del error de muestreo. Como norma, 10 es el número mínimo de grupos aleatorios para obtener una estimación estable del error de muestreo.

7.7.5.2. Replicación repetida y equilibrada

81. La replicación repetida y equilibrada (BRR) parte de la base de un diseño con dos UPM por estrato. Para crear una réplica hay que dividir cada estrato en dos UPM y seleccionar una de ellas, según un patrón preestablecido que represente a todo el estrato. La técnica puede adaptarse a otros diseños agrupando las UPM en pseudoestratos de dos UPM.

7.7.5.3. Jackknife

82. Al igual que en la BRR, el *jackknife* es una generalización del método de los grupos aleatorios que permite que los grupos replicados se superpongan. Existen tres tipos de *jackknife*: las técnicas JK1, JK2 y JK_n.

83. El JK1 es el más usado en los diseños de MAS, y consiste en eliminar una unidad. Sin embargo, puede emplearse en otros diseños si las unidades muestreadas están agrupadas en subconjuntos aleatorios y todos ellos guardan similitud con la muestra completa.

84. El JK2 es similar a la BRR en el sentido de que parte del supuesto de un diseño con dos UPM por estrato. En el caso de UPM autorrepresentadas, pueden crearse parejas de unidades secundarias de muestreo (USM). Como en el caso de la BRR, el JK2 puede adaptarse a otros diseños mediante la agrupación de UPM en pseudoestratos de dos UPM cada uno. Luego se suprime de forma aleatoria una UPM de cada estrato a fin de formar las réplicas.

85. El JK_n es el *jackknife* más usado en los diseños estratificados, y consiste en eliminar una unidad. Para crear las réplicas se van suprimiendo UPM sucesivamente de cada estrato. Las UPM restantes del estrato vuelven a ponderarse para estimar el total del estrato. El número de réplicas es igual al número de UPM (pseudo-UPM).

7.7.5.4. Bootstrap

86. La técnica de *bootstrap* comienza con la selección de la muestra completa que refleja las características importantes de toda la población. Posteriormente, la muestra completa es tratada como si fuera toda la población, y se extraen submuestras de ella. Como en el caso anterior, la estimación del error de muestreo se obtiene calculando la desviación estándar de las estimaciones basadas en las submuestras de la basada en la muestra completa.

87. El método de *bootstrap* resulta eficaz para diseños muestrales generales y funciones no suaves como los percentiles. Sin embargo, requiere más cálculos que las otras técnicas de replicación.

88. El cuadro 7.10 muestra el valor de la constante c en la fórmula de la varianza (ecuación 7.28) en cada uno de los distintos métodos de replicación.

Cuadro 7.10

Valores del factor constante en la fórmula de la varianza para distintas técnicas de replicación

Técnica de replicación	Valor de la constante c en la ecuación (7.28)
Grupo aleatorio	$k(k-1)$
BRR	k
JK1	1
JK2	2
JK _n	$k/(k-1)$
Bootstrap	$k-1$

Ejemplo 6 (Método *Jackknife* para estimar la varianza)

Supongamos que tenemos una muestra con un tamaño de 3. Podemos crear 3 submuestras con un tamaño de 2, suprimiendo una unidad de la muestra completa. El cuadro 7.11 muestra los valores de una variable (Y). X significa las unidades de la muestra incluidas en la submuestra.

Cuadro 7.11

Aplicación del método *jackknife* de estimación de varianzas a una pequeña muestra y sus submuestras

Unidad muestral	Variable (Y)	Submuestra (g)		
	Y	1	2	3
1	5	X	X	
2	7	X		X
3	9		X	X
Total de muestras	21			
Media muestral	7	6	7	8

Varianza de la muestra: $s^2 = \frac{(5-7)^2 + (7-7)^2 + (9-7)^2}{3-1} = 4.$

Estimación de la varianza de la media de la muestra (ignorando el *cpf*): $\frac{s^2}{n} = \frac{4}{3}.$

Media de las medias de la submuestra: $\frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3}{3} = \frac{6+7+8}{3} = 7.$

La estimación de la varianza de la media de la muestra por el método *jackknife* viene dada por

$$V_j(\bar{y}) = \frac{n-1}{n} \sum_{g=1}^3 (\bar{y}_g - \bar{y})^2 = \frac{3-1}{3} [(6-7)^2 + (7-7)^2 + (8-7)^2] = \frac{4}{3},$$

que es exactamente la misma que la varianza estimada de la media de la muestra calculada antes.

Ejemplo 7 (formación de réplicas)

El cuadro 7.12 usa los datos del ejemplo 4 (apartado 7.7.2) para ilustrar la formación de muestras replicadas en los distintos métodos de replicación y el cálculo de varianzas mediante *jackknife*.

Media estimada basada en la muestra completa = $\hat{Y}_0 = \frac{\sum_{b=1}^3 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 W_{bij} Y_{bij}}{\sum_{b=1}^3 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 W_{bij}} = \frac{474}{42} = 11.$

Cuadro 7.12

Muestra completa: gasto por estratos

Estrato	UPM	Hogar	Ponderación (W_{nij})	Gasto (Y_{nij})	$W_{nij} * Y_{nij}$
1	1	1	1	30	30
1	1	2	1	28	28
1	2	1	3	12	36
1	2	2	3	15	45
2	1	1	5	6	30
2	1	2	5	7	35
2	2	1	2	16	32
2	2	2	2	18	36
3	1	1	6	7	42
3	1	2	6	8	48
3	2	1	4	13	52
3	2	2	4	15	60
Total			42		474

Cuadro 7.13

Método *jackknife* (eliminación de la UPM 2 del estrato 1)

Estrato	UPM	Hogar	Ponderación (W_{hij})	Gasto (Y_{hij})	$W_{hij} * Y_{hij}$
1	1	1	1	30	30
1	1	2	1	28	28
2	1	1	5	6	30
2	1	2	5	7	35
2	2	1	2	16	32
2	2	2	2	18	36
3	1	1	6	7	42
3	1	2	6	8	48
3	2	1	4	13	52
3	2	2	4	15	60
Total			36		393

Media estimada basada en la muestra replicada anterior = $\hat{Y}_1 = \frac{393}{36} = 11$.

Podemos continuar este proceso eliminando cada vez una UPM de cada estrato. De este modo pueden formarse seis muestras replicadas. El cuadro 7.14 muestra las estimaciones de la media de ingresos semanales de los hogares basadas en cada una de las seis muestras replicadas.

Cuadro 7.14

Estimaciones basadas en réplicas

Réplica j	UPM suprimida	Estimación \hat{Y}_j	$\hat{Y}_j - \hat{Y}_0$	$(\hat{Y}_j - \hat{Y}_0)^2$
1	UPM 2, estrato 1	11	0	0
2	UPM 1, estrato 1	10	-1	1
3	UPM 2, estrato 2	10	-1	1
4	UPM 1, estrato 2	12	1	1
5	UPM 2, estrato 3	12	1	1
6	UPM 1, estrato 3	13	2	4
Total				8

La estimación de la varianza de la media estimada por el método *jackknife* viene dada por:

$$\text{var}_{JK}(\hat{Y}) = \sum_{h=1}^H \left\{ \frac{n_h - 1}{n_h} \sum_{j=1}^{n_h} (\hat{Y}_j - \hat{Y}_0)^2 \right\} = \frac{1}{2} \times 8 = 4.$$

(Téngase en cuenta que en este ejemplo, $H=3$ y $n_h=2$ en todos los h .)

89. Concluiremos este apartado ofreciendo otro ejemplo de la formación de muestras replicadas aplicando el método de replicación repetida y equilibrada. Los resultados expuestos en el cuadro 7.15 responden al patrón de eliminación de unidades primarias de muestreo (UPM), como se describe en el título del cuadro.

Media estimada basada en la muestra anterior por BBR = $\hat{Y}_{1,BRR} = \frac{216}{18} = 12$.

Cuadro 7.15

Método de replicación repetida y equilibrada
(Eliminando la UPM 2 de los estratos 1 y 3 y la UPM 1 del estrato 2)

Estrato	UPM	Hogar	Ponderación (W_{hij})	Gasto (Y_{hij})	$W_{hij} * Y_{hij}$
1	1	1	1	30	30
1	1	2	1	28	28
2	2	1	2	16	32
2	2	2	2	18	36
3	1	1	6	7	42
3	1	2	6	8	48
Total			18		216

7.8. Inconvenientes en el uso de conjuntos de programas informáticos estándar de estadística para el análisis de datos de encuestas de hogares

90. Para un análisis adecuado de los datos de las encuestas de hogares es preciso que los errores de muestreo de las estimaciones se calculen teniendo en cuenta la complejidad del diseño con el que se han generado los datos. Entre las complejidades del diseño figuran la estratificación, la conglomeración, el muestreo con probabilidad desigual, la falta de respuesta y otros ajustes de las ponderaciones de la muestra (véase el capítulo 6 para una exposición detallada sobre el desarrollo y ajuste de ponderaciones). Los conjuntos de programas informáticos estándar de estadística no tienen en cuenta estas complejidades porque trabajan sobre la base de que los elementos se han seleccionado mediante muestreo aleatorio simple. Tal como se demostró en el capítulo 6, las estimaciones por puntos de los parámetros de la población se ven influidas por las ponderaciones de la muestra asociadas a cada observación. Estas ponderaciones dependen de las probabilidades de selección y otras características del diseño muestral tales como la estratificación y la conglomeración. Al ignorar las ponderaciones de la muestra, los programas estándar generan estimaciones por puntos sesgadas. Si se lleva a cabo un análisis ponderado con estos programas, el sesgo de las estimaciones por puntos se reduce, pero incluso en estos casos suelen subestimarse los errores de muestreo de las estimaciones por puntos porque el procedimiento de estimación de la varianza no suele tener en cuenta otras características del diseño como la estratificación o la conglomeración. Esto significa que las conclusiones extraídas de esos análisis llevarían a engaño. Así, por ejemplo, podría entenderse que las diferencias entre grupos son significativas cuando en realidad no lo son, o descartar hipótesis por error. Extraer conclusiones incorrectas al analizar los datos de los hogares podría influir en gran medida a la hora de asignar recursos y formular políticas a escala nacional y regional.

91. En esta ocasión aplicaremos un ejemplo de Brogan (2004) para ilustrar el hecho de que el programa informático estándar de estadística puede obtener estimaciones por puntos sesgadas, errores estándar e intervalos de confianza incorrectos, e interpretaciones engañosas de los datos. El ejemplo está basado en un conjunto de datos de una encuesta sobre la cobertura de vacunación contra el toxoide tetánico (TT) llevada a cabo en Burundi en 1989. Uno de los objetivos de la encuesta consistía en comparar la seropositividad (definida como una concentración de la antitoxina del tétanos de al menos 0,01 unidades internacionales/mililitro (UI/ml)) con la historia de las vacunas contra el toxoide tetánico. Para ampliar la información sobre esta metodología y los resultados publicados véase

Brogan (2004) y la bibliografía citada en él. El cuadro 7.16, abajo, muestra el porcentaje de mujeres que eran seropositivas y el error estándar e intervalo de confianza asociados.

92. Obsérvese que las estimaciones por puntos son las mismas para todos los programas que usan ponderaciones, pero existe una clara diferencia entre estimaciones ponderadas y no ponderadas. Además, los errores estándar que resultan al emplear el programa informático adecuado son casi el doble que los que resultan empleando conjuntos de programas informáticos que presuponen el uso del muestreo aleatorio simple. En otras palabras, los conjuntos de programas informáticos estándar subestiman gravemente las varianzas de las estimaciones de la encuesta, lo cual podría tener importantes consecuencias para la formulación de políticas. Por ejemplo, si estuviera planificándose alguna intervención basada en una proporción de seropositividad del 65% o inferior, la intervención se llevaría a cabo si el análisis se basara en los resultados arrojados por los conjuntos de programas informáticos especializados, pero no si se basara en los resultados de los conjuntos de programas informáticos estándar. El cuadro 7.16 indica que los conjuntos de programas informáticos que estiman correctamente las varianzas de las estimaciones de la encuesta dan resultados prácticamente iguales. En el siguiente apartado se ofrece una breve descripción general de algunos de los conjuntos de programas informáticos de uso público que se emplean en el análisis de los datos de las encuestas de hogares.

7.9. Programas informáticos para la estimación del error de muestreo

93. Los métodos de estimación del error de muestreo mostrados en el cuadro 7.16 llevan utilizándose mucho tiempo en los países desarrollados, y se aplican principalmente mediante algoritmos computacionales desarrollados y adaptados por los organismos gubernamentales de estadística, instituciones académicas y organizaciones privadas de encuestas. Los recientes avances de la tecnología informática han permitido el desarrollo de varios conjuntos de programas informáticos para la aplicación de estas técnicas, y ya muchos de ellos pueden utilizarse en ordenadores personales. El empleo de conjuntos de programas informáticos constituye uno de los métodos generales para la estimación de la varianza abordados en el apartado 7.7. Con la mayoría de estos conjuntos de programas informáticos pueden obtenerse las estimaciones de uso más común, como medias, coeficientes, proporciones, y coeficientes de regresión lineales. Algunos conjuntos incluyen también aproximaciones para una amplia gama de estimadores, tales como los coeficientes de regresión logísticos.

Cuadro 7.16

Uso de varios conjuntos de programas informáticos para estimar las varianzas de las estimaciones de las encuestas en la proporción de mujeres seropositivas entre las mujeres que han dado a luz recientemente, Burundi, 1988-1989

Conjunto de programas informáticos	Porcentaje de seropositivas	Error estándar	Intervalo de confianza del 95%
SAS 8.2 media sin ponderación	74,9	2,1	(70,8, 79,0)
SAS 8.2 media con ponderación	67,2	2,3	(62,7, 71,7)
SAS 8.2 media de encuestas	67,2	4,3	(58,8, 75,6)
SUDAAN 8.0	67,2	4,3	(58,8, 75,6)
STATA 7.0	67,2	4,3	(58,8, 75,6)
EPI INFO 6.04d	67,2	4,3	(58,8, 75,6)
WESVAR 4.1	67,2	4,3	(58,8, 75,6)

94. En este apartado presentamos un breve panorama general de los programas informáticos libres para la estimación de errores de muestreo en datos de encuestas de hogares. Hay que señalar que en esta lista no figuran todos los programas y conjuntos de programas disponibles, sino sólo algunos de los conjuntos de programas informáticos de estadística que actualmente puede utilizar cualquier analista de datos de encuesta en un ordenador personal. Los conjuntos de programas se comentarán brevemente, especificando los diseños muestrales y los métodos de estimación de la varianza que pueden aplicarse. Asimismo, se indicarán las ventajas y desventajas de cada programa. La pretensión no es dar detalles sobre los procedimientos técnicos y de programación de los programas, porque esa información puede encontrarse en los sitios web de los programas y en algunas de las referencias bibliográficas citadas al final de este capítulo.

95. Los seis grupos de programas que trataremos aquí son: CENVAR, EPI INFO, PC CARP, STATA, SUDAAN y WESVAR. Los grupos SUDAAN (Shah, Barnwell y Bieler, 1998), STATA (StataCorp, 1996), PC CARP (Fuller y otros, 1989) y CENVAR utilizan el método de linealización para estimar los errores de muestreo de las estadísticas no lineales. WESVAR emplea únicamente métodos de replicación. Las últimas versiones de SUDAAN permiten aplicar también las técnicas de BRR y *jackknife*. Asimismo, SAS y SPSS (que no se estudian aquí) han desarrollado unos módulos nuevos para el análisis de datos de encuestas. Los programas basados en la replicación ofrecen varios de los métodos básicos salvo *bootstrap*. A continuación exponemos brevemente las características generales de estos conjuntos de programas informáticos. Una comparación a fondo requeriría hacerlo entre encuestas de diferentes tamaños y muchas más estadísticas que quedan fuera del alcance de nuestro somero análisis.

96. Los enlaces de Internet a los diversos conjuntos de programas informáticos de estadística comentados aquí y a muchos otros pueden encontrarse www.fas.harvard.edu/~stats/survey-soft/survey-soft.html.

97. Brogan (2004) hace una comparación detallada de varios conjuntos de programas informáticos de estadística, incluidos los examinados aquí, basándose en los datos de la encuesta de hogares de Burundi antes citada.

98. A continuación ofrecemos un breve análisis de cada conjunto de programas informáticos. Los lectores interesados pueden obtener más detalles a través de los manuales actuales o los sitios web que se indican a continuación.

CENVAR

Oficina del Censo de Estados Unidos; contactar con International Programs Center

United States Bureau of the Census

Washington, D.C. 20233-8860

E-mail: IMPS@census.gov

Website: www.census.gov/ipc/www/imps

99. CENVAR es un componente de un sistema de programas informáticos de estadística que diseñó la Oficina del Censo de los Estados Unidos para el procesamiento, la gestión y el análisis de datos de encuestas complejas por el Sistema integrado para el procesamiento mediante microcomputadoras (Integrated Microcomputer Processing System, IMPS). CENVAR puede aplicarse a la mayor parte de los diseños muestrales, entre los que figuran el muestreo aleatorio simple, el muestreo aleatorio estratificado y el muestreo por conglomerados en varias etapas, y para estimar las varianzas emplea la aproximación por linealización.

100. Las estimaciones generadas mediante CENVAR incluyen medias, proporciones y totales de la muestra total y subclases específicas en una presentación tabular. Además del error de muestreo, el programa proporciona los límites del intervalo de confianza del 95%, coeficientes de variación, efectos del diseño y tamaños de la muestra no ponderados.

EPI INFO

Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC)

Epidemiology Program Office, Mailstop C08

Centers for Disease Control and Prevention

Atlanta, GA 30333

E-mail: EpiInfo@cdc1.cdc.gov

Website: <http://www.cdc.gov/epiinfo/>

101. EPI INFO es un sistema de programas informáticos de estadística diseñado por los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos para el procesamiento, la gestión y el análisis de datos epidemiológicos, incluidos los de encuestas complejas (componente CSAMPLE). La documentación relativa se encuentra disponible en línea en el programa y puede imprimirse por capítulos. El conjunto se ha diseñado específicamente para el muestreo estratificado y conglomerado en varias etapas mediante el modelo de muestreo del conglomerado último.

102. EPI INFO genera estimaciones del error de muestreo en medias y proporciones para la muestra total y para subclases especificadas en una presentación doble. La salida de datos impresos incluye frecuencias no ponderadas, proporciones o medias ponderadas, errores estándar, límites del intervalo de confianza del 95% y efectos del diseño.

PC CARP

Iowa State University

Statistical Laboratory

219 Snedecor Hall, Ames, IA 50011

Website: <http://cssm.iastate.edu/software/pccarp.html>

103. PC CARP es un conjunto de programas informáticos de estadística creado por la Universidad del Estado de Iowa para la estimación de errores estándar en medias, proporciones, cuantiles, coeficientes, diferencias de coeficientes y análisis de cuadros de contingencia dobles. El programa ha sido diseñado para el tratamiento de muestras estratificadas y conglomeradas en varias etapas. PC CARP aplica el método de linealización para la estimación de varianzas.

STATA

Stata Corporation

702 University Drive East

College Station, TX 77840

E-mail: stata@stata.com

Website: <http://www.stata.com>

104. STATA es un conjunto de análisis estadístico que se ha diseñado pensando en la estimación de errores de muestreo en medias, totales, coeficientes, proporciones, regresión lineal y procedimientos de análisis probit. Sus prestaciones incluyen, entre otras, la estimación de combinaciones lineales de parámetros y ensayos de hipótesis y de cuantiles, análisis de cuadros de contingencia, compensación de datos omitidos y otros análisis. STATA aplica el método de linealización para la estimación de varianzas.

SUDAAN

Research Triangle Institute
Statistical Software Center
3040 Cornwallis Road
Research Triangle Park, NC 27709-2194
E-mail: SUDAAN@rti.org
Website: <http://www.rti.org/patents/sudaan.html>

105. SUDAAN es un conjunto de programas informáticos estadísticos para el análisis de datos correlacionados, incluidos los datos de encuestas complejas. Puede aplicarse a una amplia variedad de diseños, entre ellos el muestreo aleatorio simple y los diseños estratificados en varias etapas. Proporciona prestaciones para la estimación de una serie de estadísticas y sus errores de muestreo, entre las que se incluyen medias, proporciones, coeficientes, cuantiles, tabulaciones cruzadas y coeficientes de probabilidades; modelos de regresión de riesgos proporcionales y logísticos; y análisis de cuadros de contingencia. El programa emplea el método de linealización para la estimación de varianzas.

WESVAR

Westat, Inc.
1650 Research Blvd.
Rockville, MD 20850-3129
E-mail: WESVAR@westat.com
Website: <http://www.westat.com/wesvar/>

106. WESVAR es un sistema de programas informáticos estadísticos diseñado por Westat, Inc. para el análisis de datos complejos de encuestas que incluye el análisis de cuadros de contingencia, la regresión y la regresión logística. Puede aplicarse a la mayoría de los diseños pero ha sido específicamente diseñado para muestras estratificadas y conglomeradas en varias etapas basadas en el modelo de muestreo del conglomerado último.

107. WESVAR emplea técnicas de replicación para la estimación de varianzas como el método *jackknife*, el método de media muestra equilibrada y su variante de Fay. Requiere la creación de una versión del conjunto de datos en un formato especial del programa y la especificación de las ponderaciones de las réplicas.

7.10. Comparación general de los conjuntos de programas informáticos

108. Los conjuntos de programas informáticos que presentamos aquí poseen muchas características comunes. Todos requieren la especificación de ponderaciones, estratos y unidades de muestreo para cada elemento de la muestra, pero no todos son capaces de gestionar cualquier diseño posible sin introducir sesgos. Por ejemplo, las unidades primarias de la muestra, en la mayoría de los diseños estratificados en varias etapas, se seleccionan con probabilidad proporcional al tamaño y sin sustitución. Sólo SUDAAN posee las características necesarias para gestionar este tipo de diseño en concreto, aunque todos los programas citados podrían gestionar esa clase de diseño mediante el modelo de selección del conglomerado último (véase el apartado 7.7). Además, SUDAAN dispone también de prestaciones diseñadas para estimar las varianzas en diseños en los que se aplica la selección de unidades primarias de muestreo sin sustitución. STATA es el único grupo de programas cuyas características de estimación tienen en cuenta la estratificación y las diversas etapas de selección aplicadas en el diseño.

109. Todos los conjuntos de programas estiman las varianzas de muestreo y estadísticas asociadas (efectos del diseño, correlación intraclase, etcétera) para las medias, totales y proporciones de la muestra total, para subclases de la muestra total y para las diferencias entre dichas subclases. La mayoría de ellos estiman además las varianzas de muestreo para la regresión y las estadísticas de regresión logística. Y todos ellos estiman estadísticas de prueba basadas en las varianzas de muestreo que generan.

110. CENVAR, EPI INFO, PC CARP y WESVAR pueden adquirirse gratis o bien por un precio simbólico. Se recomienda que los usuarios interesados que deseen información sobre cómo obtener el programa informático y la documentación relativa al mismo vayan a las direcciones de correo electrónico o escriban a la dirección del respectivo programa.

7.11. Observaciones finales

111. En el capítulo se ha presentado un panorama general de los procedimientos empleados para calcular los errores de muestreo de las estimaciones basadas tanto en diseños estándar como en otros más complejos empleados en las encuestas de hogares. El cálculo de los errores de muestreo constituye un aspecto de vital importancia para el análisis y la difusión de los resultados obtenidos mediante encuestas de hogares. Siempre que sea posible, los errores de muestreo deberían calcularse para todas las características incluidas en el conjunto de tabulaciones de la encuesta. En la práctica, sin embargo, suele escogerse una serie de características clave para calcular los errores de muestreo en cada campo. Las características elegidas deberían ser las que tengan una importancia sustancial para la encuesta y que al mismo tiempo constituyan una selección representativa de cómo determinadas propiedades estadísticas (concretamente las que se crean fuertemente conglomeradas, como las variables que indican la etnicidad o el acceso a servicios) y aquellas cuyos efectos de conglomeración se consideren bajos (como el estado civil). La elección debería realizarse teniendo en cuenta además características como las que afectan a una proporción elevada o reducida de la población o a campos importantes de interés.

112. En el capítulo se recomienda el uso de programas informáticos específicos para la estimación de los errores de muestreo en los datos de encuestas. Se han proporcionado ejemplos de situaciones en las que el uso de conjuntos de programas informáticos estándar conduce a cometer graves errores en la estimación de los errores de muestreo. En general, el uso de conjuntos de programas informáticos estándar para el análisis de datos de encuestas de hogares equivale a una subestimación en la variabilidad de las estimaciones. Al obtener estimaciones inferiores existe el riesgo de extraer conclusiones engañosas respecto a los resultados de la encuesta al evaluar; por ejemplo determinando erróneamente diferencias significativas entre las medias de dos grupos o incurriendo en equivocación al descartar una hipótesis.

113. Se ha ofrecido también un catálogo de conjuntos de programas informáticos estadísticos libres con información básica de contacto y una breve exposición de su aplicación. La falta de conocimientos o competencia relativos a la estimación de errores de muestreo es uno de los obstáculos que dificultan la realización de análisis muy elaborados de datos en los países en desarrollo. Son muchos los analistas que no son conscientes de la necesidad de utilizar programas informáticos especializados o que si lo son se resisten a recibir capacitación en nuevos programas informáticos.

114. Hay que destacar que este capítulo sólo ha pretendido ser una introducción al vasto y creciente campo de la estimación de varianzas en los datos de encuestas complejas. Animamos al lector inte-

resado en un estudio más detallado y sistemático de la materia a consultar algunas de las referencias bibliográficas citadas a continuación. Para un tratamiento más amplio de los programas informáticos, incluidos códigos de programación y resultados de los programas informáticos disponibles, véase Brogan (2004) y las referencias bibliográficas citadas en él.

115. Debido al rápido avances de la tecnología muchos conjuntos de programas informáticos se quedan pronto obsoletos o introducen mejoras que superan las prestaciones expuestas en este análisis. De hecho, es posible que algunas de las especificaciones hayan sido sobrepasadas para cuando se publique este manual. Por eso es importante recordar que al usar los conjuntos de programas informáticos debe acudir a los sitios web correspondientes para obtener información actualizada o consultar las ediciones recientes de los manuales.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- An, A. y D. Watts (2001). "New SAS procedures for analysis of sample survey data". *SUGI Paper*, No. 23. Cary, Carolina del Norte: SAS Institute, Inc. Disponible en <http://support.sas.com/rnd/app/papers/survey.pdf>.
- Binder D. A. (1983). "On the variances of asymptotically normal estimators from complex surveys". *International Statistical Review*, vol. 51, págs. 279-292.
- Brick, J. M. *et al.* (1996). *A User's Guide to WesVarPC*. Rockville, Maryland: Westat, Inc.
- Brogan, Donna (2005). "Estimación de errores muestrales en los datos de encuestas". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudio de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.
- Burt, V. L. y S. B. Cohen (1984). "A comparison of alternative variance estimation strategies for complex survey data". *Proceedings of the American Statistical Association*. Survey Research Methods Section.
- Carlson, B. L., A. E. Johnson y S. B. Cohen (1993). "An Evaluation of the Use of Personal Computers for Variance Estimation with Complex Survey Data". *Journal of Official Statistics*, 9, No. 4, págs. 795-814.
- Dippo, C. S., R. E. Fay y D. H. Morganstein (1984). "Computing variances from complex samples with replicate weights". *Proceedings of the American Statistical Association*. Survey Research Methods Section.
- Fuller, Wayne, *et al.* (1989). *PC CARP: Users Manual*. Ames, Iowa: Statistics Laboratory, Iowa State University. Disponible en: <http://cssm.iastate.edu/software>.
- Hansen, M. H., W. N. Hurwitz y W. G. Madow (1953). *Sample Survey Methods and Theory. Methods and Applications*, vol. I, sec. 10.16. Nueva York: Wiley.
- Hansen M. H., W. G. Madow y B. J. Tepping (1983). "An evaluation of model-dependent and probability-sampling inferences in sample surveys". *Journal of the American Statistical Association*, vol. 78, No. 384, págs. 776-793.
- Kist, Leslie (1965). *Survey Sampling*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- _____ (1995). *Leslie Kish: Selected Papers*. Steven Heeringa y Graham Kalton, eds. Hoboken, Nueva Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kish, L. y M. R. Frankel (1974). "Inference from complex samples". *Journal of the Royal Statistical Society: Services B*, vol. 36, págs. 1-37.

- Landis J. R. *et al.* (1982). "A statistical methodology for analyzing data from a complex survey: the First National Health and Nutrition Examination Survey". *Vital and Health Statistics*, vol. 2, No. 92, Washington, D.C.: Department of Health, Education and Welfare.
- Lehtonen, R. y E. J. Pahkinen (1995). *Practical Methods for Design and Analysis of Complex Surveys*. Nueva York: Wiley.
- Lepkowski J. M., J. A. Bromberg y J. R. Landis (1981). "A program for the analysis of multivariate categorical data from Complex Sample Surveys". *Proceedings of the American Statistical Association*. Statistical Computing Section.
- Levy, Paul S. y Stanley Lemeshow (1999). *Sampling of Populations: Methods and Applications*. 3a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Lohr, Sharon (1999). *Sampling: Design and Analysis*. Pacific Grove, California: Duxbury Press.
- Naciones Unidas (1993). "Sampling errors in household surveys" (UNFPA/UN/INT-92-P80-15E). División de Estadística, Departamento de Información Económica y Social y Análisis de Políticas, y Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares. Nueva York.
- Potthoff, R. F., M. A. Woodbury y K. G. Manton (1992). "'Equivalent sample size' and 'equivalent degrees of freedom' refinements for inference using survey weights under superpopulation models". *Journal of the American Statistical Association*, vol. 87, págs. 383-396.
- Rust, K. (1985). "Variance Estimation for Complex Estimators in Sample Surveys". *Journal of Official Statistics*, 1(4), págs. 381-397.
- Rust, K. F. y J. N. K. Rao (1996). "Variance estimation for complex surveys using replication techniques". *Statistical Methods in Medical Research*, vol. 5, págs. 283-310.
- Shah, Babhai V. (1998). "Linearization methods of variance estimation". En *Encyclopedia of Biostatistics*, vol. 3, págs. 2276-2279. Peter Armitage y Theodore Colton, eds. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Shah B. V., B. G. Barnwell y G.S. Bieler (1996). *SUDAAN User's Manual: Release 7.0*. Research Triangle Park, Carolina del Norte: Research Triangle Institute.
- Tepping B. J. (1968). "Variance estimation in complex surveys". *Proceedings of the American Statistical Association* (Social Statistics Section), págs. 11-18.
- Wolter, K. M. (1985). *Introduction to Variance Estimation*. Nueva York: Springer-Verlag.
- Woodruff, R. S. (1971). "A simple method for approximating the variance of a complicated estimate". *Journal of the American Statistical Association*, vol. 66, No. 334, págs. 411-414.

Capítulo 8

Errores no muestrales en las encuestas de hogares

8.1. Introducción

1. Tanto los errores de muestreo como los errores no muestrales deben controlarse y reducirse a un nivel tal que su presencia no interfiera con la utilidad de los resultados finales de la encuesta. En anteriores capítulos sobre diseño muestral y metodología aplicada a las estimaciones se ha hecho especial hincapié en el error de muestreo y se ha prestado menos atención a otras fuentes de variación de las encuestas, como la falta de respuesta o de cobertura, que conforman la clase de errores denominados no muestrales. Este tipo de errores adquieren especial gravedad cuando no son aleatorios, debido al sesgo que introducen en las estimaciones de la encuesta.

2. Todos los datos de las encuestas están sujetos a errores producidos por diversas causas. La principal y mayor distinción entre unos errores y otros se halla entre los que se producen en el proceso de medición y los de muestreo; es decir, los errores en la estimación de valores de la población que se producen en el proceso de medición de una muestra de la población.

3. En anteriores capítulos se ha partido del supuesto de que cada unidad Y_i de una población estaba asociada con un valor y_i , considerado el valor real de la unidad para una característica y . También se suponía que cuando Y_i se hallaba en la muestra, el valor de y registrado u observado en ella era y_i . Esto se da en algunas situaciones, pero no en todas. Por ejemplo, en países con un registro viable e integral de acontecimientos vitales mediante certificados de nacimientos pueden obtenerse los valores “reales” con facilidad cuando y_i representa la edad. Sin embargo, en situaciones tales como la evaluación cualitativa del estado general de la persona puede resultar mucho más difícil obtener e incluso definir los valores reales. Por ejemplo, dependiendo de las circunstancias una persona enferma puede calificarse a sí misma como sana.

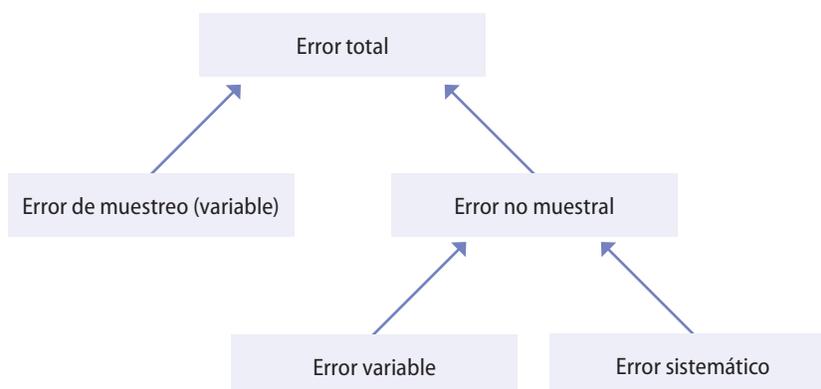
4. En la práctica no puede asumirse que el valor registrado u observado en la unidad Y_i sea siempre y_i , independientemente de quien lo registre o en qué circunstancias se obtenga. La experiencia real brinda numerosos ejemplos de errores de medición u observación y errores por respuestas erróneas, falta de respuesta u otras causas cuando se lleva a cabo una encuesta.

5. Además de los errores de respuesta, las encuestas están sujetas a errores de cobertura, de procesamiento, etcétera. La calidad de un estimador de un parámetro de la población es una función del error total de la encuesta, que comprende tanto el error de muestreo como el error no muestral. Como se ha dicho, el error de muestreo se produce únicamente cuando se extrae una muestra probabilística en lugar de confeccionar un listado completo. Los errores no muestrales, por otra parte, aparecen asociados principalmente a los procedimientos de recopilación y procesamiento de datos.

La figura 8.1 muestra la relación entre los errores muestrales y los no muestrales como componentes del error total de la encuesta.

Figura 8.1

Relación entre errores muestrales y no muestrales como componentes del error total de la encuesta



6. El *error no muestral*, por tanto, se produce principalmente a causa de definiciones y conceptos incorrectos, marcos muestrales inexactos, cuestionarios insuficientes o impropios, métodos pobres de recopilación, tabulación y codificación de datos, y por cobertura incompleta de las unidades de la muestra. Estos errores resultan impredecibles y difíciles de controlar. A diferencia de los *errores de muestreo*, este tipo de errores pueden aumentar al aumentar el tamaño de la muestra. Si no se ejerce un control adecuado, los errores no muestrales pueden resultar más perjudiciales que los errores muestrales en las encuestas de hogares de gran escala.

8.2. Sesgo y error variable

7. Tal como muestra el cuadro 8.1, los errores de la encuesta pueden clasificarse como errores variables (EV) o como sesgo. Los errores variables derivan fundamentalmente de errores de muestreo, aunque también los errores no muestrales que se producen durante las operaciones de procesamiento de datos tales como la codificación y tecleo de datos contribuyen al error variable. En el caso del sesgo, éste suele producirse como resultado de errores no muestrales provocados por factores como definiciones no válidas, procedimientos de medición erróneos, respuestas erróneas, falta de respuesta, cobertura deficiente de la población objetivo, etcétera. Algunas clases de sesgo pueden atribuirse a errores de muestreo: los que se producen al calcular las varianzas de muestreo utilizando un estimador de la varianza que no refleja como es debido el diseño de la muestra, y que da como resultado una sobrestimación o subestimación de los errores de muestreo.

Cuadro 8.1

Clasificación de errores en las encuestas

Errores variables	Error de muestreo
	Error no muestral
Sesgo	Error de muestreo
	Error no muestral

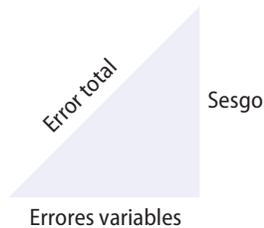
8. Por lo general, se entiende por sesgo aquellos errores sistemáticos que afectan a cualquier encuesta llevada a cabo con un diseño muestral específico que da el mismo error constante. Tal como se señala en el párrafo anterior, los errores de muestreo suelen incluir la mayoría de los errores variables de una encuesta, mientras que las causas del sesgo suelen ser *no muestrales*. Así, el sesgo se produce por fallos en el diseño y en los procedimientos básicos de una encuesta, mientras que el error variable se debe a fallos en la aplicación coherente de los diseños y procedimientos de la encuesta.

9. El término estadístico para el error total de una encuesta es el *error cuadrático medio*, que es igual a la varianza más el sesgo cuadrático (véase la figura 8.2). Si suponemos que el sesgo es igual a 0, el error cuadrático medio simplemente sería la varianza de la estimación. En las encuestas de hogares, sin embargo, el sesgo jamás es igual a 0. Pero tal como indicamos anteriormente, medir el sesgo total de una encuesta resulta casi imposible, en parte porque para calcularlo es necesario conocer el valor real de la población, cosa que en la mayoría de los casos se desconoce. Las causas del sesgo son tan diversas y su naturaleza tan compleja que rara vez se intenta estimar su total.

10. El triángulo de la figura 8.2 representa el error total y sus componentes. La altura del triángulo representa el sesgo, y la base, el error variable. El hecho de que la hipotenusa equivalga a la medida del error total refleja el concepto de que la raíz del error cuadrático medio (es decir, el error total) equivale a la raíz cuadrada del producto de la varianza de muestreo más el sesgo cuadrático. Por consiguiente,

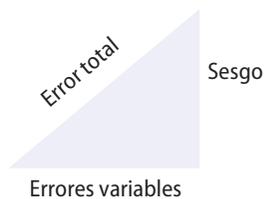
$$\text{Raíz del error cuadrático medio} = \sqrt{VE^2 + \text{Sesgo}^2} \quad (8.1)$$

Figura 8.2
Error total de la encuesta y sus componentes



11. Cuando se reduce “tanto” el error variable o el sesgo se reduce también el error total. En la figura 8.3 se muestra una situación en la que tanto el error variable como el sesgo se reducen de forma considerable. En consecuencia, el error total sufre una significativa reducción, tal como puede verse al comparar la longitud de la hipotenusa con la de la figura 8.2.

Figura 8.3
Reducción del error total de la encuesta



12. El objetivo de lograr un buen diseño de la muestra combinado con una buena estrategia de ejecución consiste en reducir tanto el error variable como el sesgo, para que los resultados que se obtenga de la muestra sean exactos.

13. En general, en todas las muestras grandes y bien diseñadas puede alcanzarse una gran precisión, mientras que la exactitud sólo puede lograrse si tanto el error variable como el sesgo se reducen al mínimo. Esto significa que un diseño preciso puede ser altamente inexacto si contiene un sesgo grande. En este contexto es importante reconocer que las estimaciones de los errores estándar que suelen incluirse en los informes de las encuestas de hogares subestiman el error total de la encuesta porque dichas estimaciones no tienen en consideración el efecto del sesgo.

14. En la práctica, los errores no muestrales pueden descomponerse en la componente variable y los errores sistemáticos, según Biemer y Lyberg (2003). Los errores sistemáticos suelen ser errores no compensatorios, y por lo tanto tienden a coincidir (la mayoría de las veces en la misma dirección), mientras que los errores variables son compensatorios y tienden a converger (anulándose uno a otro).

8.2.1. El componente variable

15. El componente variable de un error deriva de los factores (aleatorios) de probabilidad que afectan a las diferentes muestras y la repetición de una encuesta. En el caso del proceso de medición podemos imaginar que todo el espectro de procedimientos —desde la selección de los entrevistadores hasta la recopilación de los datos y su procesamiento— puede repetirse empleando los mismos procedimientos específicos, en unas mismas condiciones concretas y de forma independiente, sin que una repetición afecte a la otra. Los resultados de las repeticiones se ven afectados por factores aleatorios y por factores sistemáticos que derivan de las condiciones en las que las repeticiones se llevan a cabo y afectan a los resultados del mismo modo.

16. Cuando los errores variables (EV) son causados sólo por errores de muestreo, los errores variables cuadráticos equivalen a la varianza de muestreo. La desviación del valor promedio de la encuesta del valor real de la población es el sesgo. Tanto los errores variables como los sesgos pueden producirse en operaciones muestrales y no muestrales. El error variable medirá la divergencia entre el estimador y su valor previsto y comprende la varianza de muestreo y la no muestral. La diferencia entre el valor previsto del estimador y su valor real es el sesgo total, y comprende el sesgo de muestreo y el no muestral.

17. Los errores variables pueden evaluarse mediante comparaciones correctamente diseñadas entre repeticiones (réplicas) de las operaciones de la encuesta en las mismas condiciones. La reducción de los errores variables depende de acciones tales como aumentar el tamaño de la muestra o contratar a más entrevistadores. Por otra parte, el sesgo puede reducirse de manera sencilla con mejoras en los procedimientos de la encuesta, como puede ser introducir medidas de control de calidad en varias etapas de la encuesta.

8.2.2. Error sistemático (sesgo)

18. El error sistemático se produce cuando, por ejemplo, existe una tendencia constante a la introducción de errores por exceso o por defecto. En algunas sociedades donde no existen certificados de nacimiento, por ejemplo, se ha comprobado que los varones tienden a atribuirse más edad de la que tienen. Esta práctica acarrea un sesgo sistemático: la sobrestimación del promedio de edad de la población masculina.

8.2.3. Sesgo de muestreo

19. Los sesgos muestrales son el fruto de una ejecución incorrecta o defectuosa de la muestra probabilística concreta o de la aplicación de métodos defectuosos de estimación. La primera causa incluye los defectos en los marcos, los procedimientos de selección incorrectos y la confección de listas parciales o incompletas de las unidades seleccionadas. En los capítulos 3 y 4 de este manual se ofrece una exposición detallada de las numerosas circunstancias en las que se produce el sesgo de muestreo debido a una ejecución incorrecta del diseño de la muestra, así se trate de un diseño casi perfecto.

8.2.4. Más comparaciones entre sesgo y error variable

20. La razón por la que hacemos hincapié en el riguroso control de los sesgos es porque resultan difíciles de medir. Eso sólo puede realizarse comparando los resultados de la encuesta con datos externos procedentes de fuentes fiables. Por otra parte, el error variable puede evaluarse comparando subdivisiones de la muestra o repitiendo la encuesta en las mismas condiciones. El sesgo puede reducirse mejorando los procedimientos de la encuesta.

21. Según Verma (1991), los errores procedentes de algunas fuentes —entre las que figuran la cobertura, la falta de respuesta y la selección de la muestra— suelen aparecer en forma de sesgo. Por el contrario, los errores de codificación y entrada de datos suelen aparecer como errores variables.

22. Aunque tanto los errores sistemáticos como los errores variables reducen la exactitud y fiabilidad generales, el sesgo resulta más perjudicial en estimaciones tales como las medias, las proporciones y los totales de la población. Esas estimaciones lineales son sumas de las observaciones de la muestra. Los errores no muestrales variables pueden reducirse, como los errores de muestreo, aumentando el tamaño de la muestra. En el caso de estimaciones no lineales —como los coeficientes de correlaciones, los errores estándar y las estimaciones de regresión—, tanto los errores variables como los sistemáticos pueden producir un grave sesgo (Biemer y Lyberg, 2003). Como en muchas encuestas de hogares el principal objetivo consiste en proporcionar medidas descriptivas de la población como medias, totales y proporciones, por ejemplo—, el énfasis se centra en reducir el error sistemático.

23. En resumen, el sesgo deriva de deficiencias en el diseño y en los procedimientos básicos de la encuesta. Es más difícil de medir que el error variable y sólo puede evaluarse comparándolo con fuentes más fiables ajenas a la encuesta o con información obtenida por procedimientos mejorados.

8.3. Causas del error no muestral

24. Las variadas y múltiples causas del error no muestral están presentes desde la etapa inicial de una encuesta, cuando se planifica y se diseña, hasta la etapa final, cuando se procesan y analizan los datos.

25. Un programa de encuestas de hogares puede considerarse que es un conjunto de normas rigurosas por las que se rigen varias operaciones y que describen la población que se desea cubrir, fijan los conceptos y definiciones relativos al tema que se utilizarán en el cuestionario y disponen los métodos de recopilación de datos y las mediciones que se realizarán. Si las operaciones de la encuesta se llevan a cabo de acuerdo con las normas establecidas, es *teóricamente* posible obtener un *valor real* de la característica sometida a estudio. Sin embargo, el error no muestral convierte esa posibilidad en un ideal inalcanzable.

26. Los errores no muestrales pueden producirse a causa de uno o más de los siguientes factores, entre otros:
- a) Incorrección y/o incoherencia en la especificación de los datos con respecto a los objetivos de la encuesta;
 - b) Duplicación u omisión de unidades debido a una definición imprecisa de las fronteras de las unidades de muestreo de área;
 - c) Detalles de identificación incompletos o incorrectos de las unidades de muestreo¹ o imperfecciones en los métodos de entrevista;
 - d) Métodos inapropiados de entrevista, observación o medición, con empleo de cuestionarios, definiciones o instrucciones ambiguas;
 - e) Falta de entrevistadores capacitados y experimentados sobre el terreno, lo que incluye además falta de una buena supervisión en el terreno;
 - f) Estudio insuficiente de los datos básicos, para corregir errores obvios;
 - g) Errores en operaciones de procesamiento de datos tales como la codificación, el teclado de datos, la verificación, la tabulación, etcétera;
 - h) Errores durante la presentación y publicación de los resultados tabulados.

8.4. Componentes del error no muestral

27. Biemer y Lyberg (2003) identifican cinco componentes en el error no muestral: la especificación, el marco o cobertura, la falta de respuesta, el error de medición y el error de procesamiento. Podemos añadir el error de estimación como un componente más que considerar.

8.4.1. Error de especificación

28. El error de especificación se produce cuando el concepto abordado en la pregunta es diferente de la estructura subyacente que debería medirse. Por ejemplo, una pregunta tan simple como cuántos niños tiene una persona puede interpretarse de diferentes maneras en diferentes culturas. En hogares con familias numerosas a veces no se hace distinción entre los hijos biológicos del informante y los de sus hermanos o hermanas que viven en el mismo hogar. En una encuesta sobre discapacidad, una pregunta tan general como si alguien padece alguna incapacidad puede estar sujeta a diferentes interpretaciones en función de la gravedad de la incapacidad o de la percepción del informante de la discapacidad. Una persona con discapacidad menor puede que se perciba a sí misma como una persona sin discapacidad. A menos que en el cuestionario se incluyan las preguntas de filtro y selección adecuadas, es posible que las respuestas no revelen el total de personas con alguna discapacidad.

8.4.2. Error de cobertura o marco

29. En la mayoría de las encuestas de zona las unidades primarias de muestreo engloban conglomerados de unidades geográficas, como son las zonas de empadronamiento censal (ZE) (véase el

¹ Obsérvese que a pesar de que esto ocurre en la operación de selección de la muestra, se trata de un tipo de sesgo no muestral.

capítulo 4 para una explicación completa sobre marcos). No es extraño que la demarcación de las ZE se lleve a cabo de forma incorrecta durante el proceso cartográfico del censo. Así, puede ocurrir que en el marco de la segunda etapa se omitan o se dupliquen hogares. Imperfecciones de esta clase pueden sesgar las estimaciones de la encuesta en dos direcciones. Si determinadas unidades que deberían estar incluidas en el marco no lo están, la probabilidad de selección de las unidades omitidas será cero y, por tanto, se producirá una subestimación. Por otra parte, si algunas unidades se duplican, se producirá una sobrecobertura y, por tanto, una sobreestimación.

30. Los errores asociados con el marco pueden derivar en una *cobertura inadecuada*, por exceso o por defecto. La cobertura inadecuada por defecto es la más común en las encuestas a gran escala de la mayoría de los países africanos.

31. En las encuestas de hogares en varias etapas el muestreo comporta un número de etapas que incluyen la selección de unidades de área en una o más etapas, la confección de listas y selección de hogares y la confección de listas y selección de personas dentro de los hogares seleccionados (véase el capítulo 3). El error de cobertura puede producirse en cualquiera de las etapas.

32. Es importante hacer hincapié de nuevo en que ni la magnitud ni el efecto de los errores de cobertura son fáciles de estimar, dado que requieren información externa no tanto a la muestra cuanto también, por definición, al marco muestral utilizado.

33. Por *falta de cobertura* se entiende la no inclusión de algunas unidades de una población definida en el marco muestral (véase el capítulo 6 para una exposición más detallada sobre el error de cobertura y la falta de cobertura). Dado que tales unidades tienen una probabilidad de selección cero, quedan a todos los efectos excluidas de los resultados de la encuesta.

34. Es importante destacar que con esto no estamos refiriéndonos a la exclusión deliberada y explícita de ciertos sectores de una población más amplia de la población de la encuesta. Esa exclusión viene determinada por los objetivos de la encuesta y las dificultades prácticas. En las encuestas sobre actitudes en el matrimonio, por ejemplo, puede que se decida excluir a las personas que no tienen edad legal para contraer matrimonio. También los residentes de instituciones suelen quedar excluidos por dificultades prácticas, y las zonas minadas de los países pueden quedar excluidas de una encuesta para salvaguardar la seguridad de los trabajadores sobre el terreno. A la hora de calcular las tasas de falta de cobertura, los miembros de un grupo excluidos, deliberada y explícitamente, no deberían incluirse en los recuentos de la población objetivo ni en concepto de falta de cobertura. A este respecto, la definición de la población de la encuesta debería constituir uno de los requisitos imprescindibles que establecer con claridad para realizar la encuesta (véase el capítulo 3 sobre la población objetivo de la encuesta).

35. El término *error de cobertura bruto* hace referencia a la suma de los valores absolutos de las tasas de falta de cobertura y de sobrecobertura. La *falta de cobertura neta* hace referencia al exceso de falta de cobertura sobre la sobrecobertura, y equivale a la suma algebraica de ambas. La cobertura neta mide la cobertura bruta sólo cuando no hay sobrecobertura. En la mayoría de las encuestas de hogares de los países en desarrollo se dan principalmente errores de cobertura por defecto. La mayoría de los investigadores profesionales del campo de las encuestas coincide en que en la mayor parte de las encuestas sociales el problema de la cobertura insuficiente es más común que el de la sobrecobertura. Las correcciones y las ponderaciones son mucho más difíciles en el caso de falta de cobertura que cuando existe falta de respuesta porque las tasas de cobertura no pueden obtenerse de la propia muestra, sino que deben obtenerse de fuentes externas.

36. Los errores por falta de cobertura pueden deberse al uso de marcos de unidades de muestreo defectuosos, tal como se expone con detalle en el capítulo 4. Si los marcos no se actualizan y se usan marcos antiguos para ahorrar tiempo o dinero, los resultados pueden resultar seriamente sesgados. Por ejemplo, si la lista de unidades de vivienda de una encuesta de hogares no se ha actualizado desde que se confeccionó (que podría ser diez años antes), las unidades añadidas recientemente a la zona de empadronamiento no formarían parte del marco de unidades de la segunda etapa. De igual manera, las unidades habitacionales abandonadas continuarían formando parte del marco como unidades en blanco. En esos casos habría tanto omisión de unidades que pertenecen a la población como inclusión de unidades que no pertenecen.

37. Otras veces lo que sucede es que no se logra localizar o visitar algunas de las unidades de la muestra. Eso se debe al uso de listas incompletas. Además, algunas veces la climatología o las deficiencias en los medios de transporte imposibilitan llegar a determinadas unidades durante el período en que está llevándose a cabo la encuesta.

38. Tal como se expuso en el capítulo 3, el objetivo de cualquier encuesta de hogares es obtener resultados objetivos que a partir de la observación de las unidades de la muestra permitan extraer conclusiones válidas sobre la población objetivo elegida. Por consiguiente, los resultados pueden verse distorsionados si la falta de cobertura diverge entre las diferentes regiones geográficas y subgrupos tales como varones/mujeres, categorías de edad y clases étnicas y socioeconómicas.

39. Hay que distinguir entre errores por falta de cobertura y por falta de respuesta. Esta última se produce cuando no se logran observaciones sobre las unidades de la muestra porque el informante se niega a responder, no se consigue localizar los domicilios o a los informantes en casa, se pierden cuestionarios, etcétera. El grado de la falta de respuesta se mide, a partir de los resultados de la muestra, comparando la muestra seleccionada con la muestra real. Sin embargo, el grado de la falta de cobertura sólo puede estimarse mediante comprobación externa a la operación de la encuesta.

8.4.2.1. Errores de aplicación de la muestra

40. Por error en la aplicación de la muestra se entienden las pérdidas y distorsiones dentro del marco de muestreo tales como la aplicación errónea de tasas o procedimientos de selección. Otro ejemplo es la sustitución inadecuada sobre el terreno de hogares seleccionados por otros más accesibles o con mayor predisposición a la colaboración.

8.4.2.2. Reducción del error de cobertura

41. El método más eficaz para reducir el error de cobertura consiste en mejorar el marco mediante la exclusión de unidades erróneas y duplicados. Para conseguirlo, lo mejor es asegurar la correcta actualización de los marcos antiguos (véase el capítulo 4 para un análisis más detallado). También es importante velar por que las unidades de área y los hogares que pertenecen a ellas resulten fáciles de localizar; para ello es preciso llevar a cabo con eficacia las operaciones cartográficas sobre el terreno al elaborar el marco original, que por lo general es el censo de población y de vivienda más reciente.

8.4.3. Falta de respuesta

42. Tal como se ha explicado en repetidas ocasiones a lo largo de este manual, la falta de respuesta se produce cuando no llegan a obtenerse respuestas de algunas de las unidades de la muestra. Resulta útil pensar en la población de la muestra dividida en dos estratos, uno formado por todas las unidades

de la muestra de las que se ha obtenido respuesta y otro por todas las unidades de la muestra de las que no ha podido obtenerse respuesta.

43. En la mayoría de los casos la falta de respuesta no se distribuye por igual entre las unidades, sino que suele concentrarse en determinados subgrupos. Como resultado de la falta de respuesta diferenciada, la distribución de la muestra alcanzada entre los subgrupos diferirá de la distribución de la muestra seleccionada. Es probable que dicha diferencia genere un sesgo por falta de respuesta si además las variables de la encuesta se encuentran en relación con los subgrupos.

44. La *tasa de falta de respuesta* puede estimarse con exactitud si se llevan a cabo recuentos de todos los elementos que cumplen los requisitos que se incluyen en la muestra. La *tasa de respuesta* en una encuesta se define como el coeficiente entre el número de cuestionarios completados por las unidades de la muestra y el número total de unidades de la muestra que cumplen los requisitos² (véase también el capítulo 6). Informar de la falta de respuesta en todas las publicaciones de los datos de la encuesta es una práctica recomendable que debería ser obligatoria en el caso de las encuestas oficiales. La falta de respuesta puede deberse a la ausencia del domicilio de las personas seleccionadas, a la negación de dichas personas a participar o a su incapacidad para responder a las preguntas. Otra posible causa de la falta de respuesta puede ser la pérdida de la programación o del cuestionario, o la imposibilidad de llevar a cabo la encuesta en determinadas zonas por razones climatológicas, dificultades del terreno o cuestiones de seguridad. Todas las categorías de falta de respuesta hacen referencia a las unidades que cumplen los requisitos y deberían excluir a las que no lo hacen, tal como indica la nota al pie de página. En una encuesta de fecundidad, por ejemplo, la población objetivo de la ZE seleccionada sólo comprenderá a los grupos de mujeres en edad reproductiva, y excluirá a las mujeres fuera de esos grupos de edad y a todos los varones.

45. Tal como se señaló en el capítulo 6, existen dos tipos de falta de respuesta: la *falta de respuesta total* y la *falta de respuesta sobre unos puntos determinados*. La *falta de respuesta total* implica que no ha podido obtenerse ninguna información de la unidad de la muestra, mientras que la *falta de respuesta sobre puntos determinados* se refiere a aquellos casos en los que se ha obtenido alguna información pero no toda la necesaria. La falta de respuesta total se refleja porque los registros de datos de las unidades quedan en blanco, y puede deberse al rechazo, a omisiones de los entrevistadores o a incapacidad de obtener los datos. El rechazo de un posible informante puede venir provocado por factores como la falta de motivación, la escasez de tiempo, la sensibilidad hacia determinadas preguntas del estudio, etcétera. Groves y Couper (1995) sugieren otras causas de rechazo, entre las que figuran el contexto social del estudio, las características del informante, el diseño de la encuesta (incluida la carga del informante), las características del entrevistador y la interacción entre el entrevistador y el informante. En el caso de la falta de respuesta por puntos, teniendo en cuenta el objetivo fijado, cabe la posibilidad de que el informante perciba las respuestas como embarazosas, incómodas y/o inoportunas. También puede ocurrir que el entrevistador omita una pregunta o que no registre una respuesta por error. Por último, es posible que una respuesta sea rechazada durante el proceso de edición.

46. La magnitud de la falta de respuesta (total) es un factor indicativo de la receptividad, la complejidad, la organización y la gestión generales de una encuesta y, por tanto, también de la complejidad, la claridad y el grado de aceptación de las preguntas concretas incluidas en el cuestionario y de la habilidad de los entrevistadores para gestionar dichas preguntas.

² Algunas unidades incluidas en la muestra puede que se hallen fuera del ámbito de la encuesta y no cumplan los requisitos. Tal podría ser el caso, por ejemplo, de las viviendas vacías, en ruina o abandonadas.

47. La falta de respuesta introduce un sesgo en los resultados de la encuesta que puede constituir un problema grave cuando las unidades que no responden no son “representativas” de las que sí lo hacen, como suele ser el caso. La falta de respuesta supone un aumento tanto del error de muestreo, ya que se reduce el tamaño de la muestra, como de los errores no muestrales.

48. Los esfuerzos para aumentar la tasa de respuesta se traducen a veces en modificaciones de los procedimientos de selección de las operaciones de la encuesta. En la Encuesta de fecundidad de Zambia de 1978, por ejemplo, se decidió contratar a maestras para hacer las preguntas sobre contracepción y otras relacionadas. Se consideró que si los entrevistadores eran varones se registraría una tasa más elevada de rechazo, ya que para ellos resulta tabú preguntar a las mujeres ancianas cuestiones específicamente relacionadas con el sexo, y más aún con los alumbramientos o la contracepción.

49. Aunque en la práctica la falta de respuesta no puede eliminarse por completo, puede minimizarse mediante técnicas de persuasión, visitas repetidas a los hogares de las personas que se encuentran ausentes y con otros métodos. Véanse los capítulos 6 y 9 para más información sobre el tratamiento de la falta de respuesta sobre determinados puntos en los datos de encuestas.

8.4.4. Error de medición

50. Este tipo de error se produce cuando lo que se observa o se mide difiere de los valores reales de las unidades de la muestra, y se centran en los contenidos sobre los que se cimienta la encuesta, como la definición de los objetivos y su transformación en preguntas viables, la obtención, el registro, la codificación y el procesamiento de las respuestas. Estos errores afectan, por tanto, a la exactitud de medición a escala de las unidades individuales.

51. Por ejemplo, la creación de definiciones y conceptos incorrectos o engañosos en la etapa inicial de construcción del marco y del diseño del cuestionario producirá una cobertura incompleta y divergencias entre las interpretaciones de los distintos entrevistadores y se provocarán inexactitudes en los datos recogidos.

52. Dar al personal que trabaja sobre el terreno instrucciones imprecisas es otra fuente de errores. En algunos casos ese tipo de instrucciones hacen que los entrevistadores apliquen su propio criterio. Por otra parte, los propios entrevistadores constituyen también una fuente de errores. En ocasiones puede ocurrir que las informaciones de una determinada partida sean incorrectas en todas las unidades, lo que suele deberse a una capacitación deficiente de los trabajadores sobre el terreno.

53. La información sobre la edad constituye un problema de medición muy común en África, por la tendencia a declarar más edad y a la preferencia por ciertas cifras. Estos y otros ejemplos de medición pueden ser atribuibles a los informantes, a los entrevistadores o a ambos. En ocasiones la interacción entre ellos contribuye a aumentar dichos errores. Además, están los errores de observación, que pueden deberse a defectos en el mecanismo o en la técnica de medición.

54. Los informantes pueden introducir errores cuando:

- No entienden las preguntas de la encuesta.
- Dan respuestas desatinadas o incorrectas por comprensión inadecuada del o de los objetivos de la encuesta, y en algunos casos porque responden sin pensar a la pregunta que se les hace.
- En su deseo de “cooperar” responden a las preguntas “inventando” la respuesta.

- Proporcionan de forma deliberada respuestas falsas porque la encuesta aborda temas delicados, como los ingresos o enfermedades estigmatizantes.
- Les falla la memoria para responder a algo que aconteció en el pasado; eso suele ser frecuente cuando, en el caso de las encuestas sobre gastos, se desea recoger información sobre bienes no duraderos.

55. El efecto acumulativo de varios errores procedentes de diversas fuentes puede afectar considerablemente, pues esos errores no se anulan. El efecto neto de tales errores puede constituir un gran sesgo.

8.4.5. Errores de procesamiento

56. Los errores de procesamiento comprenden, entre otros:

- Errores de edición;
- Errores de codificación;
- Errores de entrada de datos;
- Errores de programación.

57. Los errores anteriores se producen durante la etapa de procesamiento de datos. Por ejemplo, en la codificación de respuestas abiertas relacionadas con características económicas puede suceder que los codificadores se aparten de los procedimientos preestablecidos en los manuales de codificación y que asignen códigos incorrectos a las profesiones.

8.4.6. Errores de estimación

58. Los errores de estimación se producen principalmente cuando no se logran aplicar correctamente las fórmulas al calcular las ponderaciones de la encuesta. También pueden producirse errores de este tipo al calcular las ponderaciones, aunque se emplee la fórmula correcta. Las estimaciones de la varianza de muestreo (error de muestreo) se producen cuando el estimador de la varianza empleado no es fiel al diseño de la muestra real, lo que genera errores en los intervalos de confianza asociados a las estimaciones por puntos de la encuesta. En todos estos casos la consecuencia son resultados sesgados.

8.5. Evaluación del error no muestral

59. Las causas del error no muestral son numerosas y diversas, tal como se ha expuesto a lo largo de este capítulo. En consecuencia, resulta prácticamente imposible evaluar todos los errores no muestrales que se producen en una encuesta. Sin embargo, sí es posible estudiar y evaluar algunos componentes del error no muestral, como veremos a continuación.

8.5.1. Comprobaciones de coherencia

60. Cuando se diseñan los instrumentos de una encuesta (cuestionarios) debe prestarse especial atención a la inclusión de determinadas partidas auxiliares de información, que servirán para comprobar la calidad de los datos que se desea recopilar. Si estas partidas de información adicionales son

fáciles de obtener, la investigación podrá realizarse en todas las unidades cubiertas por la encuesta; de lo contrario sólo se investigarán las unidades de una submuestra.

61. Por ejemplo, en una encuesta por muestreo posterior al empadronamiento (EMPE) donde se aplica el método *de jure* tal vez resulte útil recoger información *de facto* de tal manera que pueda calcularse el número de personas temporalmente presente y el de las temporalmente ausentes. Una comparación entre ambas dará una idea de la calidad de los datos. De forma similar, la inclusión de partidas que permitan calcular coeficientes relativamente estables como los relativos al sexo pueden resultar útiles a la hora de evaluar la calidad de los datos de la encuesta.

62. Las comprobaciones de coherencia deberían usarse también en la etapa de procesamiento de la encuesta. Pueden introducirse comprobaciones cruzadas para asegurar, entre otras cosas, que las personas codificadas como cabezas del hogar no se encuentren por debajo de una edad preestablecida o que las mujeres con historial de fecundidad no sean menores de 13 años.

8.5.2. Verificación/comprobación de la muestra

63. Una forma de evaluar y controlar algunos errores no muestrales en las encuestas es duplicar de manera independiente el trabajo en las diferentes etapas de la encuesta con vistas a localizar y rectificar de errores. Por razones prácticas esta comprobación mediante duplicados sólo puede realizarse en una muestra del trabajo utilizando un grupo reducido de trabajadores experimentados y bien capacitados. Si la muestra se ha diseñado correctamente y si la operación de comprobación se lleva a cabo con eficacia es posible detectar la presencia de errores y hacerse una idea de su magnitud. Si fuera posible comprobar el trabajo en su totalidad, la calidad de los resultados finales mejoraría de forma considerable.

64. Con respecto a la comprobación de la muestra, el trabajo de rectificación sólo puede llevarse a cabo en la muestra comprobada. El efecto de esta limitación puede reducirse dividiendo en partes los resultados de las diferentes etapas de la encuesta —es decir, las programaciones cumplimentadas, las programaciones codificadas, las hojas de cálculo, etcétera— y comprobando las muestras de cada parte. En aquellos casos en los que la tasa de error de una determinada parte supera el nivel establecido tendrá que hacerse una comprobación y una corrección de los errores de esa parte para mejorar así la calidad de los resultados finales.

8.5.3. Comprobaciones posteriores a la encuesta o reentrevistas

65. Una de las comprobaciones importantes de la muestra que puede usarse para la evaluación de los errores de respuesta consiste en seleccionar una submuestra, o una muestra en el caso de un censo, y reelaborar la lista utilizando personal más capacitado y experimentado que el dedicado a la investigación principal. Para que este método resulte eficaz es necesario asegurar que:

- La reelaboración de la lista se lleva a cabo inmediatamente después de la encuesta principal, para minimizar los errores de recuerdo.
- Se adoptan medidas para minimizar el *efecto condicionante* que la encuesta principal pueda tener en el trabajo de comprobación posterior a la encuesta.

66. Normalmente la encuesta de comprobación se diseña con el objetivo de facilitar la evaluación de la *cobertura* y de los *errores de contenido*. Para ello lo recomendable es reelaborar una lista de todas las unidades de la muestra en las etapas superiores —es decir, las de las ZE y aldeas—, para detectar los errores de cobertura, y luego repetir la encuesta únicamente en una muestra de unidades últi-

mas, asegurando así la representación de las diferentes partes de la población que tienen un especial significado desde el punto de vista de los errores no muestrales.

67. Una de las ventajas destacables de la encuesta de comprobación es que permite realizar una comprobación unitaria consistente en, primero, cotejar los datos obtenidos en los dos procesos de empadronamiento para las unidades cubiertas en la muestra de comprobación, y después analizar las diferencias individuales observadas. Cuando se hallen discrepancias debe tratarse de identificar la causa y examinar la naturaleza y los tipos de errores no muestrales.

68. Si no puede realizarse una comprobación unitaria debido por limitaciones de tiempo o de recursos económicos puede emplearse un procedimiento alternativo, aunque menos eficaz, llamado *comprobación de agregados*. Este método consiste en comparar las estimaciones de unos parámetros arrojadas por los datos de la encuesta de comprobación con las de la encuesta principal. La comprobación de agregados sólo da una idea del error neto, que es el resultado de los errores positivos y negativos. La comprobación unitaria, por el contrario, informa del error neto y del error bruto.

69. En la comprobación posterior a la encuesta deben aplicarse los mismos conceptos y definiciones que en la encuesta original.

8.5.4. Técnicas de control de calidad

70. Debido a la gran escala y a la naturaleza repetitiva de las operaciones que constituyen el proceso de la encuesta, el margen para aplicar técnicas de control de calidad estadística es muy amplio. A modo de ilustración, el 100% de trabajo que realizan los encargados de introducir los datos podría comprobarse durante un período inicial, pero si la tasa de error desciende por debajo de un determinado nivel, a partir de ese momento sólo puede verificarse la exactitud de una muestra del trabajo.

8.5.5. Estudio de los errores de recuerdo

71. Los errores de respuesta, tal como se ha mencionado en anteriores apartados del capítulo, se producen a causa de factores diversos tales como:

- La actitud del informante en relación a la encuesta;
- El método de entrevista;
- La habilidad del entrevistador;
- El error de recuerdo.

72. De todos estos errores, el *error de recuerdo* requiere una especial atención pues presenta una serie de problemas específicos que se hallan fuera del control del informante. Esta clase de error guarda relación con la duración del período de información y el intervalo entre el período de información y la fecha de la encuesta. Una manera de abordar el problema es limitar el período de información a un intervalo temporal adecuado anterior a la fecha de la encuesta o un período tan próximo a ese intervalo como sea posible.

73. Una forma de estudiar el error de recuerdo consiste en recopilar y analizar datos relativos a más de un período de información en una muestra o submuestra de las unidades cubiertas en una encuesta. El problema principal de este método es la aparición del *efecto condicionante*, posiblemente debido a la influencia de los datos proporcionados para un período sobre los proporcionados para el otro. Para evitar el efecto condicionante, los datos para los diferentes períodos examinados pueden

extraerse de diferentes unidades de la muestra. Hay que tener en cuenta que para realizar esta comparación se necesitan muestras de gran tamaño.

74. Otro método consiste en recopilar información adicional que permita obtener estimaciones para diferentes períodos de información. Por ejemplo, en una encuesta demográfica pueden recopilarse datos no sólo sobre la edad del informante, sino también sobre el día, el mes y el año de su nacimiento. Una discrepancia entre los datos pondría de manifiesto la existencia de un error de recuerdo relativo a la edad.

8.5.6. Submuestreo interpenetrante

75. El método de submuestreo interpenetrante requiere extraer de la muestra total dos o más submuestras, que deben seleccionarse de manera idéntica de tal forma que cada una pueda proporcionar una estimación válida del parámetro de la población. Este método contribuye a evaluar la calidad de la información, dado que las submuestras interpenetrantes pueden emplearse para ratificar la información sobre errores no muestrales tales como las diferencias procedentes de diferentes sesgos del entrevistador, diferentes métodos de obtención de información, etcétera.

76. Una vez que los grupos de entrevistadores han llevado a cabo la encuesta en las submuestras y los equipos han procesado la información en la etapa de tabulación, comparando las estimaciones basadas en las submuestras se obtendrá una amplia comprobación de la calidad de los resultados de la encuesta. Por ejemplo, si al comparar las estimaciones basadas en cuatro submuestras encuestadas y procesadas por diferentes grupos de personal se obtuvieran tres estimaciones similares entre sí y una cuarta muy diferente y dicha diferencia fuese superior a lo que razonablemente cabría atribuir al error de muestreo, la calidad del trabajo realizado con la submuestra que presenta discrepancias sería puesta en tela de juicio.

8.6. Observaciones finales

77. En las encuestas de hogares debe prestarse especial atención a los errores no muestrales, ya que, si no se ejerce el debido control, pueden introducir un gran sesgo en los resultados de la encuesta. En la mayoría de las encuestas se otorga escasa importancia al control de estos errores, lo que lleva consigo el riesgo de generar unos resultados poco fiables. El mejor método para controlar los errores no muestrales consiste en seguir los procedimientos adecuados en todas las actividades de la encuesta, desde la planificación y selección de la muestra hasta el análisis de los resultados. La capacitación meticulosa e intensiva del personal que trabaja sobre el terreno debe convertirse en una práctica normalizada, y las preguntas de la encuesta, sobre todo las que no hayan sido validadas en encuestas anteriores, deben someterse a estrictos controles previos.

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

Biemer, P. y L. Lyberg (2003). *Introduction to Survey Quality*. Wiley Series in Survey Methodology. Hoboken, Nueva Jersey: Wiley.

Biemer, P. *et al.*, eds. (1991). *Measurement Errors in Surveys*. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. Nueva York: Wiley.

Cochran, W. (1963). *Sampling Techniques*. Nueva York: Wiley.

- Groves, R. y M. Couper (1995). "Theoretical motivation for post-survey non-response adjustment in household surveys". *Journal of Official Statistics*, vol. 11, No. 1, págs. 93-106.
- Groves, R. *et al.*, editores (2000). *Survey Non-response*, Wiley-Interscience Publication. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hansen M., W. Hurwitz y M. Bershad (2003). "Measurement Errors in Censuses and Surveys". *Landmark Papers in Survey Statistics*. IASS Jubilee Commemorative Volume.
- Kalton, G. y S. Heeringa (2003). *Leslie Kish: Selected Papers*. Wiley Series in Survey Methodology. Hoboken, Nueva Jersey: Wiley.
- Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. Nueva York: Wiley.
- Murthy, M. (1967). *Sampling Theory and Methods*. Calcutta, India: Statistical Publishing Society.
- Naciones Unidas (1982). *Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares: "Nonsampling errors in household surveys: sources, assessment and control"*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística (DP/UN/INT-81-041/2). Nueva York.
- Onsembe, Jason (2003). *Improving data quality in the 2000 round of population and housing censuses*. Addis Abeba, Etiopía: Equipo de apoyo en el país del Fondo de Población de las Naciones Unidas.
- P. Chandhok (1998). *Sample Survey Theory*. Londres: Narosa Publishing House.
- Raj, D. (1972). *The Design of Sample Surveys*. Nueva York: McGraw-Hill Book Company.
- Shyam, U. (2004). *Turkmenistan Living Standards Survey 2003, Technical Report*. National Institute of State Statistics and Information. Ashgabad, Turkmenistán.
- Som, R. (1996). *Practical Sampling Techniques*. Nueva York: Marcel Dekker Inc.
- Sukhatme, P. *et al.* (1984). *Sampling Theory of Surveys with Applications*. Ames, Iowa, y Nueva Delhi: Iowa State University Press e Indian Society of Agricultural Statistics.
- Verma, V. (1991). *Sampling Methods: Training Handbook*. Tokio: Instituto de Estadística para Asia y el Pacífico.
- Whitfold, D. y J. Banda (2001). *Post Enumeration Surveys: Are they Worth it?* Presentado en el Symposium on Global Review of 2000 Round of Population and Housing Censuses: Mid-Decade Assessment and Future Prospects. Naciones Unidas, Nueva York, 7 a 10 de agosto.

Capítulo 9

Procesamiento de datos para las encuestas de hogares

9.1. Introducción

1. En el presente capítulo se aborda el procesamiento de datos en las encuestas de hogares a escala nacional. En primer lugar se ofrece una descripción del ciclo característico de las encuestas de hogares, y a continuación se estudian los preparativos para el procesamiento de datos como parte integrante del proceso de planificación de encuestas.
2. La tecnología de la información ha experimentado un rápido desarrollo durante las dos últimas décadas, que, a su vez, ha tenido un efecto significativo en las técnicas destinadas al diseño y aplicación de los sistemas estadísticos de procesamiento de encuestas.
3. El principal avance en materia de soporte lógico ha sido el cambio de los sistemas de ordenadores centrales a las plataformas de ordenadores personales. El ordenador personal ha ido adquiriendo una potencia cada vez mayor tanto en lo que se refiere a velocidad de procesamiento como a capacidad de almacenamiento. En la actualidad, los ordenadores personales pueden llevar a cabo diferentes tipos de procesamiento relacionados con operaciones estadísticas, que abarcan desde encuestas en pequeña escala hasta operaciones estadísticas en gran escala, como las que requieren los censos de población y las encuestas de hogares con muestras muy grandes.
4. Paralelamente a los desarrollos en soporte lógico se han producido mejoras significativas en la calidad de los programas informáticos destinados al procesamiento, análisis y difusión de datos estadísticos. Ello también ha permitido que algunas de las tareas de procesamiento dejaran de estar a cargo de expertos informáticos y pasaran a manos de especialistas en estadística.
5. A lo largo de los años han ido apareciendo cada vez más innovadores, potentes y adaptados conjuntos de programas informáticos para el procesamiento de encuestas estadísticas. Cada uno de estos programas tiene diferentes ventajas en función de los requisitos de los distintos pasos del procesamiento de datos. El apéndice de este capítulo puede servir como recurso a la hora de elegir el programa informático más adecuado para cada paso del procesamiento de datos de encuestas; también incluye una descripción resumida de cada conjunto de programas informáticos citados en este capítulo.

9.2. Ciclo de la encuesta de hogares

6. La figura 9.1 (véase la página siguiente) presenta el ciclo característico, aplicado como principio a todas las encuestas de hogares, y que suele constar de las siguientes fases:

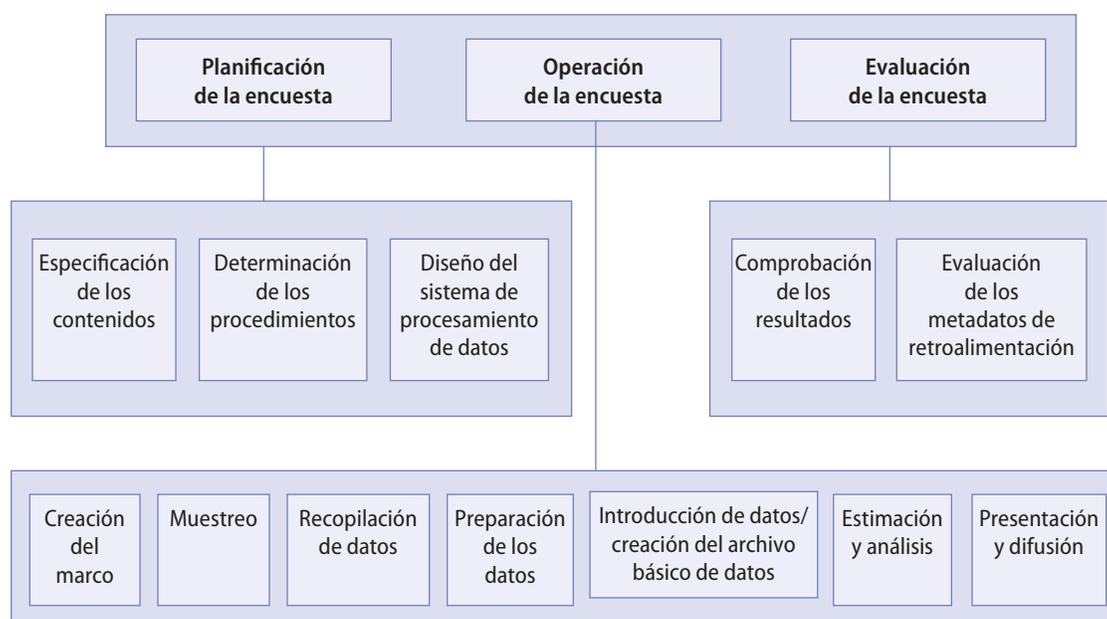
- *Planificación de la encuesta:* los diseñadores de la encuesta toman decisiones sobre los principales propósitos y usos de los resultados de la encuesta, sus principales datos de entrada y resultados, los procedimientos para obtener las entradas (el diseño y preparación del cuestionario y otros instrumentos de la encuesta relacionados) y transformarlas en datos finales, y el diseño del procesamiento de datos y el sistema de documentación.
- *Operaciones de la encuesta:* consisten en la creación del marco muestral, el diseño y selección de la muestra, la recopilación de datos (medición), la preparación de datos (introducción de datos, codificación, edición e imputación), la creación del archivo de observación (los datos originales básicos), la estimación (incluido el cálculo de ponderaciones), la creación de variables derivadas, el análisis y la presentación y difusión de los resultados.
- *Evaluación de la encuesta:* consiste en comprobar y evaluar si se han obtenido los productos finales especificados, si el resultado se ha publicado y se ha hecho la publicidad adecuada de él, si los metadatos han sido documentados y almacenados, etcétera.

7. Antes de emprender el diseño y aplicación del sistema de procesamiento de datos para una encuesta concreta es importante visualizar el sistema global para ella. La adecuada secuencia de operaciones y procesos también resulta crucial para la correcta realización de cualquier tipo de encuesta de hogares. En ese proceso, los objetivos de la encuesta deben determinar el diseño de los resultados (por ejemplo, el plan de tabulación y las bases de datos). A su vez, eso determinará las actividades posteriores del diseño de la encuesta, la recopilación, preparación y procesamiento de los datos y, en última instancia, el análisis y la difusión de los resultados.

8. El procesamiento de datos se puede considerar el proceso mediante el cual se transforman las respuestas de la encuesta obtenidas durante la recopilación de datos para darles una forma apropiada

Figura 9.1

Ciclo de las encuesta de hogares



Fuente: Sundgren (1991).

para la tabulación y el análisis. Consta de una mezcla de actividades automatizadas y manuales. También puede requerir mucho tiempo y recursos e influye en la calidad y el costo del producto final.

9.3. La planificación de la encuesta y el sistema de procesamiento de datos

9.3.1. Objetivos y contenido de la encuesta

9. Tal como se menciona en el capítulo 2, el primer paso en el diseño de cualquier encuesta debería ser la formulación y documentación de sus principales objetivos. Las encuestas de hogares proporcionan información sobre los hogares de la población y se realizan para dar respuesta a las preguntas que los interesados puedan tener sobre la población objetivo. Los objetivos de una encuesta determinada pueden verse como un intento de obtener respuestas a dichas preguntas, de ahí que el cuestionario de la encuesta debería estar pensado y orientado para que de las respuestas se extraigan los datos pertinentes.

10. Por lo general, las preguntas que las partes interesadas puedan haber necesitado abordar mediante el uso de datos de encuestas de hogares se pueden clasificar en varias categorías (véase Glewwe, 2003).

11. Un tipo de preguntas tiene como propósito establecer las características fundamentales de la población sometida a estudio (*proporción de la población en situación de pobreza, tasa de desempleo, etcétera*).

12. Otro tiene como propósito evaluar el efecto de las intervenciones, o los desarrollos generales, en las características de los hogares (por ejemplo, *la proporción de hogares que participan en un programa concreto, cómo se comparan sus características con las de los hogares que no participan en el programa, si las condiciones de vida de los hogares mejoran o se deterioran con el paso del tiempo, etcétera*).

13. Por último, existe la categoría de preguntas sobre elementos que determinan las circunstancias y características de los hogares o las relaciones entre ellas (es decir, *preguntas sobre qué ocurre y por qué ocurre*).

9.3.2. Procedimientos e instrumentos de las encuestas

9.3.2.1. Planes de tabulación y resultados previstos

14. Una técnica útil para ayudar al diseñador de la encuesta a aportar precisión a la necesidad de información del usuario es producir planes de tabulación y cuadros modelo. Los cuadros modelo son borradores de tabulaciones que lo incluyen todo excepto los datos reales. El borrador de la tabulación debe especificar, como mínimo, los títulos de los cuadros y los encabezamientos de las columnas, e identificar las variables sustantivas que se desean tabular, las variables fundamentales que se utilizarán para la clasificación y los grupos de población (objetos, elementos o unidades de la encuesta) a los que se aplican los diferentes cuadros (véase el capítulo 2). También es conveniente mostrar las categorías de clasificación de la forma más detallada posible, a pesar de que éstas pueden ajustarse más adelante, cuando se conozca mejor la distribución de la muestra en las categorías de respuesta.

15. La importancia de un plan de tabulación puede considerarse desde varias perspectivas. La producción de los cuadros modelo indicará si los datos que hay que recopilar producen tabulaciones utilizables. No sólo señalarán lo que falta, sino que también revelarán lo superfluo. Además, el tiempo adicional que se invierte en producir cuadros modelo por lo general queda más que compensado en

las etapas de tabulación de datos al reducir el tiempo invertido en el diseño y en la producción de los cuadros reales.

16. También existe una estrecha relación entre el plan de tabulación y el diseño de la muestra empleado para una encuesta. Por ejemplo, el desglose geográfico en los cuadros sólo es posible si la muestra está diseñada para permitirlo.

17. En Naciones Unidas (1982) puede verse una descripción más exhaustiva de lo que implica un plan de tabulación y sus ventajas.

18. El objetivo de lo antedicho es poner de relieve el importante papel que un plan de tabulación puede desempeñar en cuanto a la planificación eficaz de la encuesta y al correspondiente sistema de procesamiento de datos. No obstante, es importante destacar que un plan de tabulación representa sólo el esqueleto de parte del resultado que cabe esperar de su respectiva encuesta. Las encuestas de hogares tienen el potencial de generar abundante información. El conjunto de microdatos limpios de la encuesta se puede considerar el producto principal y básico. A menudo hay que reunir ese conjunto de microdatos y ponerlo a disposición de las partes interesadas en un formato aceptable para el usuario y mediante los cauces de distribución apropiados.

9.3.2.2. Diseño e impresión del formulario

19. Una vez determinados los objetivos de la encuesta y el plan de tabulación se pueden desarrollar el o los cuestionarios pertinentes. El cuestionario desempeña un papel esencial en el proceso de la encuesta. A través de él la información pasa de quienes la poseen (los informantes) a quienes la necesitan (los usuarios). Es el instrumento a través del cual las necesidades de información de los usuarios se expresan en términos operativos y la base principal de la entrada de datos de la encuesta en el sistema de procesamiento.

20. Según Lundell (2003), la disposición física del cuestionario que se pretende utilizar durante el empadronamiento influye en la obtención de datos, y viceversa. Si las técnicas de escaneado se han considerado ventajosas para la captura de datos se necesitará diseñar formularios especiales, que variarán dependiendo de si se decide utilizar técnicas de registro en disco o de entrada de datos manual.

21. Sea cual sea la técnica de introducción de datos, todos los cuestionarios deben ser identificables de forma exclusiva. Debería haber una identificación de formulario única e impresa en todos los formularios. Debido a que la malinterpretación de la identificación del formulario puede causar entradas duplicadas y otros problemas, conviene tomar medidas para minimizar este riesgo. Los códigos de barras serán obviamente la mejor opción cuando se utilicen técnicas de escaneado. Si se prevé la introducción manual de datos, la identificación del formulario debería contener además información como el dígito de control, para evitar entradas incorrectas. El código de identificación debería identificar de forma exclusiva cada cuestionario y ser siempre numérico. Por lo general, la información sobre la asignación de ponderaciones de la muestra o factores de expansión (estratos, unidades primarias de muestreo, segmentos de área, distinción entre áreas administrativas necesarias para la tabulación, etcétera) se adjunta también a la identificación del formulario.

22. Habitualmente los formularios se encuadernan en libros (por ejemplo, un libro para cada zona de empadronamiento o subdivisión del municipio). Como los formularios, todos los libros deben ser identificables de forma exclusiva, y debe haber una relación especificada con claridad entre cada libro y sus formularios, para asegurar que el formulario X siempre pertenezca al libro Y, y sólo al libro Y. La información de la identificación del libro se utilizará durante toda la fase de procesamien-

to de datos, empezando por indicar la llegada al depósito de un libro desde el terreno, y también para recuperar un formulario cuando sea necesario (por ejemplo, para realizar una comprobación durante la tabulación o el análisis de los datos). Por lo tanto, debe minimizarse el riesgo de que tanto la información de identificación de un libro concreto o la de un formulario concretos pueda malinterpretarse.

23. Cada campo debe ser diseñado para acoger la mayor cantidad de caracteres posible para su variable; por ejemplo, el número máximo de miembros de un hogar debe quedar absolutamente claro para darle al campo el tamaño adecuado.

24. Es importante asegurarse de que no haya fallos en la definición de las unidades de observación, los patrones de omisión y otros aspectos del cuestionario. Cada encuesta de hogares recopila información sobre una unidad estadística importante (el objeto básico): el hogar, y sobre una serie de unidades subordinadas (objetos asociados) dentro del mismo: personas, partidas presupuestarias, terrenos y cultivos agrícolas, etcétera). El cuestionario debe ser claro y explícito acerca de qué son estas unidades, y también debe asegurar que cada unidad individual observada esté adecuadamente etiquetada con un identificador único. Un método común para la identificación de los hogares, que también constituye una característica importante del sistema de introducción manual de datos, consiste en utilizar un número de serie sencillo escrito o sellado en la portada del cuestionario o preimpreso por el servicio de impresión. Normalmente el número de serie también representa la identificación del formulario.

25. Dado que cada vez se adopta más el escaneado y el procesamiento de imágenes como un medio rápido de captura de datos, también es importante hacer algunos comentarios acerca de las características especiales relacionadas con el diseño de cuestionarios para el escaneado de imágenes. A continuación se tratan algunas cuestiones que surgen cuando se diseñan cuestionarios que van a ser procesados mediante el escaneado de imágenes a través de técnicas como la del reconocimiento óptico de caracteres (OCR), el reconocimiento inteligente de caracteres (ICR) o la lectura óptica de marcas (OMR).

26. En el cuestionario se utilizan dos códigos de barras. Uno es el que identifica cada página del cuestionario, que es importante especialmente cuando las páginas tienen una presentación y formato muy similares. Es el principal medio por el cual el programa de imagen distingue las diferentes páginas del cuestionario. Un segundo código de barras, normalmente con la interpretación asociada, se coloca en todas las páginas del cuestionario y es exactamente el mismo para todas, pero diferirá secuencialmente del de cada cuestionario posterior. Este código de barras da unidad a las páginas del cuestionario concreto, y es muy importante porque para el escaneado normalmente se separan las páginas.

27. La disposición de los campos *en el formulario impreso* representa el formato de diccionario de datos de los que se pretende recopilar con el cuestionario. Para escribir un código de distrito de empadronamiento de cinco dígitos se reserva en el cuestionario impreso un campo de cinco casillas, uno para cada dígito. Si se tratara de una pantalla de captura diseñada para la entrada manual de datos no sería necesaria tanta precisión en la impresión del cuestionario; sólo se requeriría una casilla abierta capaz de aceptar cinco dígitos. No obstante, es importante pulir el diseño del sistema de introducción de datos para que el campo se muestre por números y que se complete automáticamente para evitar una mala alineación de la cifra capturada y la posible malinterpretación de los datos.

28. El diseño de formularios para la introducción de datos mediante escaneado o teclado también difiere bastante porque para la identificación el escáner se basa enteramente en la posición de los campos de datos. A diferencia de la introducción manual, para la captura de datos mediante escaneado no son necesarias identificaciones de campo impresas en el cuestionario aparte de algunos campos de ajuste en cada página. Para lograr la mayor precisión en la interpretación de la imagen que hace el sistema de escaneado, los campos no deberían ser ni demasiado pequeños ni demasiado grandes. Conviene asimismo instar a los entrevistadores durante el proceso de capacitación y de gestión del trabajo sobre el terreno que escriban con caracteres bien definidos, claros y centrados en el campo de datos.

29. También existe una diferencia fundamental en cuanto al diseño del cuestionario para capturar códigos de ocupación, entre los procesos manuales de codificación adecuados para la entrada de datos con tecléo manual y los de codificación en pantalla con un cuadro de consulta informatizado que contenga el libro de códigos de ocupación en pantalla. Cuando el cuestionario está diseñado para el teclado de los datos, la disposición del código se imprime en el cuestionario para que lo use la persona responsable de la codificación del cuestionario después de revisar la respuesta abierta a la pregunta “¿Cuál es su ocupación?”. En el caso de un cuestionario que va a ser escaneado no es imprescindible reservar ese espacio en la cara del cuestionario impreso, porque el libro de códigos se incorpora en la plantilla de impresión diseñada en el ordenador y las funciones del codificador y el operador de introducción de datos se unen en una sola función de verificación. En el momento de la introducción de datos del código de ocupación, el verificador se presenta con la respuesta abierta a partir de la imagen escaneada y aparece un desplegable de los códigos de ocupación indexados para realizar una selección rápida.

30. Cuando se prevé el uso de técnicas de escaneado, la calidad de la impresión del cuestionario también se convierte en una cuestión importante. Los escáneres son más sensibles que el ojo humano a las imperfecciones de la impresión. Pueden surgir problemas por el uso de ciertos colores o por la combinación de algunos de ellos, las variaciones en el tono e intensidad, las impresiones torcidas o desordenadas, los errores en la numeración automática de páginas y los de encuadernación.

31. Catherine (2003) y Lundell (2003) presentan algunas de las cuestiones clave en relación con el uso de la tecnología de escaneado para el procesamiento de encuestas estadísticas y censos.

9.3.3. Diseño para sistemas de procesamiento de datos en encuestas de hogares

9.3.3.1. Método generalizado del procesamiento de datos en encuestas de hogares

32. El diseño de sistemas es una de las principales actividades en la planificación de una encuesta de hogares. En este paso se especifican los datos de la encuesta que se quieren recopilar y todo el sistema de procesamiento de datos según un plan formalizado.

33. Jambwa, Parirenyatwa y Rosen (1989) consideran los beneficios de adoptar y seguir un plan formalizado para el diseño, desarrollo y documentación de todos los sistemas en un organismo de estadística, y aplicado a las encuestas de hogares, en los siguientes términos:

- a) El plan podría ser la plataforma común para la cooperación requerida entre los estadísticos, los expertos en la materia y los analistas/programadores de sistemas;

- b) Todas las operaciones de la encuesta estarían descritas y documentadas explícitamente y podrían ser consultadas en una etapa posterior. La documentación resultante (es decir, el conjunto de metadatos) será importante tanto para el desarrollo como para el mantenimiento de los correspondientes sistemas de producción estadística;
- c) Los costos de desarrollo de sistemas y su mantenimiento tienden a ser elevados para cualquier organismo de estadística, por la gran cantidad de sistemas que se necesitan. La estructura de las encuestas de hogares tiende a seguir el mismo patrón y los mismos principios y por lo general comparten el mismo archivo y estructuras de datos, sistemas de codificación, etcétera. Por lo tanto, las encuestas posteriores podrían beneficiarse de los sistemas de procesamiento de datos desarrollados para anteriores encuestas, y cabría esperar que eso redujera los costos de desarrollo y mantenimiento;
- d) La adopción de un método formalizado también sería importante para la integración de encuestas si se deseara llevar a cabo algún análisis combinado de datos de distintas encuestas o diferentes rondas de una misma encuesta.

9.3.3.2. Características generales de un plan formalizado para el diseño de sistemas

34. En el presente apartado se abordan algunos de los aspectos generales y fundamentales del plan formalizado mencionado anteriormente.

Estructura de los datos

35. Las decisiones sobre la cuestión social que se desea analizar, los datos que se utilizarán y la técnica estadística aplicada son fundamentales para un buen análisis. No obstante, una cuestión aún más básica es la identificación y definición de los objetos o unidades de análisis de la encuesta, sobre lo que ya se ha hecho hincapié en el apartado sobre el diseño e impresión de los formularios. Durante el diseño del sistema de procesamiento de datos para la encuesta convendría realizar una descripción más formal y detallada de la unidad (objeto) de análisis y de las variables.

36. Según Sundgren (1986), el objeto o unidad de análisis se puede definir como cualquier entidad concreta o abstracta (objeto físico, ser vivo, organización, evento, etcétera) de la que los usuarios desean obtener información. La definición está estrechamente ligada a la cuestión social (objetivos de la encuesta) para la cual se recopilan y analizan datos. De manera similar, en las encuestas de hogares los objetos, puntos, elementos o unidades sobre los que las partes interesadas querrían tener información son hogares, personas, terrenos, etcétera. En la mayoría de los casos el objeto básico es el hogar, y por lo general hay una serie de objetos asociados a él que depende de cada encuesta.

37. En la página siguiente, el cuadro 9.1 presenta los objetos/unidades definidos para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe (ZICDS) de 1987. En este caso el objeto básico era el hogar; sus objetos asociados eran “persona”, “mujer de 12 años o más” y “difunto” (Lagerlof, 1988).

38. Para cada objeto habrá varias variables de interés. Las variables son propiedades (atributos o características) de los objetos. Por ejemplo, el objeto “persona” puede tener edad, ingresos, ocupación, estado civil, etcétera, como variables. Éstas pueden ser cualitativas o cuantitativas.

39. Cada objeto debería tener también una identificación única. La identificación de un objeto asociado indica el objeto básico con el cual está relacionado. Por ejemplo, “persona” estaría relacionado con un “hogar”, e identificado por la combinación de la identificación del hogar (IDH) y la identificación de la persona (IDP), es decir, el número de serie dentro de la lista de hogares (IDP).

Cuadro 9.1

**Ejemplo de los objetos/unidades de análisis de una encuesta,
extraído de la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987**

Objeto/ unidad	Variables de identificación	Definición de objeto/unidad	Variables importantes	Objetos relacionados	
				Objeto	Clave exterior
Hogar	IDH = Identificación del hogar (área, división) Subdiv = Subdivisión NumZE = Número de ZE NumCF = Número de cabeza de hogar)	Un hogar es un grupo de personas que normalmente conviven y comen juntas, y no incluye a los visitantes	TDH = tamaño del hogar ESTRATO ÁREA	Persona Difunto	IDH IDH
Persona	IDH IDP IDP = Identificación de la persona	La persona es un miembro habitual del hogar o un visitante que haya pasado allí la noche anterior al momento de la encuesta	SEXO EDAD ESTCIV = Estado civil ETNIA = Grupo étnico MIEHAB = Miembro habitual del hogar RELCH = Relación con el cabeza del hogar	Hogar Mujer ≥12 años de edad	IDH IDH, IDP
Difunto	IDH IDD = Identificación del difunto	La persona difunta es aquella que fue miembro habitual del hogar durante un mínimo de 12 meses	SEXOD = Sexo del difunto EDADD = Edad del difunto	Hogar	IDH
Mujer ≥12 años de edad	IDH, IDD	Toda mujer de 12 años o más que sea miembro habitual del hogar o que haya pasado allí la noche anterior al momento de la encuesta	Número de niños nacidos	Persona	IDH, IDD

Entrada en el sistema de procesamiento de datos

40. La entrada consiste en los valores obtenidos y registrados por los entrevistadores siguiendo con el cuestionario de la encuesta.

Salida del sistema de procesamiento de datos

41. La salida, o el resultado del sistema, consiste principalmente en cuadros estadísticos (basados en el plan de tabulación), bases de datos que contienen micro y macrodatos, etcétera. Éstos variarán en función del tipo de objeto, tipo de variable y tipo de medida estadística. Las variables tabuladas normalmente son “originales”, pero también pueden ser derivadas de variables originales.

Organización de archivos

42. Por lo general, habría que tener diferentes estructuras de archivos en la etapa de entrada y en la etapa anterior a la tabulación. Por ejemplo, para la introducción de datos de encuestas de hogares puede preferirse el archivo de tamaño variable (en oposición al archivo plano) porque, dado que los hogares difieren en tamaño y composición, puede que se necesiten registros de longitud variable

durante la introducción de datos. Este método utiliza el espacio de forma eficaz, pero no es conveniente para el procesamiento posterior. Sin embargo, al final suele preferirse que los datos se organicen en archivos planos para facilitar la tabulación y el uso óptimo de distintos tipos de programas informáticos generalizados.

Diagrama de flujo del sistema

43. Conviene crear un diagrama de flujo razonablemente detallado para la encuesta de hogares. Este diagrama es importante por muchos motivos. Por una parte, es un instrumento que sirve para la programación del tiempo y la estimación de los recursos necesarios para completar el procesamiento de la encuesta. En general, las principales actividades del procesamiento de datos de cualquier encuesta son las siguientes:

- a) Comprobación, edición y codificación de los datos;
- b) Introducción, verificación y validación de los datos;
- c) Transformación de la estructura de datos utilizada en la etapa de entrada en una estructura de datos adecuada para tabulaciones;
- d) Tabulación.

44. El diagrama de flujo del sistema también debería incluir las operaciones de archivo fundamentales como la selección, proyección, clasificación y correlación de archivos, derivación de nuevas variables, agregación, tabulación y presentación gráfica.

Sistema de documentación

45. Es importante que la documentación sea exhaustiva y clara (es decir, un conjunto de metadatos) tanto para el desarrollo como para el mantenimiento de los sistemas de procesamiento de datos para encuestas de hogares. Por lo tanto, es importante documentar los archivos y las diversas operaciones de tal manera que las personas no involucradas en la aplicación del sistema original también puedan utilizarlos. Para asegurar que la documentación sea suficiente, conviene emplear una plantilla estándar y almacenarla electrónicamente junto con sus datos.

46. Los sistemas de procesamiento de datos deberían, dentro de lo posible, utilizar los mismos nombres, códigos y formato de datos para las variables de todas las encuestas de una misma organización, siempre y cuando los códigos tengan el mismo significado. Esto adquiere especial relevancia en el caso de las variables que se utilizan para identificar los registros (objetos) dentro del archivo, ya que pueden ser utilizadas también al combinar (unir) datos de diferentes sistemas.

47. Para el diseño de pantallas de entrada de datos o escaneado de formularios se introducen herramientas de plantilla en el programa informático para ayudar en la documentación; éstas deben ser utilizadas de forma exhaustiva para lograr una documentación eficaz. Por ejemplo, los formatos de diccionario de datos del Sistema de procesamiento de censos y encuestas (*Census and Survey Processing System*, CSPro) o del Sistema integrado para el procesamiento mediante microcomputadoras (*Integrated Microcomputer Processing System*, IMPS) definen la posición de cada variable en el archivo de datos: el punto de inicio y el final, si la variable es un número o un carácter, si es recurrente o no y, si lo es, cuántas veces. El diccionario también etiqueta los valores contenidos dentro de la variable (St. Catherine, 2003) (véase el apéndice de este capítulo para más información sobre CSPro e IMPS).

9.4. Operaciones de la encuesta y procesamiento de datos

9.4.1. Creación del marco y diseño de la muestra

48. Tal como se ha señalado en los capítulos 3 y 4, en muchas encuestas de hogares las unidades de muestreo de la primera etapa se corresponden con las zonas de empadronamiento (ZE) definidas en el censo nacional más reciente. La creación de un archivo informático con la lista de todas las ZE del país es una manera conveniente y eficaz de desarrollar el marco muestral de la primera etapa, y la mejor forma de lograrlo es mediante un programa de hoja de cálculo como Microsoft Excel donde se puede asignar una fila para cada ZE y utilizar las columnas para toda la información que pueda ser necesaria (véase el apéndice de este capítulo para más información sobre Excel).

49. El marco debe ser de fácil acceso y uso para realizar diversas manipulaciones tales como la clasificación, el filtro y la producción de estadísticas de resumen que pueden ayudar en el diseño de la muestra y la estimación. Microsoft Excel es fácil de usar y muchas personas saben utilizarlo; dispone de funciones para clasificar, filtrar y agregar, necesarias cuando se preparan muestras a partir del marco. Las hojas de cálculo se pueden importar fácilmente a casi todos los demás conjuntos de programas informáticos. Por lo general es más recomendable crear una hoja de cálculo distinta para cada estrato de la muestra.

50. El contenido de los registros para las unidades del marco debería ser el siguiente:

- Habría que incluir un identificador primario, que debería ser numérico. Debería incluir un código que identifique de forma unívoca todas las divisiones y subdivisiones administrativas en las que se sitúa la unidad del marco. Será de gran ayuda que las unidades del marco estén numeradas por orden geográfico. Normalmente, los códigos de las ZE ya tienen las características mencionadas.
- También es importante contar con un identificador secundario, que será el nombre de la aldea (u otra subdivisión administrativa) donde está situada la unidad del marco. Los identificadores secundarios se utilizan para situar la unidad del marco en los mapas y sobre el terreno.
- Debería incluirse en el archivo una serie de características de la unidad de muestreo tales como la medida del tamaño (población, hogares), si es urbana o rural, la densidad de población, etcétera. Dichas características se pueden utilizar para la estratificación, o para asignar probabilidades de selección; además, pueden servir de variables auxiliares en la estimación.
- Deberían incluirse datos operacionales como la información sobre cambios en las unidades y la indicación del uso de la muestra.

51. Los procedimientos y las probabilidades de selección deberían estar completamente documentados en todas las unidades de muestreo de cada etapa. Cuando se utilicen muestras maestras debería haber registros que indiquen qué unidades de la muestra maestra se han utilizado para cada encuesta en particular. Conviene utilizar un sistema numérico de identificación estándar para las unidades de muestreo.

52. La muestra maestra de Namibia, basada en el Censo de población y vivienda de 1991, puede servir de ejemplo de lo que se ha dicho anteriormente (Oficina Central de Estadística, Namibia, 1996).

Ejemplo

Para poder seleccionar una muestra aleatoria de zonas geográficas en Namibia fue necesario crear un marco muestral de zonas geográficas. Con esta finalidad se creó un marco de las zonas geográficas (unidades primarias de muestreo o UPM). Como promedio, las zonas comprendían unos 100 hogares, y la mayoría se encontraban dentro del rango de 80-100 hogares. Las zonas fueron creadas a partir de las zonas de empadronamiento del Censo de población y viviendas de 1991. Las ZE pequeñas se unieron con ZE adyacentes para formar UPM de tamaño suficiente. La regla general era que una UPM debía abarcar por lo menos 80 hogares. En total había unas 1.685 UPM clasificadas en estratos de UPM por regiones, y zonas rurales, pequeñas urbanas y urbanas.

53. La estratificación se basaba en una clasificación de ZE llevada a cabo durante los preparativos del censo de 1991. Se crearon 32 estratos, dentro de los cuales se listaron las UPM por orden geográfico. En las zonas urbanas y pequeñas urbanas, las UPM también se listaban por el nivel de ingresos de la zona. Lo primero que aparecía en las listas de estratos urbanos y pequeños urbanos eran las zonas de ingresos elevados, seguidas por las de ingresos medianos/bajos.

54. La Oficina Central de Estadística preparó archivos de Microsoft Excel del marco muestral maestro de UPM. El marco incluía:

- Región
- Número único de UPM
- Nivel de ingresos (sólo para las zonas urbanas)
- Distrito
- Número(s) de ZE
- Número de viviendas según el censo de 1991
- Número acumulativo de hogares por estrato
- Población por sexo según el censo
- Estado de la muestra maestra (si la UPM estaba en la muestra maestra o no)
- Número de UPM en la muestra maestra (sólo de las UPM incluidas en la muestra maestra)
- Ponderaciones (factores de crecimiento o inflación) sólo para las UPM incluidas en la muestra maestra.

55. Había un archivo de Microsoft Excel para cada región, y dentro de cada uno de esos archivos las UPM estaban agrupadas por ingresos (elevados o medianos bajos) y por zonas: rural, pequeña urbana y urbana.

56. Petterson (2003) comenta cuestiones detalladas relacionadas con las muestras maestras. Muñoz (2003) estudia cómo un marco informatizado como el descrito anteriormente también puede resultar decisivo al aplicar el procedimiento de muestreo para una encuesta de hogares orientándolo a través de sus principales etapas: organización del marco de la primera etapa, normalmente creado sobre los últimos resultados del censo de población y viviendas (ZE); selección de unidades primarias de muestreo con una probabilidad proporcional a su tamaño (tamaño medido según el número de hogares, unidades residenciales o población); y actualización de la hoja de cálculo basada en listas de

hogares seleccionados y cálculo de las probabilidades de selección y las correspondientes ponderaciones de muestreo. Más adelante, en el apartado 9.4.3.5, sobre procedimientos de estimación puntual y cálculo de ponderaciones, se detalla el cálculo de probabilidades de selección y las ponderaciones correspondientes (véase también el capítulo 5). Los datos necesarios para esos cálculos se obtendrían de una hoja de cálculo como la descrita anteriormente, y el cálculo de ponderaciones se podría realizar utilizando la hoja de cálculo tal como muestra Muñoz.

9.4.2. Recopilación de datos y gestión de datos

57. Las encuestas de hogares pueden producir gran cantidad de cuestionarios completados. Hay que reflexionar y desde la primera etapa establecer los procedimientos para manejar físicamente y representar esa masa de documentos si se quiere evitar el caos. Así pues, conviene planificar con cuidado las rutinas para el manejo manual (archivo y recuperación) de los cuestionarios, que deben estar en marcha mucho antes de que los datos empiecen a llegar desde el terreno. Una parte importante de este sistema requiere prever la cantidad de datos para poder adquirir archivadores, cajas, etcétera, y reservarles espacio en estanterías o armarios. La segunda parte del sistema consiste en un diario donde registrar a su llegada la información relacionada con los cuestionarios y seguirse el flujo de datos a través del sistema. Éstos son aspectos fundamentales de la gestión de datos y requisitos importantes para una buena gestión y aplicación de cualquier estrategia de procesamiento de datos de encuestas.

58. La seguridad física de los cuestionarios completados también es una cuestión importante en esta etapa. Es un punto en el que el uso del escaneado de imágenes se considera apropiado. Si los cuestionarios son escaneados a su llegada a la oficina se reduce el riesgo de pérdida de los datos por algún contratiempo con los cuestionarios. El escaneado de imágenes ofrece un nivel adicional de seguridad, ya que permite hacer una copia de seguridad de los cuestionarios escaneados *in situ* o fuera de la oficina una vez escaneados (Edwin, 2003). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el éxito del escaneado depende mucho de cómo organice y gestione cada institución su uso y los procesos relacionados con él. Por ello, a pesar de que el escaneado se ha utilizado en algunos países con buenos resultados, en otros no ha tenido éxito. Para que la operación dé resultado hay que tomar en consideración la manera en que está organizada la oficina estadística (si tiene los procedimientos centralizados o descentralizados), el perfil de los encuestadores y las garantías en cuanto a la calidad de los instrumentos de recopilación de datos de la encuesta.

9.4.3. Preparación de datos

59. Los datos recopilados deben ser introducidos en un archivo de datos. La transformación por ordenador de los datos de los cuestionarios en datos legibles se llama entrada de datos. Al respecto, a menudo es necesario dividir en categorías los valores variables, que se han dado como respuestas abiertas; a este proceso de categorización se le llama codificación. Durante el proceso de edición es posible identificar datos erróneos. Se pueden tomar medidas adecuadas para comprobar los errores que se sospecha puedan haberse cometido poniéndose de nuevo en contacto con la fuente de información. Dichas comprobaciones pueden ir seguidas de una actualización (corrección). Los pasos del procesamiento son: entrada de datos, codificación, edición, verificación y actualización/corrección. En conjunto, en este documento se hace referencia a ellos como el paso de preparación de datos del procesamiento de la encuesta.

9.4.3.1. Estrategias para la preparación de datos

60. Muñoz (2003) aborda los diversos aspectos y configuraciones de la preparación de datos con detalle. El sistema organizativo más frecuente para las encuestas de hogares implica llevar a cabo la preparación de datos en las instalaciones centrales, tras la recopilación de datos sobre el terreno. Otra solución es integrar la introducción de datos en las operaciones sobre el terreno. La innovación más reciente es la técnica de entrevista asistida por ordenador.

Preparación de datos centralizada

61. Ésta era la única opción que existía antes de la llegada de los ordenadores personales. En gran medida sigue siendo el principal procedimiento utilizado para las encuestas en países en desarrollo, aunque con alguna modificación debido a la introducción de microordenadores. Según este método, la introducción de datos se considera un proceso industrial que se debe llevar a cabo en una o varias localidades después de las entrevistas. Se podría realizar en la sede central de las oficinas nacionales de estadística o en sus oficinas regionales.

Preparación de datos sobre el terreno

62. Más recientemente, la integración de controles de calidad informatizados en las operaciones sobre el terreno se ha considerado una de las claves para mejorar la calidad y puntualidad de las encuestas de hogares. Con esta estrategia, la introducción de datos y los controles de coherencia se llevan a cabo como parte integrante de las operaciones sobre el terreno.

63. Una de las formas que puede adoptar es que el operador de introducción de datos trabaje con un ordenador de sobremesa en un emplazamiento fijo (por ejemplo, en la oficina regional de la oficina nacional de estadística) y se organice el trabajo sobre el terreno de manera que el resto del equipo visite cada localidad de la encuesta (por lo general una unidad primaria de muestreo) por lo menos dos veces, para dar tiempo al operador a introducir y verificar la coherencia de los datos entre una visita y otra. Durante la segunda y las posteriores visitas, los entrevistadores volverán a hacer a los hogares correspondientes las preguntas en las que el programa de entrada de datos detectó errores, omisiones o incoherencias.

64. Otro método consiste en que el operador de entrada de datos trabaje con un ordenador portátil y acompañe al resto del equipo en sus visitas a las localidades de la encuesta. El equipo al completo se queda en dicha localidad hasta que todos los datos estén introducidos y considerados completos y correctos por el programa de entrada de datos.

65. Entre las ventajas de integrar la recopilación y la preparación de datos se hallan la posibilidad de mejorar la calidad de los datos, ya que los errores se pueden corregir mientras los entrevistadores aún están sobre el terreno, y la posibilidad de generar bases de datos y efectuar la tabulación y el análisis poco después de finalizar las operaciones sobre el terreno; otra ventaja de la integración es que hay una probabilidad mayor de que los entrevistadores normalicen la recopilación de datos.

66. Para los dos métodos descritos anteriormente es necesario disponer de forma permanente de suministro de energía eléctrica en la localidad donde se lleven a cabo las operaciones. En los países con un suministro deficiente de electricidad, como sucede en la mayor parte de los países en desarrollo, sobre todo en las zonas rurales, ambas opciones no serían viables. También hay que destacar que el uso de equipo móvil para la recopilación y preparación de datos supone un reto organizativo y logístico. Los requisitos para usar con éxito esta estrategia consisten en contar con un sistema de

gestión eficaz, seguridad para el equipo y para los datos, disponibilidad de lugar donde almacenar adecuadamente copias de seguridad de datos y suministro de bienes consumibles, como baterías de recambio para usar sobre el terreno.

Entrevistas asistidas por ordenador

67. Las entrevistas personales asistidas por ordenador (CAPI por su sigla en inglés) son una forma de entrevista personal en la que el entrevistador lleva un ordenador portátil o de bolsillo para introducir los datos directamente en la base de datos en lugar de anotarlos en un cuestionario en papel. Este método permite ahorrar tiempo en el procesamiento de datos y evita que el entrevistador cargue con cientos de cuestionarios. Sin embargo, a pesar de que hace muchos años que la tecnología está disponible, se han realizado escasos esfuerzos para aplicarla con rigurosidad a las encuestas complejas en países en desarrollo. La instauración de tales métodos de recopilación de datos puede resultar costosa, y para ello es preciso que los entrevistadores posean conocimientos de informática y de mecanografía. Las entrevistas asistidas por ordenador también exigen entrevistas bien estructuradas, con un principio y un fin. No obstante, en la mayoría de las encuestas de los países en desarrollo son necesarias varias visitas a cada hogar, entrevistas por separado a cada miembro del hogar, etcétera, un proceso que no tiene una estructura rígida sino que lo dirige a su criterio el propio entrevistador.

9.4.3.2. Codificación y edición de los datos de la encuesta

68. La comprobación, edición y codificación de los datos constituyen probablemente la fase más difícil del procesamiento de datos. Donde los nuevos profesionales de la encuesta suelen encontrar mayores dificultades es en la organización de la gestión y en la preparación de los datos. A ser posible, los procesos de comprobación, edición y codificación conviene llevarlos a cabo de forma automatizada. Sin embargo, en la codificación hay que tener en cuenta los casos en que no se pueden asignar los códigos automáticamente, en cuyo caso será necesaria la asignación manual de los códigos.

Codificación

69. El objetivo consiste en preparar los datos en un formato adecuado para introducirlos en el ordenador. La operación de codificación supone principalmente la asignación de códigos numéricos a respuestas consignadas en palabras (por ejemplo, sobre la localización geográfica, la ocupación, la industria, etcétera). Cabe la posibilidad de que el proceso exija también una transcripción mediante la cual los códigos numéricos ya asignados y registrados durante la entrevista se transfieren a hojas de codificación.

70. Conviene preparar un manual que sirva de guía a los codificadores. El manual debería contener una serie de categorías independientes que cubran todas las respuestas posibles y lógicas a las preguntas propuestas. En una encuesta de hogares en gran escala conviene maximizar la medida en que las preguntas son cerradas y precodificadas.

Edición y comprobación de datos

71. La finalidad de verificar y/o editar cuestionarios es lograr coherencia en los datos y en los cuadros y detectar y verificar, corregir o eliminar valores anómalos, ya que los valores extremos son los que más contribuyen a la variabilidad del muestreo en las estimaciones de la encuesta.

72. La edición consiste en revisar o corregir las entradas en los cuestionarios. La edición puede definirse como un procedimiento de validación a través del cual se localizan y corrigen las incoherencias e incongruencias de los datos, o un procedimiento estadístico donde las comprobaciones se realizan sobre la base de un análisis estadístico de los datos. La tendencia es que el ordenador haga una parte cada vez mayor de la edición, ya sea en la introducción de datos o en procesos especiales para editarlos. Estos procesos de edición pueden ser interactivos o no, según el operador realice o no la corrección inmediata de los errores. Sin embargo, la rectificación de los errores más complejos requerirá más tiempo y un análisis profundo antes de encontrar la corrección adecuada, y para ello serían más convenientes los procesos de edición no interactivos. El material de referencia de Olson (1990) ofrece comentarios detallados de los diversos aspectos de la comprobación y de la edición de los datos de una encuesta.

73. *Comprobación y edición manual.* La principal tarea en la comprobación o edición manual es descubrir las omisiones, incoherencias y otros errores evidentes en los cuestionarios antes de pasar a las siguientes etapas del procedimiento. La edición manual debería empezar lo antes posible y lo más cerca posible de la fuente de datos, como, por ejemplo, en la oficina provincial, de distrito o de nivel inferior. Lo ideal sería que la mayoría de los errores en los datos se detectaran y corrigieran sobre el terreno antes de enviar los formularios al centro de procesamiento. Ésa es la razón por la que tanto en el proceso de capacitación como en el manual de instrucciones suele instarse al entrevistador y al supervisor a comprobar los cuestionarios y corregir los errores sobre el terreno. Se trata de una tarea importante y compleja cuya realización se convierte en una función en favor de la calidad del trabajo sobre el terreno, la eficacia de la supervisión, la gestión de la encuesta, etcétera.

74. *Edición asistida por ordenador.* La edición por ordenador se puede llevar a cabo: *a)* interactivamente en la etapa de introducción de datos, *b)* utilizando el procesamiento de lotes después de la introducción de datos, o *c)* utilizando alguna combinación de *a)* y *b)*. La edición interactiva tiende a ser más útil en el caso de errores sencillos (por ejemplo, errores de teclado): retrasaría el proceso de captura de datos en el caso de errores que requieren consulta a los supervisores. La gestión de esos errores, incluida la falta de respuesta, debería reservarse para una operación independiente de edición informatizada.

75. Los programas de edición asistida por ordenador a menudo están diseñados con la ayuda de programas de bases de datos como el Sistema integrado para el procesamiento mediante microcomputadoras (*Integrated Microcomputer Processing System*, IMPS), el Sistema integrado de análisis de encuestas (*Integrated System for Survey Analysis*, ISSA), el Sistema de procesamiento de censos y encuestas (*Census and Survey Processing System*, CSPro), Visual Basic, y Microsoft Access (en el apéndice de este capítulo se ofrecen más detalles sobre estos programas informáticos). Los programas más sencillos escanean los datos, registro por registro, y anotan las incoherencias basadas en las normas de edición escritas en el programa. En los programas de edición más complejos las variables (por ejemplo las de identificación) se pueden comparar entre archivos y se pueden observar las discrepancias. El producto de los sistemas consistirá en listas de errores, que a menudo se comprueban manualmente con los datos básicos. Los errores se corrigen en una copia del archivo de los datos básicos.

Tipos de comprobaciones

76. Los datos de los cuestionarios deben ser sometidos a diferentes comprobaciones. Entre las más comunes figuran las de límite, de relación con los datos de referencia, de salto, de coherencia y tipográficas (Muñoz, 2003).

77. *Comprobaciones de límite.* Las comprobaciones de límite tienen por finalidad asegurar que todas las variables de la encuesta contengan únicamente datos dentro de un campo limitado de valores válidos. Las variables categóricas pueden tener sólo uno de los valores predefinidos para ellas en el cuestionario (por ejemplo, el género puede codificarse únicamente como “1” para hombres o “2” para mujeres). Las variables cronológicas deberían contener fechas válidas, y las variables numéricas deberían encontrarse dentro de los valores mínimos y máximos prescritos (por ejemplo, entre 0 y 95 años de edad). Un caso especial de controles de límite se produce cuando los datos de dos o más campos estrechamente relacionados pueden compararse con cuadros de referencia externos.

78. *Comprobaciones de salto.* Las comprobaciones de salto verifican si las pautas y códigos de salto se han seguido adecuadamente. Por ejemplo, una comprobación sencilla verifica que las preguntas destinadas sólo a niños escolarizados no se registren para un niño que ha respondido negativamente a una pregunta inicial sobre si está o no matriculado. Una comprobación más complicada verificaría que se hayan rellenado los módulos adecuados del cuestionario para cada informante. Dependiendo de su edad y sexo, se supone que cada miembro del hogar debe contestar (o pasar por alto) determinadas secciones del cuestionario. Por ejemplo, en el apartado sobre fecundidad podrían incluirse las mujeres con edades comprendidas entre los 15 y los 49 años, pero no los hombres.

79. *Comprobaciones de coherencia.* Las comprobaciones de coherencia verifican que los valores de una pregunta estén en consonancia con los de otras. La comprobación es sencilla cuando ambos valores pertenecen a la misma unidad estadística; por ejemplo, la fecha de nacimiento y la edad de un determinado individuo. En las comprobaciones de coherencia más complicadas se compara información de dos o más unidades de observación distintas; por ejemplo, que los padres sean como mínimo 15 años mayores que sus hijos.

80. *Comprobación tipográfica.* Un típico error tipográfico suele aparecer en la transposición de dígitos (como introducir “14” en vez de “41”) en una entrada numérica. Dicho error respecto de la edad se puede detectar mediante comprobaciones de coherencia con el estado civil o las relaciones familiares. Por ejemplo, en el caso de un adulto casado o viudo de 41 años cuya edad se haya introducido incorrectamente como 14 aparecerá un mensaje de error cuando se constate su estado civil. Sin embargo, el mismo error en el gasto mensual en carne puede pasar inadvertido fácilmente, ya que tanto 14 como 41 dólares podrían ser importes válidos. El método que se emplea comúnmente para evitar estos errores consiste en introducir los datos de cada cuestionario dos veces, y que cada vez lo haga un operador distinto.

Gestión de datos omitidos

81. Cuando la encuesta ha llegado a la etapa de procesamiento suele suceder que falte una considerable cantidad de datos. Puede que algunos hogares hayan cambiado de domicilio o que se hayan negado a contestar, que no se hayan contestado algunas preguntas del cuestionario o que algunos datos se hayan falsificado o sean incoherentes con otra información del cuestionario. Sea cual sea el motivo, el resultado sea un registro incompleto, parcial o completamente vacío.

82. Es importante distinguir entre datos omitidos —datos que deberían estar presentes pero cuyo valor correcto es desconocido— y datos cero. Por ejemplo, un cuestionario puede estar vacío porque el hogar se negó a participar, mientras que parte de un segundo cuestionario puede estar vacío porque el hogar no plantó ninguna cosecha en sus terrenos. En el segundo caso la variable “área plantada” debería ser cero. Dichos registros deben ser conservados en el archivo para su análisis y tabulación.

83. El método que se adopte en el caso de los datos que realmente han sido omitidos depende del tipo de datos que falten. Un elemento seleccionado de muestra puede estar totalmente omitido debido a la negativa del hogar a participar en la encuesta o a la incapacidad del informante del hogar para contestar todo el conjunto de preguntas del cuestionario. En ese caso se dice que se ha producido una “falta de respuesta total”.

84. Si un informante es capaz de contestar algunas preguntas y otras no, entonces se considera una “falta de respuesta parcial o sobre un punto concreto”, ya que se han obtenido algunos datos del hogar pero no todos.

85. Los datos omitidos, sean del tipo que sean, dan lugar a estimaciones de encuesta parciales, como es de sobra conocido. Para más detalles sobre el tratamiento adecuado de la falta de respuesta y los métodos de ajuste, véase el capítulo 6.

86. En el caso de la falta de respuesta parcial puede que sea necesario sustituir los valores omitidos por alguna estimación razonable, para lograr coherencia en los totales. Esto es lo que se conoce como imputación, tal como se apunta en el capítulo 6. Para imputar valores de sustitución pueden aplicarse varios métodos, entre los que figuran los siguientes:

- *Imputación del valor medio*: utilizar el valor medio (en la UPM o en todo el conjunto de datos) para imputar el valor ausente;
- *Imputación dinámica*: tomar prestados los valores omitidos de un registro (donante) parecido para el registro incompleto. El registro donante debería haber pasado todas las pruebas de edición;
- *Imputación estadística*: utilizando una relación (regresión, coeficiente) con otra variable, derivada de datos completos, para imputar el valor ausente.

87. Los métodos anteriores son sólo algunos de los disponibles para aplicar la imputación, pero hay que tener en cuenta que existen muchos otros. La eficacia de la imputación dependerá, por supuesto, del éxito del modelo de imputación a la hora de captar la falta de respuesta. En cuanto a la elección de información auxiliar disponible, es importante que la variable guarde correlación con la variable que se impute (véase Olsson (1990) para obtener información adicional).

9.4.3.3. *Entrada de datos*

88. El objetivo de la entrada de datos consiste en convertir la información de los cuestionarios en papel en un producto intermedio (archivos legibles por una máquina) que más adelante se pueda perfeccionar con programas de edición y procesos administrativos y obtener como producto final las llamadas bases de datos limpias. Durante la fase de introducción inicial de datos lo prioritario es la velocidad y asegurar que la información archivada coincide plenamente con la de los cuestionarios.

89. El método para introducir datos de los cuestionarios en los sistemas informáticos debería escogerse en una etapa temprana, por su efecto considerable en el flujo de trabajo básico, en la técnica de almacenamiento de datos y en el diseño de formularios como en la composición del personal.

Introducción de datos de transcripción a disco

90. La introducción de datos de transcripción a disco implica teclear los datos codificados en un disco, un disquete o un disco compacto. Muchas organizaciones de encuestas de los países en desa-

rrollo han reunido una experiencia considerable utilizando este modo de introducción de datos. Es el método que más se utiliza y su uso se ha visto reforzado por la llegada de los ordenadores personales y los programas informáticos correspondientes.

91. *Aplicación de la introducción de datos.* Normalmente, la introducción de datos comprende tres módulos. En el primero se introduce toda la información. En el segundo módulo, para la verificación de los datos introducidos, se certifica que la calidad de la información introducida sea buena y se hace un seguimiento de la actuación de los operadores de introducción de datos. El tercer módulo es para la corrección de la información introducida, ya que tal vez sea necesario cambiar los valores erróneos que no se detectaron durante la introducción de datos o durante los procesos de validación.

92. Normalmente la aplicación de introducción de datos tiene un menú principal en el que la persona responsable de la introducción de datos puede seleccionar entre entrada, comprobación y corrección de datos. Antes de trabajar en el menú principal, el usuario debe certificar, con un nombre de usuario y una contraseña, que él o ella tiene autorización para entrar en la aplicación. Si falla el inicio de sesión (es decir, si se introduce un nombre de usuario o contraseña incorrectos), la aplicación se cerrará inmediatamente. Tanto los nombres de usuarios como las contraseñas se almacenan en un cuadro de usuarios en la aplicación de administración, donde la contraseña queda encriptada. Cuando un usuario inicia la sesión en el sistema con una contraseña válida se actualizan los cuadros en la aplicación de administración.

93. *Módulo de introducción de datos.* El módulo de introducción de datos es el enlace entre el cuestionario y el archivo o base de datos. Este sistema debe ser muy sencillo de usar para el operador de introducción de datos. Existen algunos requisitos importantes como que:

- La pantalla de introducción de datos debe parecerse lo máximo posible a las páginas correspondientes del cuestionario. El usuario debería poder encontrar muy rápido en el cuestionario el campo correspondiente en la pantalla.
- La velocidad de la introducción de datos es esencial. Un operador no debe esperar a que el sistema evalúe cada valor introducido. Por lo tanto, el proceso de evaluación debe ser muy rápido. Eso implica que el sistema no tenga más contacto con el servidor que el necesario, lo que en este caso significa que los valores no se guardarán en la base de datos hasta que se hayan introducido todos los valores del hogar. El inconveniente es que la información del hogar que se está introduciendo puede perderse si la aplicación se cierra por cualquier causa; sin embargo, la ventaja de la velocidad relativamente alta es más importante.
- Cada valor del cuestionario debe tener un código numérico para permitir el uso de un teclado numérico, que es la base de la velocidad.
- El módulo de introducción de datos debe tener un control de validez variable, donde el operador recibe inmediatamente un mensaje de error cuando se introduce un valor no válido. El control de validez también debería encargarse de verificar los valores relacionados; por ejemplo, si "sexo" tiene un valor "1" (hombre), entonces hay que inhabilitar la información en el valor de fecundidad.
- El programa de introducción de datos debería naturalmente indicar como error cualquier caso que sea ilógico o imposible (como que una hija sea mayor que su madre), o que sea muy poco probable (como que una niña sea menos de 15 años más joven que su madre).

- Es importante hacer un seguimiento de la cantidad de pulsaciones y el tiempo de introducción de datos para su uso estadístico posterior; por ejemplo, para predecir el tiempo total de introducción de datos.

94. *Módulo de verificación de datos.* La finalidad de un sistema de verificación es ofrecer información sobre la calidad de los datos introducidos y el grado de errores cometidos por cada operador de introducción de datos. La pantalla para este módulo se parece a la del módulo de introducción de datos. La principal diferencia es que no sólo se resume la cantidad de pulsaciones, sino que también se representa la cantidad de errores. Entre las opciones de verificación se encuentran la *verificación total*, donde se comprueban todas las ZE y los cuestionarios dentro de una ZE, o la *verificación de muestra*, donde sólo se verifican algunas de las ZE y algunos cuestionarios.

95. *Módulo de corrección de datos.* El módulo de corrección de datos se utiliza principalmente para corregir información que por algún motivo no se pudo completar en el módulo de introducción de datos. En este módulo se puede añadir, eliminar o actualizar información que abarca desde la de un hogar completo hasta un único valor.

96. *Aplicación de administración del supervisor.* La aplicación de administración es el útil con el que los supervisores realizarán cambios en la base de datos y se utiliza principalmente para la corrección del archivo de lote maestro (BMF, por su sigla en inglés) y para recibir informes sobre el rendimiento del usuario. Es importante que:

- Los supervisores tengan el control absoluto del BMF desde la aplicación y deberían poder añadir, eliminar y actualizar la información del BMF.
- Sea posible añadir o eliminar usuarios y que se pueda obtener una lista completa de todos los usuarios. Debería poderse acceder a cada usuario o a todos ellos.
- Se pueda ver e imprimir la estadística sobre las pulsaciones, a ser posible en distintos períodos.
- Se pueda ver e imprimir la tasa de error de un usuario y el promedio de todos ellos.
- Se pueda recomponer una ZE para introducir o verificar datos.
- Se pueda obtener de esta aplicación toda la información que los supervisores necesiten para gestionar su trabajo.

Svensson (1996) aborda pormenorizadamente los diversos aspectos de los sistemas de introducción de datos por transcripción a disco.

97. *Plataformas para sistemas de entrada de datos mediante transcripción a disco.* Existen muchas plataformas de desarrollo de programas de introducción de datos y edición disponibles en el mercado. Por ejemplo, el Sistema de procesamiento de censos y encuestas (*Census and Survey Processing System*, CSPro) y su antecesor, el Sistema integrado para el procesamiento mediante microcomputadoras (*Integrated Microcomputer Processing System*, IMPS), han demostrado su capacidad para apoyar el desarrollo de programas eficaces de introducción y edición de datos para encuestas de hogares nacionales complejas en muchos países en desarrollo. También han demostrado ser plataformas fáciles de obtener y utilizar (Muñoz, 2003).

Escaneado

98. El uso del escaneado en el procesamiento de datos de censos y encuestas está aumentando con rapidez. Hasta hace unos años, la introducción de datos más común era por teclado. Muchos sistemas

actuales no estaban disponibles en el mercado. Hoy en día el escenario ha cambiado y los sistemas de introducción de datos más vendidos están todos basados en técnicas de escaneado. Existen muchas subdivisiones de estas técnicas, todas con sus ventajas y desventajas. Entre las más usadas se encuentran: el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) impresos por una máquina; el reconocimiento inteligente de caracteres (ICR) manuscritos; el reconocimiento óptico de marcas (OMR) de bolígrafo o lápiz hechas en lugares predeterminados, por lo general casillas; y el reconocimiento de códigos de barras (BCR), que es el reconocimiento de datos codificados en códigos de barras impresos.

99. Respecto del uso de la tecnología del escaneado para encuestas estadísticas y censos, según Lundell (2003), hay que elegir principalmente entre el reconocimiento inteligente de caracteres y el reconocimiento óptico de marcas. En el caso de un país con una gran población es más conveniente el reconocimiento óptico de marcas, mientras que para un cuestionario complejo es preferible el reconocimiento inteligente de caracteres. El reconocimiento óptico de marcas limita el diseño del formulario, pero ofrece un procesamiento rápido y requiere personal relativamente menos preparado. El reconocimiento inteligente de caracteres permite tener libertad en el diseño del formulario, pero el procesamiento es más exigente en cuanto a la capacidad del ordenador y a las destrezas del personal. Los códigos de barras normalmente sólo se usan para imprimir y recuperar información sobre la identidad —por ejemplo, números de formularios—, ya que el código de barras contiene información de control digitalizada, para minimizar los errores.

100. Durante el proceso de escaneado los cuestionarios se escanean a una velocidad de entre 40 y 90 hojas por minuto. La velocidad es el determinante primordial al escoger el escaneado frente a otras formas tradicionales de introducción de datos que impliquen teclear los datos. El programa informático de escaneado se utiliza a continuación para identificar las páginas del cuestionario y evaluar sus contenidos utilizando el reconocimiento inteligente de caracteres y el reconocimiento óptico de marcas. Los puntos consultados o para codificar se envían al verificador, que comprueba si hay puntos mal escritos y codifica los cuestionarios abiertos de los cuadros de consulta electrónica introducidos en la plantilla de escaneado. Se trata de un programa de gran flexibilidad en cuanto al modo de realizar las verificaciones, aunque depende de cómo se haya creado la plantilla de escaneado. Las variables críticas se pueden revisar completa o parcialmente para maximizar la precisión de la respuesta captada en el archivo de datos.

101. Se ha demostrado que el uso de procesos de escaneado puede aumentar la eficacia de la captación de datos en un 70% (Edwin, 2003). Muchos de los problemas relacionados con el escaneado se pueden contrarrestar con una adecuada organización técnica del proceso. Por ejemplo, el problema de la ausencia o extravío de páginas se puede tratar con el uso de códigos de barras preimpresos en los cuestionarios de modo que sirvan de vehículo de enlace entre las distintas páginas del cuestionario. Si se realiza un mantenimiento adecuado y una supervisión del equipo y del programa informático, a largo plazo el costo de una operación de escaneado (incluida la compra del equipo y el programa informático) será significativamente menor que el de la operación de teclear los datos.

102. La experiencia en el uso del escaneado para encuestas de hogares ha sido en general muy limitada, sobre todo en la región subsahariana. Sin embargo, el uso en la serie de censos de población y vivienda del año 2000 ha sido bastante significativo, y tal vez represente un giro en cuanto a su uso general. Por ejemplo, el escaneado se utilizó en Kenya, República Unida de Tanzania, Sudáfrica, Namibia y Zambia en sus censos más recientes. Últimamente también se ha utilizado para todas las encuestas el Cuestionario sobre indicadores básicos del bienestar, realizado por el Banco Mundial y que tanto Sudáfrica como Namibia lo han utilizado para sus programas de encuestas de hogares.

9.4.3.4. Estructura de archivos y organización de los conjuntos de datos

Almacenamiento de datos

103. Para encuestas de hogares, que normalmente contienen información del ámbito del hogar y del ámbito individual, el uso eficaz del espacio de almacenamiento podría implicar un formato de archivo secuencial o de longitud variable, porque cada hogar tendría una cantidad distinta de individuos adjuntos a él. Un archivo plano, que ocupa una proporción innecesariamente grande de espacio vacío, sería adecuado sólo si todas las preguntas hicieran referencia al hogar como unidad estadística pero, como acabamos de señalar, no es el caso. Algunas preguntas hacen referencia a unidades estadísticas subordinadas que aparecen en cantidad variable dentro de cada hogar, como personas, cosechas, bienes de consumo, etcétera. Sería inútil almacenar la edad y el sexo de todos los miembros del hogar como distintas variables dentro del ámbito del hogar, porque la cantidad de variables requeridas sería definida por el mayor tamaño de hogar más que por el tamaño promedio.

104. El archivo de longitud variable se usaba para la introducción de datos de encuestas de hogares. Debido a que los hogares difieren en tamaño y composición serán necesarios registros de longitud variable durante la introducción de datos. Aunque cada tipo de registro será fijo en longitud y formato, habrá distintos tipos de registros dentro de un archivo. Cada archivo será esencialmente una imagen informatizada de los cuestionarios completados. Cada línea o bloque del cuestionario formará un registro, que empezará con una cadena de identificadores que vinculen el registro al hogar, unidad de observación, etcétera. Este método utiliza el espacio con eficacia pero no es adecuado para el procesamiento posterior, donde la referencia cruzada de datos de distintos archivos es fundamental.

105. CSPro, por ejemplo, utiliza una estructura de archivo que gestiona bien las complejidades surgidas al tratar muchas unidades estadísticas distintas, al tiempo que minimiza los requisitos de almacenamiento, y funciona bien con programas informáticos de estadística en la fase analítica.

106. La estructura de datos mantiene una correspondencia de uno a uno entre cada unidad estadística observada y los registros de los archivos informáticos, utilizando un tipo de registro distinto para cada tipo de unidad estadística. Por ejemplo, para gestionar los datos que figuran en la lista del cuadro correspondiente a hogar se definiría un tipo de registro para las variables del cuadro, y los datos correspondientes a cada individuo se almacenarían en un registro independiente de ese tipo. Asimismo, en el módulo de consumo de comida, un tipo de registro correspondería a artículos de comida, y los datos correspondientes a cada artículo individual se almacenarían en registros independientes de ese tipo.

107. El número de registros en cada tipo de registro puede variar. Así se economiza el espacio de almacenamiento requerido, ya que la necesidad de archivos no permite que todos los casos ocupen todo el espacio que necesitan.

108. Tras la inclusión de los identificadores, los datos reales registrados por la encuesta para cada unidad en concreto se registran en campos de una longitud fija en el mismo orden que el de las preguntas del cuestionario. Todos los datos se almacenan en el formato estándar ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

109. Muñoz (2003) y el Banco Mundial (1991) ofrecen explicaciones detalladas sobre gestión de archivos para encuestas de hogares.

Reestructuración de los conjuntos de datos para otras operaciones

110. Para un análisis adecuado, la base de datos asociada debe contener toda la información del procedimiento de muestreo, etiquetas para el estrato del diseño de la muestra (unidades primarias de muestreo, secundarias, etcétera), y ponderaciones de muestras para cada unidad de muestreo. La información será necesaria para hacer estimaciones de la estadística y de los errores de muestreo.

111. Después de la introducción de datos, a menudo es necesario reestructurar el conjunto de datos, generar nuevos archivos y recodificar algunos de los campos de datos existentes para definir nuevas variables más adecuadas para la tabulación y el análisis. Puede que sea necesario permitir realizar ciertas operaciones en los datos, incluido el proceso de estimación.

112. De hecho, el archivo inicial completo de los datos de la encuesta puede contener información sobre unidades muestreadas de diferentes poblaciones (Rosen, 1991). Por ejemplo, para una encuesta sobre el presupuesto de los hogares, los datos sobre los hogares muestreados y los de las personas muestreadas pueden estar en el mismo archivo inicial. Para estimar los rasgos estadísticos para la población del hogar y la de personas se necesita un archivo con un registro para cada hogar muestreado y otro con un registro para cada persona muestreada. Los conjuntos de datos o archivos basados en hogares como unidades (objetos) se usan para producir estadísticas (cuadros) sobre hogares privados.

113. Como se deduce de lo dicho anteriormente, hay dos tipos principales de archivos de encuestas de hogares: archivos de hogares y archivos individuales (específicos de personas). En la mayoría de los casos los archivos son de hogares, en el sentido de que contienen valores para variables de los hogares (variables relacionadas con la unidad de observación u objeto "hogar"). En otros casos son archivos individuales (archivos de personas) en el sentido de que contienen valores de variables sobre individuos (variables relacionadas con la unidad de observación u objeto "persona"). Los archivos de datos completos y finales (conjuntos de datos) contendrán información sobre todos los hogares e individuos informantes de cada una de las unidades de muestreo primarias encuestadas.

114. El cuadro 9.2 refleja cómo se reorganizó el gran archivo para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987 para facilitar su posterior procesamiento. Otro ejemplo, el del cuadro 9.3, presenta archivos típicos de una encuesta sobre el presupuesto de los hogares. Ambos están basados en material trabajado por Lagerlof (1988) y Rosen (1991).

115. Con miras a la tabulación, la mayoría de los conjuntos de programas informáticos estadísticos necesitan un archivo plano. Gran parte de esos programas requieren los datos en formato plano. En un archivo plano todos los registros tienen el mismo conjunto de variables o campos y son de la misma longitud. Un archivo es plano cuando el conjunto de datos para cada informante es exactamente el mismo. Los campos de datos se organizan igual dentro de cada registro, y hay implicado un número fijo de registros con una disposición idéntica. El cuadro 9.4 muestra el formato de archivo plano del archivo de hogares utilizado para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987.

116. El archivo de hogares contiene un registro para cada hogar observado, y todos los registros contienen información sobre:

- Identificación del hogar;
- Parámetros de diseño del muestreo;
- Valores observados de las variables (del hogar);
- Variables de ponderación.

Cuadro 9.2
Archivos de hogares e individuos, usados en la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe de 1987

Archivo	Tipo	Contenido
Hogar	Archivo del hogar	Identificación del hogar (región, provincia, distrito, etcétera) Respuestas a todas las preguntas relativas al hogar Variables derivadas como el tamaño del hogar (del archivo de la persona), etcétera
Persona	Archivo individual	Identificación del hogar (IDH) más identificación de la persona (IDP) Características demográficas: EDAD, SEXO, ESTCIV (estado civil), MIEHAB (miembro habitual del hogar), RELCAB (relación con el cabeza de familia)
Difunto	Archivo individual	Identificación del hogar (IDH) más identificación del difunto (IDD) Detalles del difunto miembro habitual del hogar: SEXO, EDAD (de defunción)
Mujer ≥ 12 años de edad	Archivo individual	IDH, IDP Detalles sobre todas las mujeres del hogar de al menos 12 años de edad

Cuadro 9.3
Archivos típicos de una encuesta sobre el presupuesto de los hogares

Archivo	Tipo	Contenido
Hogar	Archivo del hogar	Identificación del hogar (región, provincia, distrito, etcétera) Respuestas a todas las preguntas relativas al hogar Variables derivadas como el tamaño del hogar (del archivo de las personas), etcétera
Miembros	Archivo individual	Identificación del hogar más identificación de la persona Características demográficas: edad, sexo, estado civil, nivel educativo, etcétera, de los miembros Información sobre las principales actividades: estado laboral, profesión, etcétera
Ingresos	Archivo individual	Identificación del hogar más identificación de la persona, más identificación de la fuente de ingresos
Alimentos	Archivo del hogar	Identificación del hogar más identificación de los artículos de alimentación Gastos en alimentos
Otros bienes no duraderos	Archivo del hogar	Identificación del hogar más identificación de los bienes Gastos en bienes
Bienes duraderos	Archivo del hogar	Identificación del hogar más identificación de los bienes duraderos Gastos en bienes duraderos
Agricultura	Archivo del hogar	Identificación del hogar más identificación de los artículos de agricultura Gastos en agricultura
Capital agrícola	Archivo del hogar	Identificación del hogar más identificación del capital agrícola Gastos en capital agrícola

Cuadro 9.4
El archivo de formato plano tal como se utilizó en el archivo de hogares para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe, 1987

Identificación				Parámetros del diseño muestral							Valores variables			Variable ponderación
Estrato	Subdivisión	ZE	Hh	S_h	a_h	R_h	b_{hr}	S_{hi}	M_{hi}	m_{hi}	x	y	z	w
	<i>h</i>	<i>r</i>	<i>i</i>	<i>h</i>							X_{hrij}	Y_{hrij}	Z_{hrij}	W_{hrij}

Identificación del hogar: la combinación $hrij$ dice que el hogar j pertenece a la ZE i en la subdivisión r del estrato h .

Parámetros de muestreo: en este ejemplo concreto eran los siguientes:

- S_b = número de hogares en el estrato de muestreo de 1982;
- a_b = tamaño de la muestra de la ZE en el estrato de muestreo;
- R_b = número de subdivisiones representadas en la muestra del estrato de muestreo;
- b_{br} = número de ZE muestreadas de la subdivisión;
- S_{bi} = número de hogares de la ZE en 1982;
- M_{bi} = número de hogares de la ZE en 1987;
- m_{bi} = tamaño de la muestra de hogares extraída de la ZE.

Los valores variables observados x , y , z denotan las variables de los hogares.

Valores variables de ponderación: w denota la variable de ponderación del hogar.

117. La organización del archivo personal es análoga a la del archivo de hogares presentado anteriormente. La pequeña diferencia es que la identificación será la identificación de la persona (IDP) y el índice (k) será para la persona individual, mientras que las “variables” harán referencia a variables de individuos.

118. Los conjuntos de datos de la encuesta deben estar organizados sólo como archivos planos separados (uno para cada tipo de registro) para la difusión, porque el formato de campo de longitud fija de la estructura originaria también es adecuado para transferir los datos a sistemas de gestión de bases de datos estándar (DBMS, por su sigla en inglés) para su posterior manipulación o a un programa informático estadístico estándar para su tabulación y análisis. Es muy fácil transferir los datos a sistemas de gestión de bases de datos porque la estructura originaria traduce casi directamente al formato estándar DBF, que todos aceptan como entrada en cuadros individuales (en este caso, los identificadores de registro actúan como vínculos relacionales naturales entre los cuadros) (Muñoz, 2003).

9.4.3.5. Procedimientos de estimación y cálculo de ponderaciones

119. En el capítulo 6 se ofreció una descripción detallada de la lógica y el método de cálculo de las ponderaciones para datos de encuestas de hogares (puede consultarse además Rosen, en todas o en parte de sus publicaciones incluidas en la bibliografía al final de este capítulo). Un algoritmo de cálculo, que lleva de los valores observados a estimaciones de rasgos estadísticos, se considera un procedimiento de estimación de puntos. En el primer paso, para puntuar la estimación, se calcula una ponderación para cada objeto informante. Luego, las estimaciones de “totales” se calculan sumando los valores de observación ponderados (el valor observado calcula la ponderación correspondiente).

120. Muñoz (2003) ofrece una buena descripción de cómo utilizar un sistema informático de hojas de cálculo de Microsoft Excel para aplicar el procedimiento de muestreo en una encuesta de hogares, a través de sus principales etapas: organización del marco de la primera etapa; selección de las unidades primarias de muestreo con la probabilidad proporcional al tamaño, y cálculo de probabilidades de selección y las correspondientes ponderaciones de muestreo.

121. La construcción real de estimadores ponderados es directa. Uno empezaría con el conjunto de datos de muestra original y crearía un nuevo conjunto de datos multiplicando cada observación por

la cantidad de veces que especifique su ponderación, luego usaría las fórmulas estándar para calcular el parámetro utilizando el conjunto de datos ponderado.

122. Sin embargo, cabe destacar que las ponderaciones precisas deben incorporar tres componentes (Yansaneh, 2003) que incluyan varios ajustes necesarios (véase también el capítulo 6). Las ponderaciones básicas son responsables de la variación en las probabilidades de ser seleccionados en diferentes grupos de hogares, tal como estipula el diseño inicial de la encuesta. El segundo ajuste es para la variación de las tasas de falta de respuesta en campos o subgrupos. Finalmente, en algunos casos puede haber ajustes de posestratificación necesarios para que los datos de la encuesta concuerden con la distribución de una fuente independiente, como el último censo de la población.

123. Otra complicación del proceso de estimación surge de la demanda creciente de estadísticas en el nivel del campo. Tal como se apuntó en el capítulo 3, un campo es un subconjunto para el que es preferible tener estimaciones independientes. Por lo general, se pueden especificar en la etapa de diseño de la muestra, pero también se pueden extraer de los datos derivados. Un campo puede ser también un estrato, una combinación de estratos, regiones administrativas (provincia, distrito, nivel rural/urbano, etcétera), y se puede definir en función de características demográficas o socioeconómicas (edad, sexo, grupo étnico, pobre, y otras). A continuación ofrecemos cómo se podrían construir los conjuntos de datos para facilitar la estimación de campos.

124. Empezamos visualizando un archivo de datos (observación) (por ejemplo, el archivo de hogares) tal como se ha mostrado anteriormente para la Encuesta demográfica intercensal de Zimbabwe. Este archivo tiene un registro para cada hogar muestreado. Al final del proceso de la encuesta el archivo contendrá la siguiente información para cada hogar:

- a) Identificación del hogar;
- b) Parámetros de muestreo;
- c) Valores para las variables de estudio X , Y y Z ;
- d) Valor de la ponderación de la estimación del hogar;
- e) Si el hogar pertenece o no a la categoría C ;
- f) Si el hogar pertenece o no al campo G .

125. Esta información (excepto los parámetros de muestra) se indica de la manera siguiente:

- IDH = etiqueta identificativa para los hogares muestreados. Para simplificar, utilizamos la numeración en serie $1, 2, \dots, n$. Por lo tanto, n es el tamaño de la muestra total.
- x, y y z son los valores observados de las variables de X, Y y Z en el hogar.
- $c = 1$ si el hogar es de categoría C ; de lo contrario es 0 .
- $g = 1$ si el hogar pertenece al campo G ; de lo contrario es 0 .
- w = ponderación estimada para el hogar.

126. Los valores de las variables del indicador c y g normalmente se derivan de los valores de otras variables y no se observan directamente. Por ejemplo, podemos hacer que la categoría c represente “por debajo del umbral de pobreza”, de modo que no se pregunta a los hogares si pertenecen o no a esta categoría. La clasificación se deriva, pues, de los datos de ingresos del hogar y un umbral de pobreza estipulado. Asimismo, se necesitan otras derivaciones de otras variables para determinar si un

hogar pertenece a un campo de estudio específico G o no (por ejemplo, el campo G puede consistir en hogares con 3 + niños). En la etapa de estimación los valores de tales indicadores deberían estar disponibles en el archivo de observación.

127. Cuando todos los datos estén disponibles en el archivo de observación, tendrá el aspecto que se muestra en el cuadro 9.5, excepto que los parámetros de muestreo no están incluidos.

128. Los comentarios anteriores se refieren a la estimación de características estadísticas de la población de los hogares, que vale para la población de personas, porque, en general, la ponderación de estimación de una persona es la misma que la del hogar al que pertenece. Como todos los miembros de un hogar típico figuran en una lista del cuestionario, una persona en concreto está incluida en la muestra de personas si y sólo si su hogar está incluida en la muestra de hogar. La probabilidad de inclusión de una persona es la misma, pues, que la probabilidad de inclusión del hogar al que pertenece. Sin embargo, eso no es cierto cuando se hace un submuestreo dentro de los hogares. Por ejemplo, en algunos diseños de muestra el procedimiento puede exigir seleccionar sólo un adulto por hogar, o un varón y una mujer. Entonces la ponderación de los individuos seleccionados se calcula independientemente y no es igual a la del hogar.

129. Para completarlo, parte del procedimiento de estimación de una encuesta de hogares debe incluir la provisión de estimaciones de los errores de muestreo (o estándar) de la encuesta, sobre todo para las estadísticas más importantes que se generan y se ponen a disposición del público. El capítulo 7 del manual está dedicado a este tema.

9.4.3.6. Tabulación, conjuntos de datos para la tabulación y bases de datos

130. Existen tres productos básicos principales de una encuesta estadística (Sundgren, 1995):

- *Macrodatos*: “estadísticas” que representan estimaciones para determinados aspectos estadísticos; la producción de estos datos es el principal objetivo de la encuesta que se quiere realizar.
- *Microdatos*: “observaciones de objetos individuales” que subrayan los macrodatos producidos por la encuesta; estos datos son esenciales para el futuro uso e interpretación de los resultados de la encuesta.
- *Metadatos*: “datos que describen el significado, precisión, disponibilidad y otros aspectos importantes de los microdatos y macrodatos subyacentes”; son esenciales para identificar correctamente y recuperar los datos estadísticos pertinentes para un problema concreto, así como para interpretar correctamente y (re)utilizar los datos estadísticos.

Cuadro 9.5

Archivo de observación con los datos finales para las variables de una encuesta de hogares

IDH	X	Y	Z	C	G	W
1	x_1	y_1	z_1	c_1	g_1	w_1
2	x_2	y_2	z_2	c_2	g_2	w_2
3	x_3	y_3	z_3	c_3	g_3	w_3
.
w
n	x_n	y_n	.	c_n	g_n	w_n

También resultaría útil diseñar los cuadros de datos multidimensionales (cubos) pensando en ofrecer un acceso más versátil a los resultados de la encuesta así como para aprovecharlos en los de sitios web, por ejemplo.

131. El programa de encuestas de hogares debería finalmente generar una situación en la que el archivo de datos se base en una combinación de datos del nivel de micro y macrodatos. Para lograrlo debe haber una descripción detallada de la estructura de la información recogida mediante múltiples encuestas.

132. El almacenamiento de datos debería concebirse en tres fases (Lundell, 2003):

- *Almacenamiento*: durante la introducción de datos, éstos deberían ser almacenados de un modo que sobre todo funcione bien con la introducción de datos y los métodos de limpieza de datos, como se ha comentado anteriormente.
- *Depósito*: cuando los datos se han introducido y limpiado, deberían almacenarse en un depósito cuya estructura esté adaptada a las herramientas y métodos de análisis y difusión de los datos.
- *Archivo*: los datos del proyecto deberían ser archivados de un modo acorde con los estándares duraderos, para asegurar una futura recuperación sencilla de los datos.

133. Existen muchas maneras de crear un depósito de datos que contenga datos limpios, utilizando uno de los siguientes métodos (en las páginas del apéndice que sigue a este capítulo hay más información sobre estos conjuntos de programas informáticos):

- Archivos planos;
- Base de datos relacional (por ejemplo, el Microsoft Structured Query Language (SQL) Server);
- Programas informáticos estadísticos (por ejemplo, el Statistical Analysis System (SAS) o el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)).

134. Para el archivado a largo plazo de los datos finales existe una opción principal. Los datos se deben guardar como meros archivos planos en formato ASCII con descripciones de registros adjuntas. La mayoría de los sistemas de bases de datos y programas informáticos estadísticos pueden exportar datos a estos archivos sin muchos problemas, además de poder importar datos de ellos.

Apéndice

Opciones de programas informáticos para los distintos pasos del procesamiento de datos de encuestas

Tipo de operación	Opciones de programas informáticos
Sistema de gestión de bases de datos	Microsoft Structured Query Language (SQL) Server 2000, Standard Edition Microsoft Access Statistical Analysis System (SAS)
Entrada y edición de datos	Visual Basic Microsoft Access Integrated Microcomputer Processing System (IMPS) Census and Survey Processing System (CSPRO)
Recuperación de datos	Statistical Analysis System (SAS) Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Microsoft Access Microsoft Excel
Tabulación, análisis y presentación	Microsoft Word Microsoft Excel Statistical Analysis System (SAS) Statistical Package for Social Sciences (SPSS)
Estimación de varianzas	CENVAR: componente de IMPS para cálculo de varianzas. Computation and Listing of Useful Statistics on Errors of Sampling (CLUSTERS) Integrated System for Survey Analysis (ISSA) Survey Data Analysis (SUDAAN) Statistical Analysis System (SAS) Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Cluster Analysis and Regression Package (PC-CARP)

Microsoft Office

El Microsoft Office, desarrollado por Microsoft Corporation, es un paquete completo que contiene los siguientes programas:

- Microsoft Office Access, el programa de gestión de bases de datos de Office que ofrece además una prestación ampliada, mejorada y fácil de usar que permite importar, exportar y trabajar con archivos de datos en XML (Extensible Markup Language).
- Microsoft Office Excel, el programa de hoja de cálculo del Office que incluye ayuda para XML y nuevas características que hacen más fácil analizar y compartir información.
- Microsoft Office Word, que es el procesador de texto de Office.
- Microsoft SQL Server 2000 es una base de datos de servidor para proyectos empresariales completos y gestión de recursos.
- Microsoft Office Outlook, el gestor de información personal y programa de comunicación de Office que ofrece la posibilidad de centralizar en un solo lugar la gestión del correo electrónico, los calendarios, etcétera.

Website: <http://www.microsoft.com/office/system/overview.msp#EDAA>.

Visual Basic

Microsoft lanzó Visual Basic en 1987. Visual Basic no sólo es un lenguaje de programación, sino también un entorno completo de desarrollo gráfico. Este entorno permite a los usuarios con escasa experiencia en programación crear con rapidez útiles aplicaciones de Microsoft Windows capaces de utilizar objetos OLE (Object Linking and Embedding) tales como una hoja de cálculo de Excel. Visual Basic brinda también la posibilidad de desarrollar programas que pueden emplearse como una aplicación *front-end* en un sistema de base de datos, sirviendo al usuario como un interfaz que recoge la información y la muestra formateada de un modo más atractivo y útil que en la mayoría de las versiones del SQL.

La principal ventaja del Visual Basic reside en la facilidad con que el usuario puede crear programas gráficos y de aspecto atractivo sin apenas necesidad de que el programador intervenga en la codificación. El objeto principal del Visual Basic se denomina *form*, y ello facilita el desarrollo de pantallas de entrada de datos.

Website: <http://www.engin.umd.umich.edu/CIS/course.des/cis400/vbasic/vbasic.html>.

CENVAR

CENVAR es el componente para el cálculo de varianzas del Sistema integrado para el procesamiento mediante microcomputadoras (Integrated Microcomputer Processing System, IMPS), que se compone de una serie de conjuntos de programas informáticos destinados a la entrada, edición, tabulación, estimación, análisis y difusión de los de datos de censos y encuestas. El sistema fue desarrollado por la Oficina del Censo de Estados Unidos (The United States Census Bureau).

Website: <http://www.census.gov/ipc/www/imps/>.

PC CARP

CENVAR está basado en el *software* del Paquete de regresión y análisis de conglomerados para ordenadores personales (Cluster Analysis and Regression Package for Personal Computers, PC CARP), desarrollado originalmente por la Universidad del Estado de Iowa. PC CARP emplea el procedimiento de linealización para el cálculo de varianzas.

Website: <http://www.census.gov/ipc/www/imps/>.

Sistema de procesamiento de censos y encuestas (CSPPro)

El Sistema de procesamiento de censos y encuestas (Census and Survey Processing System, CSPPro) es un conjunto de programas informáticos de dominio público destinado a la entrada, edición, tabulación y cartografiado de datos de censos y encuestas. CSPPro fue diseñado y desarrollado gracias al esfuerzo conjunto de los creadores de IMPS e ISSA: la Oficina del Censo de los Estados Unidos, Macro International y Serpro, S.A. La Oficina de Población de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional se encargó de financiar el desarrollo del paquete. CSPPro se diseñó con la intención de que acabara sustituyendo a IMPS e ISSA.

Website: <http://www.census.gov/ipc/www/imps/>.

Programa de cálculo y listado de estadísticas útiles sobre errores de muestreo (CLUSTERS)

El Programa de cálculo y listado de estadísticas útiles sobre errores de muestreo (Computation and Listing of Useful Statistics on Errors of Sampling, CLUSTERS) se creó originalmente para calcular los errores de muestreo del Programa de encuestas del estudio mundial de fecundidad (WFS). Emplea el método de linealización por serie de Taylor para calcular los errores de muestreo. Además, este programa se ha empleado para calcular los errores de muestreo de multitud de encuestas de hogares, en particular las realizadas mediante los programas de encuestas demográficas y de salud en muchos países en desarrollo (véase Verma, 1982).

Sistema integrado de análisis de encuestas (ISSA)

Macro International Inc. desarrolló el Sistema integrado para el análisis de encuestas (Integrated System for Survey Analysis, ISSA) específicamente para el Programa de encuestas demográficas y de salud. Este sistema se ha empleado para todos los aspectos del procesamiento de datos, entrada de datos, edición y tabulación. También tiene un módulo de error de muestreo que permite el cálculo de dichos errores para mediciones demográficas complejas tales como las tasas de mortalidad y fecundidad mediante el método *jackknife* (véase Macro International Inc. (1996)).

Sistema de análisis estadístico (SAS)

El Sistema de análisis estadístico (Statistical Analysis System, SAS), que fue desarrollado por SAS, Inc., en 1966, es un paquete informático para el análisis de datos, la gestión de archivos y el cálculo de errores de muestreo (véase An y Watts (2001) para consultar las últimas prestaciones del Sistema).

Paquete estadístico de ciencias sociales (SPSS)

El Paquete estadístico de ciencias sociales (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS), que fue desarrollado por SPSS, Inc., es un paquete informático diseñado para el análisis de datos y la gestión de archivos, entre otras prestaciones (véase SPSS, Inc. (1988) para consultar las últimas innovaciones).

Análisis de datos de encuestas (SUDAAN)

El Análisis de datos de encuestas (Survey Data Analysis, SUDAAN), que fue desarrollado por el Research Triangle Institute (Research Triangle Park, North Carolina), es un paquete integral de encuestas por muestreo (y datos correlacionados) con poderosas virtudes tanto para el análisis descriptivo como de modelos. (Para un estudio más detallado, véanse Shah, Barnwell y Bieler (1996)).

Referencias bibliográficas y lecturas complementarias

- An, A. y D. Watts (2001). *New SAS Procedures for Analysis of Sample Survey Data*. SUGI Paper, No. 23. Cary, Carolina del Norte: SAS Institute, Inc.
- Arnic *et al.* (2003). "Metadata production systems within Europe: the case of the statistical system of Slovenia". Documento presentado en Metadata Production Workshop. Luxemburgo. Eurostat Document 3331.
- Backlund, S. (1996). *Future directions on IT issues. Mission report to National Statistical Centre*. República Democrática Popular Lao, Vientián.

- Banco Mundial (1991). *The SDA survey instrument: an instrument to capture social dimensions of adjustment*. Departamento de Pobreza y Política Social, Departamento Técnico, División de África. Washington, D.C.
- Brogan, D. (2003). *Comparison of Data Analysis Software Suitable for Surveys in Developing Countries*. División de Estadística de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Chromy, J. y S. Abeysasekara (2003). *Analytical Uses of Survey Data*. División de Estadística de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Chronholm, P. y Edsfeldt (1996). *Course and seminar on systems design, Mission report to Central Statistics (CSS)*. Pretoria.
- Giles, M. (1996). *Turning Data into Information: A Manual for Social Analysis*. Canberra: Australian Bureau of Statistics.
- Glewwe, Paul (2005). “Panorama general del diseño de cuestionarios para las encuestas de hogares en los países en desarrollo”. En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.
- Graubard, B. y E. Korn (2002). *The Use of Sampling Weights in the Analysis of Survey Data*. División de Estadística de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Jambwa, M. y L. Olsson (1987). *Application of database technology in the African context*. Comunicación. 46a. sesión del Instituto Internacional de Estadística, Tokio.
- Jambwa, M., C. Parirenyatwa y B. Rosen (1989). *Data processing at the Central Statistical Office: Lessons from recent history*. Central Statistics Office, Harare.
- Lagerlöf, Birgitta (1988). *Development of systems design for national household surveys*. SCB R&D Report, No. 4. Estocolmo: Statistics Sweden.
- Lehtonen, R. y E. Pahkinen (1995). *Practical Methods for Design and Analysis of Complex Surveys*. Nueva York: Wiley & Sons.
- Lundell, L. (1996). *Information systems strategy for CSS. Report to Central Statistical Service (CSS)*. Pretoria.
- _____ (2003). *Census data processing experiences. Report to Central Bureau of Statistics (CBS)*. Windhoek.
- Macro International, Inc. (1996). *Sampling Manual*, DHS-III Basic Document No. 6. Calverton, Maryland: Macro International, Inc.
- Muñoz, Juan (2003). “Guía para la gestión de datos de las encuestas de hogares”. En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.
- Naciones Unidas (1982). *Programa para desarrollar la capacidad nacional de ejecutar encuestas por hogares: “Survey data processing: a review of issues and procedures*. DP/UN/INT-81-041/1. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo y Oficina de Estadística de las Naciones Unidas. Nueva York.
- _____ (1985). *National Household Survey Capability Programme: household income expenditure surveys: a technical study*. DP/UN/INT.88-X01/6E. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo y Oficina de Estadística de las Naciones Unidas. Nueva York.

- Oficina Australiana de Estadística (2005). *Labour statistics: concepts, sources and methods*. Canberra: Statistical Concepts Library. Disponible en www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@nsf/DirClassManuallyCatalogue/59D849DC7BOIFCCECA257/10FOOI F6E5B. Documento abierto No. 6102.0.55.001.
- Oficina Central de Estadística, Namibia (1996). *The 1993/1994 National Household Income and Expenditure Survey (NHIES)*. Informe administrativo y técnico. Windhoek: National Planning Commission.
- Oficina Internacional del Trabajo (1990). *Survey of Economically Active Population, Employment, Unemployment and Underemployment: ILO Manual on Concepts and Methods*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Olofsson, P. (1985). *Proposals for Survey Design, Kingdom of Lesotho, Report on short-term mission on a labour-force survey to Bureau of Statistics*. Maseru.
- Olsson, Ulf (1990)a. *Approaches to agricultural statistics in developing countries: an appraisal of ICO's experiences*, No. 12. Estocolmo: SCB (Statistics Sweden, International Consulting Office).
- _____ (1990)b. *Applied statistics lecture notes: special reports*. TAN 1990:1. Estocolmo Statistics Sweden International Consulting Office.
- Petterson, Hans (2005). "Diseño de marcos muestrales maestros y muestras maestras para las encuestas de hogares en países en desarrollo". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.
- Puide, Annika (1995). *Report on a mission to Takwimu*. Dar es Salaam, 21 de noviembre-21 de diciembre de 1994. TANSTAT 1994:20 (20 de enero de 1995). Estocolmo: Statistics Sweden, International Consulting Office.
- Rauch, L. (2001). *Best Practices in Designing Websites for Dissemination of Statistics*. Conference of European Statisticians Methodological Material. Ginebra: Comisión de Estadística y Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.
- Rosen, B. y B. Sundgren (1991). *Documentation for re-use of microdata from surveys carried out by Statistics Sweden*. Documento de trabajo para Research and Development Unit, Statistics Sweden, Estocolmo.
- _____ (2002)a. *Mission on sampling: framework for the master sample, Kingdom of Lesotho. Report from a mission to the Bureau of Statistics*. Maseru, Lesotho, 1-15 junio de 2002. LESSSTAT 2002:7. Estocolmo: Statistics Sweden, International Consulting Office.
- _____ (2002)b. *Report on the short-term mission on estimation procedure for master sample surveys*. Maseru: Bureau of Statistics, Kingdom of Lesotho.
- Rosen, Beugt (1991). *Estimation in the income, consumption and expenditure survey*. ZIMSTAT 1991: 8:1.
- Shah, B., B. Barnwell y G. Bieler (1996). *SUDAAN User Manual: Release 7.0*, Research Triangle Park, Carolina del Norte. Research Triangle Institute.
- Silva, Pedro Luis do Nascimento (2005). "Presentación de informes y compensación de errores no muestrales para encuestas realizadas en el Brasil: práctica actual y desafíos futuros". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. No. de venta: S.05.XVII.6.
- SPSS, Inc. (1988). *SPSS/PC+V2.0 Base Manual*. Chicago, Illinois: SPSS.

- St. Catherine, Edwin (2003). "Review of data processing, analysis and dissemination for Designing Household Survey Samples: Practical Guidelines". Reunión del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas para examinar el proyecto del Manual sobre diseño de encuestas de hogares por muestreo. Nueva York, 3 al 5 de diciembre de 2003.
- Sundgren, B. (1984). *Conceptual Design of Databases and Information Systems*. P/ADB Report E19. Estocolmo: Statistics Sweden.
- _____ (1986). *User-Oriented Systems Development at Statistics Sweden*. U/ADB Report E24. Estocolmo: Statistics Sweden.
- _____ (1991). *Information Systems Architecture for National and International Statistics Offices: Guidelines and Recommendations*. Ginebra: Comisión de Estadística y Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.
- _____ (1995). *Guidelines: Modelling Data and Metadata*. Ginebra: Comisión de Estadística y Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.
- Svensson, R. (1996). *The Census Data Entry Application. Report from a mission to Central Statistical Service (CSS)*. Pretoria.
- Thiel, Lisa Olson (2001). *Designing and developing a web site. Report from a mission to Bureau of Statistics*. Maseru, Lesotho, 12-23 de noviembre de 2001. LESSTAT: 2001:17. 28 de diciembre. Estocolmo: SCB Statistics Sweden, International Consultancy Office.
- Verma, Vijay (1982). "The estimation and presentation of sampling errors". *World Fertility Survey, Technical Bulletins*, No. 11 (Diciembre). La Haya: International Statistical Institute. Voorburg, Países Bajos.
- Wallgren, Anders *et al.* (1996). *Graphing Statistics and Data: Creating Better Charts*. Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.
- Yansaneh, I. (2005). "Panorama general de las cuestiones relacionadas con el diseño de la muestra para las encuestas de hogares en países en desarrollo y en transición". En *Encuestas de hogares en los países en desarrollo y en transición*. Estudios de métodos, No. 96. División de Estadística de las Naciones Unidas, Nueva York. No. de venta: S.05.XVII.6.

Anexo I

Consideraciones básicas del diseño muestral de encuestas

A.1. Introducción

1. El muestreo es una técnica mediante la cual se selecciona una parte de la población y luego los resultados obtenidos a partir de esa parte se extrapolan a la población total de la que se seleccionó la parte o muestra. En general, hay dos tipos de muestras, a saber: muestras probabilísticas y no probabilísticas. Este manual se centra en las muestras probabilísticas. En el panorama general se abordarán las unidades de la encuesta, el diseño de la muestra y las estrategias básicas de muestreo, todo ello con ejemplos. Comenzaremos definiendo las unidades de la encuesta y los conceptos de uso común en el campo del muestreo.

A.2. Unidades de la encuesta y conceptos

2. *Elementos* (unidades) de una población son las unidades para las que se busca información. Son, por tanto, las unidades básicas que conforman y definen a la población de la que se van a extraer conclusiones. Por ejemplo, en una encuesta de hogares sobre fecundidad, las mujeres en edad de procrear suelen ser los últimos elementos. Para facilitar la recopilación de datos en una encuesta es absolutamente esencial que los elementos estén bien definidos y sean fáciles de identificar físicamente.

3. *Población* es la suma de los elementos definidos en el párrafo anterior. Resulta esencial definir la población en función de tres aspectos:

- Contenido, que requiere la definición del tipo de características de los elementos que conforman la población.
- Extensión, que hace referencia a las fronteras geográficas en lo relativo a la cobertura.
- Tiempo, que se referiría al período de tiempo durante el que existe la población.

4. *Unidades de observación* son aquellas de las que se obtienen las observaciones y elementos que dan la información solicitada en una encuesta. En encuestas realizadas mediante entrevista se las denomina informantes. Hay que tener en cuenta que en algunos casos las unidades de observación y las de información pueden ser diferentes. Por ejemplo, en una encuesta de niños menores de cinco años los padres suelen dar la información relativa a sus hijos, como sus representantes. En esos casos los niños seleccionados en la muestra son unidades de observación, y sus padres, unidades de información.

5. *Unidades de muestreo* son las que se emplean para seleccionar los elementos que se incluirán en la muestra. En el muestreo de elementos, cada unidad de muestreo contiene un elemento, mientras

que en el muestreo de conglomerados, por ejemplo, una unidad de muestreo comprende un grupo de elementos llamado conglomerado. Por ejemplo, una zona de empadronamiento (ZE) contendría, como unidad de muestreo de primera etapa, un conglomerado de hogares. Es posible usar diferentes unidades de muestreo en una misma encuesta. Un buen ejemplo es el muestreo en varias etapas, para el que se usa una jerarquía de unidades de muestreo (véase el capítulo 3).

6. *Unidades de la muestra:* Las unidades de muestreo seleccionadas pueden denominarse unidades de la muestra; los valores de las características estudiadas en las unidades de la muestra se conocen como observaciones de la muestra. *Unidad de análisis* es una unidad empleada en la etapa de tabulación y análisis. Dicha unidad puede ser elemental o un grupo de unidades elementales. Hay que destacar, como señalamos antes, que la unidad de análisis y la unidad de información no son necesariamente idénticas.

7. *Marco de muestreo:* El marco de muestreo se emplea para identificar y seleccionar las unidades de muestreo dentro de la muestra y como base para realizar estimaciones basadas en los datos de la muestra. Esto implica que la población de la que hay que seleccionar la muestra debe estar representada de forma física. En circunstancias ideales el marco debería contener todas las unidades de muestreo pertenecientes a la población sometida a estudio con los detalles de identificación adecuados. Los marcos deberían ser exhaustivos y mutuamente excluyentes si es posible (para un análisis más pormenorizado, consúltese el capítulo 4). Los tipos de marcos usados comúnmente en las encuestas son los marcos múltiples, de lista y de área.

8. *Marco de lista* es aquel que contiene una lista de unidades de muestreo de la que puede seleccionarse directamente una muestra. Es preferible que el marco tenga información pertinente y exacta sobre cada unidad de muestreo relativa a su tamaño, además de otras características. La información adicional ayuda a diseñar y/o a seleccionar muestras eficientes.

9. *Marcos de área* lo son de varias etapas que por lo general se usan en las encuestas de hogares. A este respecto, el marco consiste en una o más etapas de unidades de área. En un diseño muestral en dos etapas, por ejemplo, el marco estará compuesto de conglomerados, que se conocen como unidades primarias de muestreo (UPM); en las UPM seleccionadas el marco de la segunda etapa es una lista de hogares. En general, se necesita un marco en todas las etapas de selección. La durabilidad del marco disminuye a medida que se desciende en la jerarquía de las unidades.

10. *Unidades de área:* Las unidades de área cubren territorios específicos, con fronteras claramente definidas y físicamente delimitadas —como carreteras, calles, ríos, vías ferroviarias, etcétera—; o bien delimitados por líneas imaginarias que tracen las fronteras oficiales de las divisiones administrativas. Las zonas de empadronamiento censal suelen establecerse dentro de unidades administrativas más pequeñas que existan en un país. Esto facilita la suma de los recuentos en las unidades administrativas o campos.

11. El *marco* o marcos empleados en una encuesta de hogares deberían ser capaces de proporcionar acceso a todas las unidades de muestreo de la población de la encuesta de tal forma que cada unidad tenga una probabilidad conocida, distinta a cero, de ser seleccionada para la muestra. El acceso puede conseguirse mediante el muestreo a partir de los marcos, normalmente en dos o más etapas de selección. El marco de la primera etapa de muestreo debe incluir todas las unidades de muestreo designadas. En las etapas posteriores de la selección de la muestra sólo se necesitan marcos para las unidades de la muestra seleccionadas en la etapa anterior. El marco de muestreo puede almacenarse en copias impresas y/o en soportes electrónicos.

A.3. Diseño de la muestra

12. En general, el diseño de la muestra hace referencia a la selección y estimación de la muestra. Se trata, por tanto, de cómo seleccionar una parte de la población que quiere incluirse en una encuesta. En términos prácticos, el diseño de la muestra implica la determinación del tamaño y la estructura de la muestra teniendo en cuenta los costos de la encuesta. El diseño muestral que se prefiere es el que genere la máxima precisión con un determinado costo, o el mínimo costo para un nivel específico de precisión.

13. No obstante, debe hacerse hincapié desde el principio en que el diseño de la muestra no puede aislarse de otros aspectos del diseño y la ejecución de la encuesta. En general, la teoría del muestreo se ocupa del grado de relación que existe en una población determinada entre las estimaciones de la encuesta y los errores muestrales asociados con ellas y el tamaño y la estructura de la muestra.

A.3.1. Requisitos básicos para el diseño de una muestra probabilística

- La población objetivo debe estar claramente definida.
- Debe haber un marco o marcos de muestreo en el caso de muestras en varias etapas.
- Los objetivos de la encuesta deben especificarse sin ambigüedades en cuanto a contenido, variables analíticas y niveles de desglose (por ejemplo, ¿se necesitan estimaciones o datos a escala nacional, provincial, de distritos, de zonas rurales/urbanas?).
- Deben tenerse en cuenta las limitaciones presupuestarias o sobre el terreno.
- Deben formularse los requisitos de precisión para determinar el tamaño de la muestra.

A.3.2. Importancia del muestreo probabilístico en encuestas de hogares en gran escala

- Permite la cobertura de toda la población objetivo en la selección de la muestra.
- Reduce el sesgo de muestreo.
- Permite extrapolar los resultados de la muestra a la población de la que se ha seleccionado la muestra.
- Permite calcular los errores muestrales, que son medidas de fiabilidad.
- Se ha dicho también que permite al encuestador presentar los resultados sin tener que disculparse por emplear métodos no científicos.

A.3.3. Procedimientos de selección, aplicación y estimación

- Cada elemento de la población debería estar representado en el marco del que se selecciona la muestra.
- La selección de la muestra debería basarse en un proceso aleatorio que otorgue a cada unidad una probabilidad específica de selección.
- Todas las unidades de la muestra, y sólo ellas, deben figurar en la lista.
- Al estimar los parámetros de la población a partir de la muestra, los datos procedentes de cada unidad/elemento deben ponderarse de acuerdo a su probabilidad de selección.

14. La selección aleatoria de unidades reduce la probabilidad de obtener una muestra no representativa. La aleatoriedad es, por tanto, un método seguro para combatir los efectos de los sesgos imprevistos. El método de la selección de la muestra empleado depende del esquema de muestreo usado. Cuanto más complejos son los diseños muestrales, más complicados son los procedimientos de selección que se necesitan.

A.4. Consideraciones básicas sobre estrategias de muestreo probabilísticas

15. Existe una serie de técnicas de muestro probabilístico que han sido creadas para elaborar un diseño muestral. Entre ellas figuran el muestreo aleatorio simple, el muestreo sistemático, la estratificación y la conglomeración. A continuación las analizaremos brevemente mediante algunos ejemplos.

A.4.1. Muestreo aleatorio simple

16. El muestreo aleatorio simple (MAS) es un método de selección muestral probabilístico donde cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado. La selección de la muestra se puede realizar con o sin sustitución. Este método casi nunca se emplea en encuestas de hogares en gran escala porque resulta costoso a causa de la confección de listas y los viajes. Puede considerarse la forma básica de muestreo probabilístico aplicable a situaciones en que no haya información previa disponible sobre la estructura de la población. El MAS resulta atractivo por la simplicidad de sus procedimientos de selección y estimación (por ejemplo, de errores de muestreo).

17. Si bien es cierto que el MAS no es muy utilizado, resulta básico para la teoría de muestreo por sus simples propiedades matemáticas. La mayoría de las teorías y técnicas estadísticas, por tanto, adoptan la selección aleatoria simple de elementos. De hecho, todas las demás selecciones de muestras probabilísticas pueden verse como versiones restringidas del MAS que suprimen algunas combinaciones de elementos de la población. El MAS tiene dos funciones:

- Establece un punto de referencia con el que comparar la eficacia de otras técnicas de muestreo, y
- Puede emplearse como el método final para seleccionar las unidades elementales en el contexto de diseños más complejos como son los diseños en varias etapas, los conglomerados y los estratificados.

Los siguientes ejemplos ilustran el cálculo de la probabilidad de selección aplicando el MAS:

1. En primer lugar, consideraremos una población finita de 100 hogares $H_1, H_2, \dots, H_i, \dots, H_{100}$ con valores de ingresos $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_{100}$.

En este ejemplo, la probabilidad de cualquier unidad específica de ser seleccionada es de $\frac{1}{100}$.

2. Como segundo ejemplo, observamos que para extraer una muestra de hogares los hogares objetivo se pueden enumerar en serie en un marco/lista. Empleando números aleatorios puede seleccionarse una muestra con un tamaño de, pongamos por caso, 25. En el método de selección de igual probabilidad (EPSEM), f es la fracción total de muestreo en los elementos.

$$\text{Así, } f = \frac{n}{N}.$$

Si $n=25$ (el tamaño de la muestra) y $N=100$ (el número total de hogares), entonces la fracción de muestreo, que es la probabilidad de selección, es

$$\frac{25}{100} = \frac{1}{4}.$$

A.4.1.1. Tipos de selección de la muestra con muestreo aleatorio simple

18. Hay dos métodos comunes para seleccionar la muestra mediante muestreo aleatorio simple:

- a) Muestreo aleatorio simple con sustitución (MASCS);
- b) Muestreo aleatorio simple sin sustitución (MASSS).

Muestreo aleatorio simple con sustitución

19. El muestreo aleatorio simple con sustitución se basa en seleccionar de forma aleatoria una población reemplazando el elemento escogido de la población después de cada extracción. La probabilidad de selección de un elemento permanece intacta tras cada extracción, y cualquiera de las muestras independientes seleccionadas es independiente de las demás. Esta propiedad explica por qué el MAS se usa como técnica de muestreo por defecto en muchos estudios estadísticos teóricos. Además, dado que la adopción del MAS simplifica de forma considerable las fórmulas de estimadores como los estimadores de la varianza, ésta se emplea como referencia. En el párrafo siguiente presentamos las fórmulas para la estimación de la media (A.1) y la varianza (A.2) de la media de la muestra aplicando el muestreo aleatorio simple con sustitución. Las fórmulas aparecen acompañadas por ejemplos.

20. En el caso de una muestra de n unidades seleccionada mediante MASCS, para la que se ha recopilado información sobre la variable x , la media y la varianza vienen dadas por:

1. Media

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i^n x_i = \frac{1}{n} [x_1 + x_2 + \dots + x_n] \quad (\text{A.1})$$

cuando $x_1=24$, $x_2=30$, $x_3=27$, $x_4=36$, $x_5=31$, $x_6=38$, $x_7=23$, $x_8=40$, $x_9=25$, $x_{10}=32$;

$$\text{entonces } \bar{x} = \frac{24 + 30 + 27 + \dots + 25 + 32}{10} = 30,6.$$

2. Varianza

$$V(\bar{x}) = \frac{s^2}{n} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{de donde } s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_i^n x_i^2 - \frac{x^2}{n} \right] = \frac{1}{n-1} (\sum x_i^2 - n\bar{x}^2) \quad (\text{A.3})$$

$$x^2 = (\sum x_i)^2 = 93.636.$$

Si ahora lo calculamos con estos valores,

$$s^2 = \frac{(9 \cdot 684 - 9 \cdot 364)}{9} = 35,56$$

$$V(\bar{x}) = \frac{35,56}{10} = 3,56$$

$$Se(\bar{x}) = \sqrt{3,56}$$

Muestreo aleatorio simple sin sustitución

21. Intuitivamente, es mejor muestrear sin sustitución, dado que se obtiene más información porque no existe la posibilidad de que las unidades muestrales se repitan. La estrategia del muestreo aleatorio simple sin sustitución es, por tanto, el procedimiento de muestreo aleatorio simple más utilizado. En él el proceso de selección se prosigue hasta seleccionar n unidades distintas, y todas las repeticiones se ignoran. Esto equivale a quedarse con la unidad o unidades seleccionadas y seguir seleccionando más unidades con igual probabilidad de las restantes unidades de la población.

Éstas son algunas de las propiedades del muestreo aleatorio simple sin sustitución:

- Proporciona un tamaño de la muestra fijo;
- Genera la misma probabilidad de selección en cada elemento/unidad (EPSEM);
- Como en el MASCS, la media y la varianza de la muestra son estimaciones no sesgadas de parámetros de la población.

22. En el párrafo 24, *infra*, proporcionamos las fórmulas utilizadas para estimar la media y la varianza en el caso del muestreo aleatorio simple sin sustitución (A.4 y A.5), y ejemplos de cómo calcular la media y la varianza de la muestra.

23. Supongamos que las escuelas de primaria de una región son 275 y que se seleccionan 55 sin sustitución. Las siguientes cifras corresponden al número de empleados (y_i) de cada una de las escuelas seleccionadas.

5	10	32	6	8	2
15	16	35	7	50	6
2	6	47	20	20	6
7	6	35	6	16	2
21	2	48	4	15	2
7	5	46	6	7	
4	4	8	2	6	
7	2	7	8	2	
5	12	10	6	2	
2	40	7	7	19	

$$\sum y_i = 688, \text{ número total de empleados}$$

$$\sum y_i^2 = 18.182$$

1. La media de la muestra equivale a

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \tag{A.4}$$

donde n es el tamaño de la muestra.

Si lo calculamos con estas cifras,

$$\bar{y} = \frac{688}{55} = 12,5$$

2. La varianza de la media de la muestra equivale a

$$V(\bar{y}) = 1 - f \frac{s_y^2}{n} \quad (\text{A.5})$$

donde $1-f$ es el factor de corrección de la población y

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1} [\sum y_i^2 - n\bar{y}^2] = \frac{1}{54} [18.182 - 8.594] = 177,56. \quad (\text{A.6})$$

Entonces

$$V(\bar{y}) = \left(1 - \frac{55}{275}\right) 177,56/55 = 2,58 \quad \text{y} \quad \text{Se}(\bar{y}) = \sqrt{2,58}$$

A.4.2. Muestreo sistemático

24. El muestreo sistemático es un método de selección muestral en el que la muestra se obtiene seleccionando cada k elementos de la población, donde k es un número entero mayor que 1. El primer número de la muestra debe seleccionarse al azar de entre los primeros k elementos. La selección se hace a partir de una lista ordenada. Se trata de un método de selección muy popular, especialmente cuando son muchas unidades y se hallan numeradas en una serie de 1 a N . Supongamos que N , el número total de unidades, es un múltiplo integral del tamaño de la muestra requerido o n , y que k es un número entero, de forma que $N = nk$. Entonces se selecciona un número al azar entre 1 y k . Supongamos que el comienzo aleatorio es, por ejemplo, 2, en cuyo caso la muestra tendría un tamaño n con unidades numeradas en serie de la siguiente manera:

$$2, 2 + k, 2 + 2k, \dots \dots 2 + (n-1)k$$

Como puede observarse, la muestra contiene la primera unidad seleccionada de forma aleatoria y todas y cada una de cada unidad k , hasta obtenerse el tamaño de la muestra necesario. El intervalo k divide la población en conglomerados o grupos. Con este procedimiento estamos seleccionando un conglomerado de unidades con una probabilidad de $1/k$. Dado que el primer número se elige al azar entre 1 y k , cada unidad de los conglomerados, supuestamente iguales, tiene la misma probabilidad de selección, es decir, $1/k$.

A.4.2.1. Muestreo sistemático lineal

25. Si N , el número total de unidades, es un múltiplo del tamaño de la muestra deseado o, dicho de otro modo, si $N = nk$, donde n es el tamaño deseado de la muestra y k es un intervalo de muestreo, entonces las unidades de cada una de las muestras sistemáticas posibles son n . En dicha situación el sistema equivale a categorizar las N unidades en k muestras de n unidades cada una y seleccionar un conglomerado con una probabilidad de $1/k$. Cuando $N = nk$, \bar{y} es el estimador no sesgado de la media de la población \bar{Y} . Por el contrario, cuando N no es un múltiplo de n , el número de unidades seleccionadas, empleando la técnica sistemática con un intervalo de muestreo k igual al número entero

más próximo a N/n no equivale necesariamente a n . Así, cuando N no es igual a nk , los tamaños de la muestra divergirán, y la media de la muestra será un estimador sesgado de la media de la población. La figura A.1 ilustra cómo se selecciona la muestra mediante el muestreo sistemático lineal.

Figura A.1

Muestreo sistemático lineal (selección muestral)

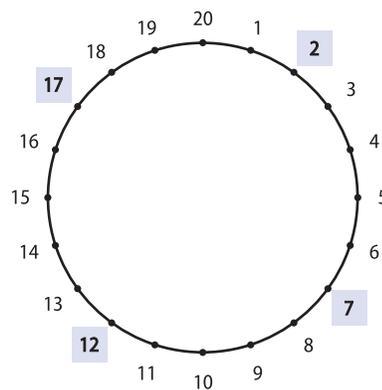
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

El ejemplo que presentamos arriba ilustra la selección de una muestra de cuatro estudiantes de una clase de 20. El punto de inicio aleatorio es 3, $N = 20$, $n = 4$, y $k = 5$. La muestra resultante comprende las unidades etiquetadas 3, 8, 13 y 18.

A.4.2.2. Muestreo sistemático circular

26. Tal como apuntamos, en el muestreo sistemático lineal puede que el tamaño de la muestra sea distinto del tamaño deseado y la media de la muestra sea un estimador sesgado de la media de la población cuando N no es un múltiplo de n . Sin embargo, con la técnica del muestreo sistemático circular puede subsanarse dicha limitación. Mediante la selección sistemática circular las listas se disponen en círculo de forma que la última unidad vaya seguida por la primera, y se escoge un punto de inicio aleatorio entre 1 y N , en lugar de entre 1 y k . Luego se suma la k^{a} unidad hasta que se hayan seleccionado exactamente n elementos. Al llegar al final de la lista vuelve a empezarse desde el principio. La figura A.2 ilustra una selección muestral mediante muestreo sistemático circular donde $N = 20$, $n = 4$, $k = 5$ y el punto de inicio aleatorio es 7. Las unidades seleccionadas, por consiguiente, son 7, 12, 17 y 2.

Figura A.2

Selección sistemática circular de la muestra**A.4.2.3. Estimación con muestreo sistemático**

27. A continuación se dan las fórmulas para estimar el total (A.7), la media de la muestra (A.8) y la varianza (A.9), y los ejemplos numéricos que muestran el cálculo de la población, la media de la muestra y la varianza estimadas.

1. Para estimar el total se multiplica el total de la muestra por el intervalo de muestreo y, por lo tanto

$$\hat{Y} = k \sum y_i \quad (\text{A.7})$$

La estimación de la media de la población es

$$\bar{y} = k \frac{\sum y_i}{N} \quad (\text{A.8})$$

2. La estimación de la varianza es complicada dado que no puede realizarse una estimación rigurosa a partir de una sola muestra sistemática. Una posibilidad es suponer que la numeración de las unidades es aleatoria; en tal caso, una muestra sistemática puede tratarse como una muestra aleatoria. La estimación de la varianza, por tanto, viene dada por

$$V(\bar{y}) = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \sum s^2 \quad (\text{A.9})$$

donde $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$ y $\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$

28. Una estimación rigurosa de la varianza no sesgada de una muestra sistemática puede calcularse seleccionando más de una muestra sistemática de una población en particular.

Ejemplos numéricos

29. Supongamos que en una provincia hay 180 granjas comerciales que tienen 30 cabezas de ganado o más. Se selecciona una muestra de 30 granjas mediante muestreo sistemático con un intervalo de $k = 6$.

Los números que aparecen a continuación equivalen al número de reses (y_i) de las 30 granjas seleccionadas:

60	200	45	50	40	79	35	41	30	120		y	∑	y_i	=	2.542
300	65	111	120	200	42	51	67	32	40						
46	55	250	100	63	90	47	82	31	50						

1. El número estimado de cabezas de ganado es

$$\hat{Y} = k \sum y_i = 6 \times 2.542 = 15.252$$

2. El promedio estimado de cabezas de ganado por granja es

$$\bar{y} = k \frac{(\sum y_i)}{N} = 6 \times 2.542 / 180 = 84,7 \approx 85$$

3. La varianza de la media de la muestra, que se calcula partiendo del supuesto de que la numeración de las granjas es aleatoria, sería

$$V(\bar{y}) = 1 - f \frac{s_y^2}{n} \quad (\text{A.10})$$

$$\text{donde } s_y^2 = \frac{1}{n-1} \left\{ \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \right\} = \frac{1}{29} (348.700 - 215.392,13) = 4.596,80$$

$$\text{por tanto } V(\bar{y}) = (0,833)(153,227) = 127,64$$

$$\text{y } Se(\bar{y}) = \sqrt{127,64} = 11,30$$

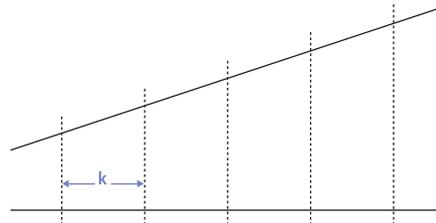
30. Existen una serie de ventajas y desventajas asociadas al uso del muestreo sistemático.

a) Ventajas:

- La selección de la primera unidad determina toda la muestra, algo que repercute positivamente en las operaciones sobre el terreno, dado que las unidades de muestreo finales pueden ser seleccionadas sobre el terreno por las mismas personas que confeccionan las listas.
- La muestra está distribuida de manera uniforme en la población cuando las unidades del marco se numeran correctamente. Sin embargo, la estimación de la muestra será más precisa si existe algún tipo de tendencia en la población.
- El muestreo sistemático proporciona una estratificación implícita. La figura A.3 muestra la estratificación implícita dada por una tendencia lineal monotónica.

Figura A.3

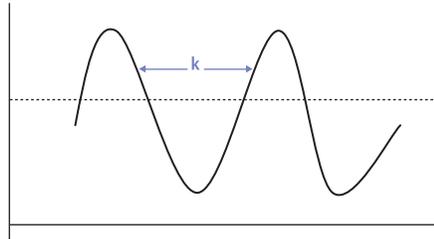
Tendencia lineal monotónica



b) Desventajas:

- Si hay una variación periódica en la población, los resultados del muestreo sistemático pueden ser subestimaciones o sobreestimaciones. En tal caso el intervalo de muestreo se alinea con los datos. Por ejemplo, si estamos estudiando el flujo de los transportes durante 24 horas en una calle de una ciudad con gran afluencia y nuestro intervalo coincide con las horas punta, obtendremos, en consecuencia, cifras elevadas. El estudio, por tanto, generará unos resultados sobrestimados. En la figura A.4 se muestra una variación periódica, que puede contribuir a obtener estimaciones no fiables al aplicar el muestreo sistemático.
- Estrictamente hablando, no se puede obtener una estimación rigurosa de la varianza de una sola muestra sistemática.
- Con este método de selección hay una propensión al abuso por parte de las personas que confeccionan las listas/personal sobre el terreno.

Figura A.4
Fluctuaciones periódicas



A.4.3. Muestreo estratificado

31. En el método del muestreo estratificado las unidades de muestreo de la población se dividen en grupos denominados estratos. La estratificación suele llevarse a cabo de forma que la población quede subdividida en grupos heterogéneos que presenten una homogeneidad interna. En general, cuando las unidades de muestreo son homogéneas respecto a la variable auxiliar, denominada la variable de estratificación, se reduce la variabilidad de los estimadores de los estratos. También hay que señalar que la estratificación permite una considerable flexibilidad, en el sentido de que el muestreo y los procedimientos de estimación aplicados a cada estrato pueden ser diferentes.

32. En el muestreo estratificado, por tanto, se agrupan las unidades/elementos que son más o menos similares, de forma que la varianza δ_b^2 dentro de cada estrato es pequeña. Al mismo tiempo, es esencial que la media (\bar{x}_b) difiera tanto como sea posible de unos estratos a otros. Una estimación adecuada de la población como conjunto se obtiene combinando correctamente por estratos los estimadores de la característica sometida a análisis.

A.4.3.1. Ventajas del muestreo estratificado

33. La principal ventaja del muestreo estratificado reside en el posible aumento de la precisión de las estimaciones y en la opción de emplear diferentes procedimientos de muestreo en cada estrato. Además, la estratificación se ha considerado útil:

- En casos de poblaciones sesgadas, donde en muchas ocasiones pueden emplearse grandes fracciones de muestreo seleccionadas de pocas unidades más grandes. Esto da mayor ponderación a unidades muy grandes y al final reduce la variabilidad de muestreo dentro de cada estrato.
- Cuando una organización de encuestas tiene varias oficinas sobre el terreno repartidas por las diversas regiones en que se ha dividido el país con fines administrativos, en cuyo caso puede resultar útil tratar las regiones como estratos para facilitar la organización del trabajo sobre el terreno.
- Cuando se precisan estimaciones dentro de unos márgenes de error específico, para todo el conjunto de la población o para determinados subgrupos, como las provincias, las zonas rurales o urbanas, sexos, etcétera. Mediante la estratificación pueden generarse esas estimaciones de manera adecuada.
- Si el marco de muestreo está disponible en forma de submarcos —que pueden ser de regiones o categorías de unidades específicas—, en cuyo caso puede ser conveniente, desde el punto de vista operacional y económico, tratar los submarcos como estratos en la selección de la muestra.

A.4.3.2. Resumen de los pasos seguidos en el muestreo estratificado

- Toda la población de las unidades de muestreo se divide en subpoblaciones internamente homogéneas y externamente heterogéneas.
- Dentro de cada estrato se selecciona por separado una muestra de entre todas las unidades de muestreo de dicho estrato.
- De la muestra obtenida en cada estrato se calcula por separado la media del estrato (o cualquier otro estadístico). Las medias de los estratos, por ejemplo, se ponderan adecuadamente para formar una estimación combinada de la media de la población.
- Normalmente se usa el muestreo proporcional dentro de los estratos cuando las estimaciones totales —por ejemplo, nacionales— constituyen el objetivo de la encuesta y ésta aborda varios temas.
- Se usa el muestreo no proporcional cuando los campos de los subgrupos tienen prioridad, como cuando se necesitan estimaciones de igual fiabilidad de las áreas subnacionales.

A.4.3.3. Notaciones

34. Hay muchos símbolos y subíndices asociados con el muestreo estratificado. Comenzaremos definiendo algunas de las notaciones y símbolos de uso común en esta estrategia de muestreo.

Valores de la población

Para H estratos, el número total de elementos de cada estrato se denotará mediante

$$N_1, N_2, \dots, N_b, \dots, N_H.$$

Dicha información normalmente se desconoce. El valor total de la población es

$$\sum_b^H N_b = N \quad (\text{A.11})$$

Media del estrato

$$\bar{X}_{bi} = \frac{1}{N} \sum_i^{N_b} X_{bi} = \frac{X_b}{N} \quad (\text{A.12})$$

donde X_{bi} es el valor del i° elemento del b° estrato, y X_b es la suma del b° estrato.

A.4.3.4. Ponderaciones

35. Las ponderaciones, por lo general, representan las proporciones de los elementos de la población en los estratos, y

$$W_b = \frac{N_b}{N} \quad (\text{A.13})$$

por tanto $\sum W_h = 1$

$$S_b^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N_b} (X_{bi} - \bar{X})^2 \quad (\text{A.14})$$

A.4.3.5. Valores de la muestra

36. Un valor de la muestra es una estimación *calculada a partir de los n_h elementos seleccionados* de un estrato. En este apartado describimos los símbolos de uso común en el muestreo estratificado.

- a) Para H estratos, los tamaños de la muestra de cada estrato se denotan mediante $n_1, n_2, \dots, \dots, n_H$, donde $\sum n_h = n$ es el tamaño total de la muestra.
- b) Supongamos que x_{hi} es el elemento i de la muestra en el estrato h .
- c) Entonces

$$\bar{x}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} x_{hi} \text{ es la media de la muestra en el estrato } h. \quad (\text{A.15})$$

- d) Entonces

$$\bar{x}_{st} = \sum W_h \bar{x}_h \text{ es la media total de la muestra.} \quad (\text{A.16})$$

- e) Y

$$f_h = \frac{n_h}{N_h} \text{ es la fracción de muestreo en el estrato } h. \quad (\text{A.17})$$

La varianza del n_h^o elemento del h^o estrato viene dada por

$$v(\bar{x}_h) = \sum \left[1 - \frac{n_h}{N_h} \right] \frac{s_b^2}{n_h} \quad (\text{A.18})$$

donde s_b^2 es la varianza del elemento del h^o estrato y viene dada por

$$s_b^2 = \frac{\sum (x_{hi} - \bar{x}_h)^2}{(n_h - 1)} \quad (\text{A.19})$$

La varianza de la media de la muestra viene dada por

$$v(\bar{x}_{st}) = \sum W_h^2 (1 - f_h) \frac{s_b^2}{n_h} \quad (\text{A.20})$$

A continuación se exponen dos tipos de estrategias de muestreo estratificado: la estratificación proporcional y la estratificación no proporcional.

A.4.3.6. Estratificación proporcional

37. La asignación proporcional en el muestreo estratificado implica el uso de una fracción de muestreo uniforme en todos los estratos. Esto significa que en cada estrato se selecciona la misma proporción de unidades. Por ejemplo, si decidimos seleccionar una muestra total del 10% tendremos que seleccionar el 10% de las unidades de cada estrato. Dado que las tasas de muestreo son iguales en todos los estratos, los elementos de la muestra seleccionados variarán de unos estratos a otros. Dentro de cada estrato el tamaño de la muestra será proporcional al número de elementos de dicho estrato.

En este caso la fracción de muestreo viene dada por $f_b = \frac{n_b}{N_b} = \frac{n}{N}$ lo cual implica un diseño EPSEM.

$$\text{La media de la muestra es } \bar{x}_{st} = \sum W_b \bar{x}_b \quad (\text{A.21})$$

$$\text{La varianza de la media total es } v(\bar{x}_{st}) = \frac{(1-f)}{n} \sum W_b s_b^2 \quad (\text{A.22})$$

A.4.3.7. Estratificación no proporcional

38. El método de muestreo no proporcional implica el uso de tasas de muestreo diferentes en los diversos estratos. El objetivo es asignar a los estratos unas tasas de muestreo que permitan obtener la mínima varianza de la media total por costo unitario.

39. Cuando se aplica este método la tasa de muestreo en un estrato determinado es proporcional a la desviación estándar de dicho estrato. Esto significa que el número de unidades de muestreo que se seleccione en cada estrato dependerá no sólo del número total de elementos, sino también de la desviación estándar de la variable auxiliar.

En la asignación no proporcional interviene también la noción de una función de costo. Por ejemplo:

$$C = C_o + \sum c_b n_b \quad (\text{A.23})$$

donde C_o es el costo fijo y c_b es el costo de cobertura de la muestra en un estrato determinado.

En muchas situaciones podríamos suponer que c_b es una constante en todos los estratos. Una de las fórmulas más usadas en la asignación no proporcional de muestras en estratos es la asignación Neyman.

Así, donde c_b es constante y $\sum n_b$, el tamaño total de la muestra es fijo.

El número de unidades que se seleccionan en cada estrato viene dado por

$$n_b = \frac{W_b s_b n}{\sum W_b s_b} \quad \text{or} \quad n_b = \frac{N_b s_b \cdot n}{\sum N_b s_b} \quad (\text{A.24})$$

La varianza viene dada por

$$v(\bar{x}_{st}) = \frac{(\sum W_b s_b)^2}{n} - \frac{1}{N} \sum W_b s_b^2 \quad (\text{A.25})$$

El término que aparece a la derecha del signo de sustracción es un factor de corrección de la población finita que puede suprimirse si está muestreándose una población muy grande, es decir, si la fracción de muestreo es pequeña.

A.4.3.8. Observaciones generales

- Los valores de la población, S_b y C_b , no suelen ser conocidos; por tanto, pueden realizarse estimaciones a partir de encuestas previas o encuestas piloto.
- La asignación no proporcional no resulta muy eficaz para seleccionar proporciones.
- Pueden surgir conflictos respecto a las variables que se desea optimizar en el caso de las encuestas que abordan varios temas.
- En general, la asignación no proporcional da como resultado una varianza mínima.

40. Los ejemplos que se presentan a continuación ilustran el cálculo de tamaños de la muestra y las varianzas cuando se aplica la estratificación proporcional y no proporcional. En este ejemplo hipotético se han estratificado las escuelas según el número de empleados. El número total de escuelas de primaria en una provincia es de 275. Se ha seleccionado una muestra de 55 y ésta se ha estratificado en función del número de empleados.

A.4.3.9. Determinación de los tamaños de la muestra dentro de cada estrato

41. Aquí hemos de remitirnos al cuadro A.1.

Cuadro A.1

Número de escuelas por número de empleados

Estrato	Número de empleados por escuela seleccionada (y_{hi})	Número total de escuelas en cada estrato (N_h)	Número seleccionado de escuelas por estrato		W_h	s_h^2	s_h	$W_h s_h$	$W_h s_h^2$
			Asignación proporcional (n_h)	Asignación no proporcional (n_h)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	2, 4, 2, 2, 4, 2, 2, 4, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 5, 5	80	16	8	0,2909	1 663	1,289	0,3750	0,48
2	7, 7, 7, 6, 8, 7, 7, 6, 7, 6, 6, 8, 6, 7, 8, 6, 7, 6, 6, 6	100	20	6	0,3636	0,537	0,733	0,2665	0,19
3	10, 12, 10, 15, 21, 16, 20, 20, 16, 19, 15	55	11	18	0,2000	15,564	3,945	0,7890	3,11
4	32, 35, 35, 48, 46, 47, 50, 40	40	8	23	0,1455	48,836	6,989	1,0169	7,10
Total		275	55	55	1,0000			2,4474	10,90

Nota: N = Número total de escuelas de primaria.

n = Número total de escuelas de primaria en toda la muestra.

N_h = Tamaño del h^o estrato.

n_h = Tamaño de la muestra del h^o estrato.

Asignación proporcional

En la asignación proporcional se usa la fracción de muestreo común.

Así, $\frac{n}{N} = f$ es la fracción de muestreo total aplicada al número total de unidades del estrato.

En el ejemplo anterior, $f = \frac{55}{275} = 0,2$ ó 20%.

La distribución de los tamaños de la muestra se presenta en la columna 4 del cuadro A.1. Por ejemplo, el tamaño de la muestra en el estrato 1 es $0,2 \times 80 = 16$.

Asignación no proporcional

La fórmula para obtener los tamaños de la muestra en los diferentes estratos viene dada por

$$n_b = \frac{W_b s_b}{\sum W_b s_b} (n) \quad (\text{A.26})$$

Por ejemplo, $n_b = \frac{0,3750}{2,4474} \times 55 = 8$ en el estrato 1.

El resto de los resultados aparecen en la columna 5 del cuadro.

A.4.3.10. Cálculo de varianzas

42. El cálculo de varianzas en la estratificación proporcional y no proporcional viene ejemplificado mediante la aplicación de las fórmulas A.27 y A.28, respectivamente.

Estratificación proporcional

$$V(\bar{y}_{prop}) = \frac{1-f}{n} \sum w_b s_b^2 = \frac{(1-0,2)}{55} (10,9) = 0,16 \quad (\text{A.27})$$

Estratificación no proporcional

$$V(\bar{y}_{opr}) = \frac{(\sum w_b s_b)^2}{n} - \frac{1}{N} \sum w_b s_b^2 = \frac{(2,4474)^2}{55} - \frac{10,9}{275} = 0,07 \quad (\text{A.28})$$

A.4.3.11. En general

$$v(\bar{x}_{st})_{OP} \leq v(\bar{x}_{st})_{PROP} \leq v(\bar{x}_{st}) \leq v(\bar{x}_{st})_{SRS} \quad (\text{A.29})$$

A.4.4. Muestreo por conglomerados

43. Las explicaciones de los apartados anteriores versaban sobre métodos de muestreo en los que se consideraba que las unidades de muestreo elementales aparecían ordenadas en una lista basada en un marco; el orden era de tal manera que las unidades individuales podían seleccionarse directamente del marco. En el muestreo por conglomerados las unidades de selección de mayor nivel, como las zonas de empadronamiento (véase el cap. 3), contienen más de una unidad elemental. En

este caso la unidad de muestreo es el conglomerado. Por ejemplo, un método simple de seleccionar una muestra aleatoria de hogares de una ciudad podría requerir una lista de todos los hogares. Sin embargo, puede que eso resulte imposible, ya que en la práctica tal vez no exista un marco completo que contenga todos los hogares de la ciudad. Para solucionar ese problema podrían formarse conglomerados de bloques, en cuyo caso se seleccionaría una muestra de bloques y posteriormente se elaboraría una lista de los hogares pertenecientes a los bloques seleccionados. En caso necesario podría extraerse de cada bloque una muestra de, por ejemplo, el 10% de los hogares.

A.4.4.1. Razones para emplear el muestreo por conglomerados

44. A continuación se enumeran algunas de las razones a favor del uso del muestreo por conglomerados, en especial en diseños muestrales en varias etapas.

- La conglomeración reduce los desplazamientos y otros costos relacionados con la recopilación de datos.
- Puede contribuir a mejorar la supervisión, el control, el seguimiento de la cobertura y otros aspectos que influyen en la calidad de datos que están recopilándose.
- La construcción del marco resulta menos costosa al llevarse a cabo en etapas. Por ejemplo, en el muestreo en varias etapas, tal como se expone en el capítulo 3, sólo se necesita un marco que abarque a toda la población para seleccionar las UPM, es decir, los conglomerados, en la primera etapa. En todas las etapas posteriores sólo se necesita un marco de las unidades seleccionadas en la etapa anterior.
- Además, los marcos de unidades más grandes necesarios para las etapas iniciales tienden a ser más duraderos y, por tanto, a tener un período de utilidad mucho más largo. Las listas de unidades pequeñas, como hogares y, sobre todo, personas, tienden a quedar obsoletas al cabo de poco tiempo.
- Hay ventajas administrativas en la realización de la encuesta.

45. En general cabe destacar que al comparar una muestra de conglomerados con una muestra de elementos del mismo tamaño podemos encontrarnos que el costo por unidad es más reducido en el muestreo por conglomerados. Esto se debe a que los costos derivados de la confección de la lista y la localización de los elementos son menores. Por el contrario, la varianza de los elementos es mayor debido a la homogeneidad irregular de los mismos (correlación intraclase) en los conglomerados. Ilustraremos el muestreo básico por conglomerados mediante el análisis de un diseño en una sola etapa (los diseños en varias etapas se han expuesto y explicado en detalle en el capítulo 3).

A.4.4.2. Muestreo por conglomerados en una sola etapa

46. En un distrito concreto puede que no resulte factible obtener una lista de todos los hogares y, por tanto, seleccionar una muestra en base a ella. Sin embargo, es posible que se pueda encontrar una lista de aldeas elaborada en una encuesta anterior o con fines administrativos. En este caso seleccionaríamos una muestra de aldeas y luego obtendríamos información sobre todos los hogares de las aldeas seleccionadas. Éste sería un diseño muestral por conglomerados en una sola etapa, porque después de seleccionar una muestra de aldeas se procedería a la investigación de todas las unidades del conglomerado, que en este caso serían hogares.

47. La selección de la muestra mediante conglomeración puede ilustrarse de la siguiente manera. Supongamos que de una población de aldeas (conglomerados) se selecciona una muestra con igual probabilidad. Si se trata de un muestreo por conglomerados en una sola etapa, todos los hogares seleccionados de las aldeas quedarían incluidos en la muestra.

Dado que

A = número total de aldeas;

B = número total de hogares en el conglomerado;

a = una muestra de aldeas,

y que, por lo tanto

aB representa el número de unidades elementales (hogares) de la muestra total

y

AB es el número total de hogares en todas las aldeas,

la probabilidad de seleccionar un elemento con igual probabilidad viene dada por

$$\frac{a}{A} \times \frac{B}{B} = \frac{n}{N} = f \quad (\text{A.30})$$

donde N es el número total de unidades elementales y f es la fracción de muestreo. En este caso la probabilidad de selección es simplemente $\frac{a}{A}$.

A.4.4.3. Fórmulas de la media de la muestra y de la varianza

48. A continuación se presentan las fórmulas de la media de la muestra y de la varianza:

Media de la muestra

$$\bar{y} = \frac{1}{aB} = \sum_{\alpha=1}^{\alpha} \sum_{\beta=1}^{\beta} \bar{y}_{\alpha\beta} = \frac{1}{a} \sum_{\alpha=1}^{\alpha} \bar{y}_{\alpha} \quad (\text{A.31})$$

La media de la muestra es una estimación no sesgada de la media de la población:

$$E(\bar{y}) = \frac{1}{A} \sum_{\alpha=1}^{\alpha} \bar{y}_{\alpha} = \bar{Y} \quad (\text{A.32})$$

De hecho, dado que el tamaño de la muestra es fijo ($aB = n$) y la selección es de igual probabilidad, la media (\bar{y}) es una estimación no sesgada de la media de la población \bar{Y} .

Varianza

Si los conglomerados se seleccionan empleando la selección simple aleatoria, la varianza puede estimarse de la siguiente manera:

$$V(\bar{y}) = (1 - f) s_{\alpha}^2 \quad (\text{A.33})$$

$$\text{donde } s_{\alpha}^2 = \frac{1}{a-1} \sum_{\alpha=1}^a (\bar{y}_{\alpha} - \bar{y})^2$$

49. Es importante señalar que los valores no se ven afectados por el error de muestreo, dado que están basados en los valores de todos los elementos de B y no en una muestra. La varianza de la media de la muestra deriva únicamente de las varianzas entre las medias de los conglomerados.

Anexo II

Lista de expertos

Reunión del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas para examinar el proyecto del Manual sobre diseño de encuestas de hogares por muestreo celebrada en Nueva York del 3 al 5 de diciembre de 2005*

Expertos participantes	
Nombre	Título y cargo
Oladejo Oyeleke Ajayi	Asesor estadístico, Nigeria
Beverly Carlson	División de Producción, Productividad y Gestión, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile
Samir Farid	Asesor estadístico, Egipto
Maphion M. Jambwa	Asesor técnico, Comunidad del África Meridional para el Desarrollo/Unión Europea, Gaborone, Botswana
Udaya Shankar Mishra	Asociado, Universidad de Harvard, Boston, Massachusetts, Estados Unidos de América
Jan Kordos	Profesor, Escuela de Económicas de Varsovia, Varsovia, Polonia
Edwin St. Catherine	Director, Oficina Nacional de Estadística, Santa Lucía
Anthony Turner	Asesor de muestreo, Estados Unidos de América
Shyam Upadhyaya	Director, Servicios Estadísticos Integrados (INSTAT), Nepal
Ibrahim Yansaneh	Subdelegado, División del Costo de la Vida, Comisión Internacional del Servicio Civil, Naciones Unidas, Nueva York, Estados Unidos de América

* Para el informe de la reunión del Grupo de Expertos, véase el documento ESA/STAT/AC.93/L.4.