

Diseño y análisis estadístico en las encuestas de hogares de América Latina

Andrés Gutiérrez¹

2021-06-15

¹Experto regional en estadísticas sociales - Unidad de Estadística Social - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - andres.gutierrez@cepal.org

Índice general

Prefacio	9
Resumen	11
1. Introducción	13
I Diseño estadístico de las encuestas de hogares	21
2. Elementos básicos y planeación	23
I. Universo, muestra y unidades	23
II. Periodicidad en el tiempo	24
III. Rotación de paneles	29
IV. Parámetros de interés	32
3. Definición y estratificación del marco muestral	39
I. Conceptos básicos	42
II. Metodologías de estratificación	45
III. Evaluación y escogencia de la mejor estratificación	50
Referencias	55

Índice de cuadros

2.1. Esquema de una encuesta transversal.	26
2.2. Esquema de una encuesta repetida.	26
2.3. Esquema de una encuesta tipo panel.	27
2.4. Esquema de una encuesta de panel dividido.	28
2.5. Esquema de una encuesta de panel rotativo.	28
2.6. Rotación de paneles en un diseño $2(2)2$	30
2.7. Rotación de paneles en un diseño $4(0)1$	30
2.8. Composición del mercado de trabajo en dos periodos de tiempo	35
3.1. Efectos de diseño $DEFF_p$ y efecto de diseño generalizado $G(S)$ considerando tres ($H = 3$) y cuatro ($H = 4$) estratos para ocho variables.	52

Índice de figuras

1.	Licencia de Creative Commons	9
1.1.	Esquema de procesos en el análisis y diseño de una encuesta de hogares.	18
3.1.	<i>Histograma de la medida de resumen (y) sobre las UPM</i>	48

Prefacio



Figura 1: Licencia de Creative Commons

La versión online de este libro está licenciada bajo una [Licencia Internacional de Creative Commons para compartir con atribución no comercial 4.0](#).

Resumen

Las encuestas de hogares son un instrumento necesario para realizar seguimiento a un conjunto amplio de indicadores requeridos para el diseño y evaluación de las políticas públicas. Las encuestas de hogares que se implementan en América Latina son de tipo y características diversas. Aunque los conceptos y procesos para su diseño y análisis guardan similitudes, este documento se enfoca principalmente en los procesos referidos a las encuestas de empleo y de propósitos múltiples, con las que los países estiman los principales indicadores relacionados con el mercado laboral, el nivel y distribución de ingresos y la condición de pobreza y las principales características sociodemográficas de la población. Se realiza un recorrido por los diferentes diseños de muestreo, las metodologías más usadas en la selección de las muestras y las estrategias de estimación de los parámetros de interés. También se revisan las técnicas utilizadas para medir el error de muestreo y los métodos disponibles para encarar desafíos como la ausencia de respuesta y la desactualización de los marcos de muestreo.

UNBIS Keywords. Encuestas por muestreo, encuestas de hogares, indicadores socioeconómicos.

Capítulo 1

Introducción

Las encuestas de hogares son un caso particular de investigación social que indaga acerca de características específicas a nivel del individuo, del hogar o de la vivienda, con el fin de obtener inferencias precisas acerca de constructos de interés. Por su naturaleza, estas investigaciones están relacionadas con variables de salud, educación, ingresos, gastos, situación laboral, acceso y uso de servicios, entre muchas otras. En algunas ocasiones, las encuestas de hogares tienen como objetivo la estimación de uno o varios indicadores que resumen un constructo económico o social. Sin embargo, existe una tendencia creciente de extender las encuestas a constructos más diversos. Es así como cada vez tienen más espacio las encuestas de propósitos múltiples como una fuente relevante de información que permite monitorear indicadores sociales.

En este tipo de encuestas, el hogar es la unidad de análisis, la cual ha sido definida por la División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2011) como:

- a. Un grupo de dos o más personas que se combinan para ocupar la totalidad o parte de una vivienda y para proporcionarse alimentos y posiblemente otros artículos esenciales para la vida. El grupo puede estar compuesto solo de personas relacionadas o de personas no relacionadas o de una combinación de ambos. El grupo también puede compartir sus ingresos.
- b. Una persona que vive sola en una vivienda separada o que ocupa, como huésped, una habitación (o habitaciones) separada de una vivienda pero que no se une a ninguno de los otros ocupantes de la vivienda para formar parte de una hogar de múltiples personas.

Nótese que la anterior definición refleja la dinámica natural del cambio en las poblaciones de hogares, por lo cual se deben tener distintos enfoques para abordar el problema de la medición de indicadores sociales. En América Latina, existen

una gran variedad de encuestas que abordan diferentes problemáticas sociales. Todas y cada una de ellas han sido diseñadas cuidadosamente para que respondan a las necesidades de la sociedad. Este documento plantea una recopilación de las técnicas usadas tanto en su diseño, como en su análisis.

No todas las encuestas se diseñan de la misma forma y por ende debe haber una distinción entre ellas. Por ejemplo, [Kalton and Citro \(1993\)](#) afirman que las encuestas de hogares pueden clasificarse en varios tipos:

- *Encuestas repetidas*, definidas como una serie de encuestas transversales aplicadas en diferentes momentos del tiempo con el mismo diseño metodológico, en donde la selección de hogares se hace de forma independiente para cada aplicación.
- *Encuestas tipo panel*, para las cuales los datos son recolectados en diferentes momentos del tiempo utilizando la misma muestra de hogares en el tiempo.
- *Encuestas rotativas*, en donde un porcentaje de hogares se mantiene en un periodo de tiempo respondiendo la encuesta y en cada aplicación algunos hogares son reemplazados por nuevos hogares de forma planificada.

El diseño de la encuesta dependerá sistemáticamente del objetivo de la medición. Por ejemplo, [Kalton \(2009\)](#) afirma que es prudente hacer una buena inversión en el desarrollo e implementación de un buen diseño para amortizar los costos de todo el estudio. Por lo tanto, lo que se quiere al diseñar una encuesta de hogares es que sea un instrumento confiable, que brinde estimaciones exactas y precisas, puesto que de lo contrario no se podrían monitorear las políticas públicas y los indicadores de interés de forma consistente. Por ejemplo, uno de los indicadores sociales con mayor impacto es la tasa de desocupación, que mide la razón entre la cantidad de personas que se encuentran desocupados, pero que forman parte del mercado de trabajo. Las encuestas de empleo tienen características particulares, diferentes a las de las encuestas que miden otro tipo de constructos. [Duncan and Kalton \(1987\)](#) mencionan que las encuestas de hogares pueden proveer estimaciones de los parámetros poblacionales en distintos puntos del tiempo, por ejemplo, la estimación de la tasa de desocupación mensual; proveer estimaciones del cambio neto de los parámetros poblacionales entre periodos de tiempo, por ejemplo, el cambio en la tasa de desocupación entre dos periodos consecutivos; o incluso medir varios componentes de cambio individual, por ejemplo cambios brutos en la situación laboral de los jefes de hogar, para lo cual se requiere que la encuesta contemple un diseño de panel o de panel rotativo.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

La medición de los indicadores en el mercado de trabajo es sólo un pequeño componente en el vasto universo de posibilidades de medición que brindan las encuestas de hogares. Por esta razón, este tipo de levantamientos se ha convertido en una herramienta fundamental para medir indicadores sociales en todo el mundo y que, en particular, permiten que las naciones de América Latina puedan hacer seguimiento a su desarrollo económico y social. Sin embargo, este

tipo de instrumentos puede ser utilizado como herramienta para monitorear el progreso de los países en términos de metas y objetivos comunes. Es así como en 2015, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas aprobó una resolución que plantea un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad (ONU, 2015). Esa resolución propone el seguimiento de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas de carácter integrado e indivisible que se conjugan en las dimensiones económica, social y ambiental. Para realizar el seguimiento a los ODS es posible utilizar diferentes fuentes de información, como censos, registros administrativos, registros estadísticos, proyecciones demográficas y también las encuestas de hogares (ONU, 2016). En particular, cada una de las metas de los ODS contiene indicadores, muchos de los cuales no pudieran ser estimados de no ser por la información disponible en las encuestas de hogares.

Por ejemplo, el objetivo 8 busca *promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos*. Claramente de este objetivo se desprenden indicadores que permiten conocer la evolución de los países en la consecución de las metas. Dentro de este objetivo, se encuentra la meta 8.6 que apunta a reducir sustancialmente la proporción de jóvenes sin empleo y sin educación o entrenamiento. Esta meta se mide con el indicador 8.6.1 definido como la proporción de jóvenes (entre 15 y 24 años de edad) sin educación y sin empleo.

Mercado de Trabajo

Desde otra perspectiva, en el marco de la Decimotercera Conferencia Internacional de Estadísticos del trabajo en 1982, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) adoptó algunas directrices concernientes con la medición y análisis de estadísticas oficiales de la fuerza de trabajo, del empleo y del desempleo con miras a mejorar la comparabilidad de las cifras y mejorar su utilidad en los países (OIT, 1982). En esta resolución se hace un énfasis especial en que las encuestas de hogares constituyen un medio apropiado de recopilación de datos sobre la población económicamente activa y que la planeación de estas investigaciones en los países debería ceñirse a las normas internacionales. Por consiguiente, la resolución afirma que las encuestas de hogares deberían:

1. Brindar datos de la población económicamente activa, definida por las personas en edad laboral que se han integrado al mercado de trabajo (trabajadores o personas en búsqueda de empleo).
2. Proveer estadísticas básicas de sus actividades durante el año, así como las relaciones entre el empleo, ingreso y otras características económicas y sociales.
3. Proveer datos sobre otros temas particulares para responder a las necesidades a largo plazo y de índole permanente.

En el año 2013, la OIT decidió revisar esta resolución y propuso algunos cambios en el marco de la 19 Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo

en donde se acogieron algunas modificaciones en términos de los objetivos de medición y el alcance de los sistemas nacionales de estadísticas del trabajo, el concepto de trabajo en todas sus formas, el empleo, la medición de las personas en situación de subutilización de la fuerza de trabajo, métodos de recopilación de datos, entre otras (OIT, 2013). Es así como las Oficinas Nacionales de Estadística (ONE) de América Latina no sólo planean las encuestas de hogares de tal forma que puedan responder a los nuevos retos en términos de la estimación de los parámetros de interés en cuanto al trabajo remunerado o no remunerado para mantener la comparabilidad de las estadísticas laborales entre los países, proporcionando nuevos y mejores indicadores para contribuir al análisis de la dinámica del mercado laboral, sino que se actualizan paulatinamente para poder brindar la información que la sociedad necesita a medida que evoluciona el constructo social de interés.

Ingresos y gastos

Es importante resaltar que los indicadores de bienestar (en términos de ingresos y gastos) también hacen parte del conjunto de parámetros que se pueden estimar desde las encuestas de hogares. Medir el ingreso a partir de las encuestas de hogares se constituye en un reto metodológico para los institutos nacionales de estadística en el mundo, y particularmente en América Latina. Es recomendable seguir las directrices de la Comisión Económica para Europa que revisten una actualización de los estándares internacionales, recomendaciones y buenas prácticas en la medición del ingreso en los hogares. Por ejemplo, el llamado Grupo de Canberra ha revisado exhaustivamente el tópico de la estimación del ingreso estudiando las prácticas de algunos países en términos del aseguramiento de la calidad y la publicación de este tipo de estadísticas oficiales y ha provisto la siguiente definición de ingreso en el hogar (ONU, 2011):

El ingreso del hogar se compone de las entradas monetarias, en especie o en servicios que por lo general son frecuentes y regulares, están destinadas al hogar o a los miembros del hogar por separado y se reciben a intervalos anuales o con mayor frecuencia. Durante el período de referencia en el que se reciben, tales entradas están potencialmente disponibles para el consumo efectivo y, habitualmente, no reducen el patrimonio neto del hogar.

Con base en lo anterior, el uso de las encuestas de hogares para estimar el ingreso reviste retos metodológicos mayores puesto que los entrevistados deben responder con precisión cuando se les indague por este constructo que contiene los ingresos personales de cada individuo en el hogar, como sueldos y salarios, ganancias, ingresos del empleo, pensiones, etc. y también los ingresos del hogar, incluidas las rentas por alquiler y los ingresos generados por el comercio. Por lo tanto, el diseño de la encuesta debe tener en cuenta la definición de un instrumento que sea relevante para el respondiente y le permita identificar y, en algunas ocasiones, recordar la información con un cierto grado de exactitud.

Por ejemplo, si el respondiente es empleado regular, el instrumento de medición debería planearse de tal manera que el entrevistado pueda recordar la información de interés, como los rubros de seguridad social hechos por su empleador. Por otro lado, si se requiere que el respondiente brinde información acerca de un determinado periodo de tiempo, el planteamiento de la pregunta, la forma de indagar y el entrenamiento de los encuestadores pueden sesgar sistemáticamente la respuesta y por consiguiente inducir estimaciones poco confiables. Mucho se ha investigado al respecto de cómo realizar preguntas certeras en este tipo de levantamientos y el lector interesado puede consultar los trabajos de [Biemer and Lyberg \(2003\)](#), [Presser et al. \(2004\)](#), y [Groves et al. \(2009\)](#).

Esquema del documento

Este documento pretende revisar algunas de las metodologías más usadas por las ONE de América Latina en cuanto al diseño y análisis estadístico de las encuestas de hogares y puede servir de guía técnica a los estadísticos de la región que se encuentran involucrados en los procesos técnicos de este tipo de encuestas. De la misma forma, este documento considera conjuntamente los dos principales momentos de las encuestas: el diseño y el análisis. Nótese que estos momentos están escindidos por el levantamiento de la información en campo y parten la realización de la encuesta en dos. Los lectores que están familiarizados con la investigación social a través de las encuestas de hogares encontrarán que estas operaciones estadísticas se planean teniendo en cuenta muchos pormenores que podrían suceder en campo. Es por esto que el trabajo de las encuestas asciende cuando se logra plasmar la información recolectada en una de base de datos. En este segundo momento es cuando se debe asegurar que lo que se planificó efectivamente sea incorporado en el análisis de esta información. Desde esta perspectiva, este documento puede verse en dos momentos: los capítulos 2, 3 y 4 abordan el diseño, mientras que los capítulos 4, 5 y 6 y 7 abordan el análisis. Esta distinción así como los procesos que la componen se presenta en la [Figura 1.1](#).

En el primer capítulo se considera una breve introducción a la problemática de las encuestas de hogares. En el capítulo dos se aborda con más detalle los elementos básicos que se consideran por lo regular en los diseños de las encuestas de hogares. Un aspecto relevante de este documento es que, si bien considera que las encuestas de hogares tienen muchos elementos en común, diferencia de forma cuidadosa las particularidades de cada encuesta. Por ejemplo, en este capítulo se trata el tema del diseño de las encuestas rotativas y se profundiza en los diferentes parámetros que se pueden considerar en este tipo de operaciones; asimismo, describe las características metodológicas que se deben considerar al momento de diseñar la encuesta y revisa los conceptos esenciales que determinarán el tipo de aplicación que se debe considerar. El capítulo tres describe los principales diseños de muestreo que se utilizan en este tipo de estudios y expone de forma estándar los conceptos de estratificación y aglomeración de las poblaciones. El capítulo cuatro complementa estos conceptos con varias aplicaciones prácticas

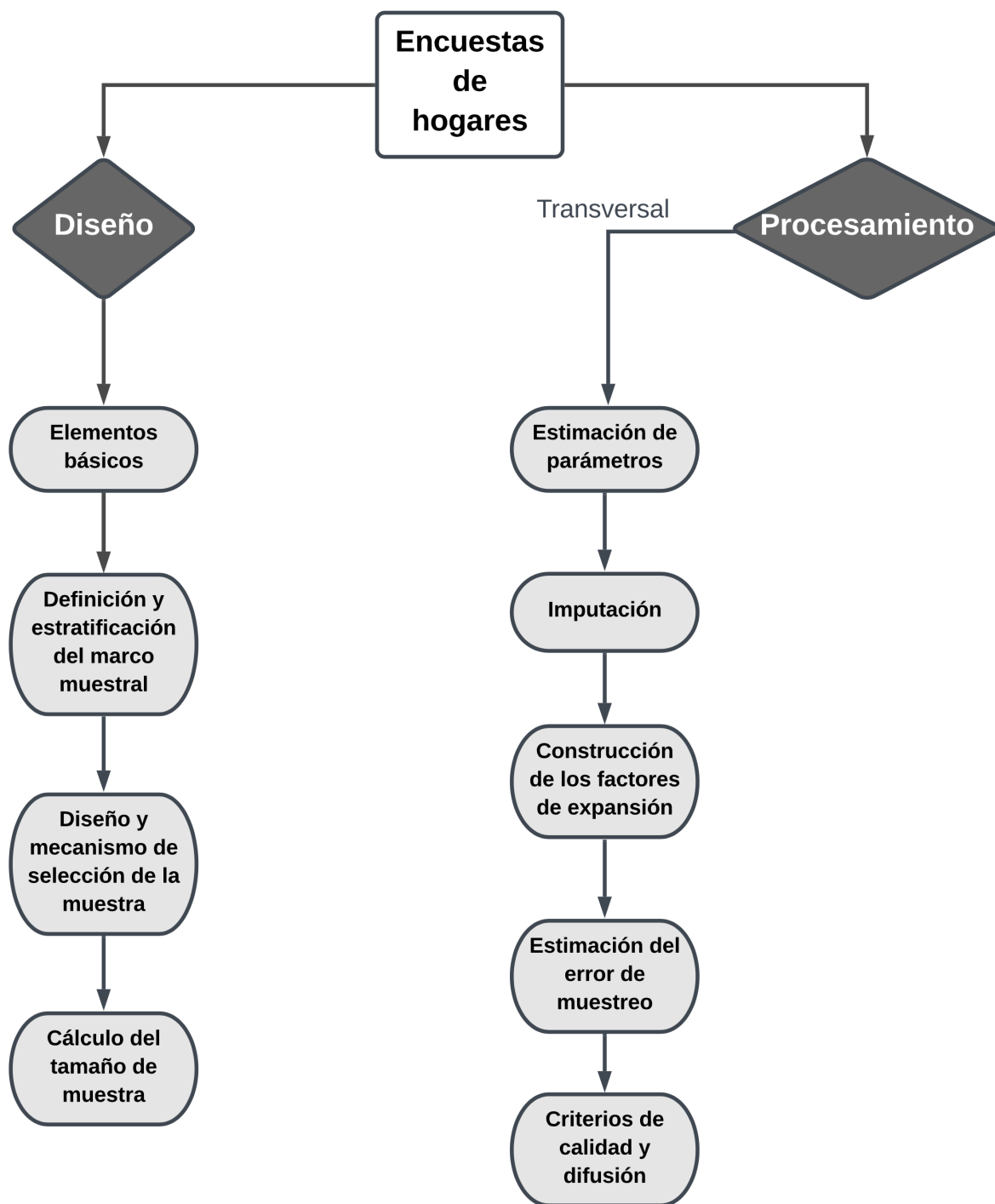


Figura 1.1: Esquema de procesos en el análisis y diseño de una encuesta de hogares.

para determinar el tamaño de muestra adecuado para lograr los objetivos de la investigación. A pesar de que la literatura relacionada con la práctica del muestreo es relativamente abundante, existen pocos ejemplos prácticos que logren representar la problemática del tamaño de muestra y el lector podrá encontrar herramientas ilustrativas basadas en múltiples escenarios de la problemática social.

Pasando a la parte del análisis de las encuestas, el capítulo cinco revisa los procesos de imputación y ponderación en la encuesta. Los procesos de imputación tratan de recuperación tanta información como sea posible para que el investigador pueda contar con una base de datos rectangular y completa. Luego de esto, es necesario aplicar los factores de expansión a la información contenida en la base de datos para que se puedan realizar inferencias a nivel nacional o regional. Sin embargo, en aquellos casos en donde la imputación no resulta ser una técnica adecuada para completar la información faltante, es necesario realizar ajustes sistemáticos en los factores de expansión para que la muestra efectiva siga siendo una muestra representativa de toda la población. El capítulo seis analiza las principales metodologías de estimación, tanto de los parámetros de interés como de sus errores de muestreo. Si hay algo que distingue el análisis de las encuestas de cualquier otro tipo de estudio estadístico es que las propiedades importantes como insesgamiento, consistencia y eficiencia están basadas en el diseño de muestreo y no en supuestos metodológicos ligados a algún modelo estocástico. Es por esto que se presta especial atención a la estimación del error de muestreo, que no es otra cosa que una función de la varianza de las estimaciones, y se presentan las metodologías más comunes en términos de aproximaciones teóricas y computacionales al error de muestreo. El capítulo siete presenta de forma detallada los procesos que se surten cuando se agregan encuestas a lo largo de un periodo de tiempo. Acudiendo a la perspectiva del autor, el capítulo ocho presenta los criterios de calidad que se deberían tener en cuenta para decidir si una cifra, resultante de un proceso de estimación estadística basada en encuestas de hogares, debería ser o no publicada a la sociedad. Por último, el capítulo nueve presenta una discusión acerca del uso presente de las encuestas de hogares y los retos que depara el futuro en materia de la medición de indicadores sociales a través de las encuestas de hogares. Asimismo, en los anexos se contempla una revisión del software que se utiliza actualmente en los ONE para llevar a cabo esta ardua tarea de diseñar y analizar las encuestas de hogares, una revisión rápida de algunas de las encuestas de la región, así como algunas directrices que se deberían considerar al momento de documentar los procesos asociados a las encuestas de hogares.

Parte I

Diseño estadístico de las encuestas de hogares

Capítulo 2

Elementos básicos y planeación

El fortalecimiento continuo de las investigaciones sociales es un objetivo que los institutos nacionales de estadística procuran cumplir de forma sistemática. En el caso de aquellas operaciones que conllevan la recolección de información primaria y que involucran la selección y medición de hogares y sus miembros, mantener una documentación adecuada que describa las razones por las cuales se ha optado por cierta metodología de recolección en particular es un requisito fundamental para cumplir este cometido. En este apartado se exploran diferentes métodos de recolección de la información y se discuten las diferentes particularidades en la planeación de una encuesta de hogares.

I. Universo, muestra y unidades

El término encuesta se encuentra directamente relacionado con una población finita compuesta de individuos a los cuales es necesario observar y medir. Este proceso muchas veces es realizado por medio de una entrevista. El conjunto de unidades de interés recibe el nombre de *población objetivo* o *universo* y sobre ellas se obtiene la información de interés para el estudio. Por ejemplo, la *Encuesta Nacional de Empleo y Desempleo* de Ecuador define su población objetivo como todas las personas mayores de 10 años residentes en viviendas particulares en Ecuador.

Las *unidades de análisis* corresponden a los diferentes niveles de desagregación establecidos para consolidar el diseño de la encuesta y sobre los que se presentan los resultados de interés. En México, la *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares* define como unidades de análisis el ámbito al que pertenece la vivienda: urbano alto, complemento urbano y rural. Por otro lado, la *Gran Encuesta Integrada de Hogares* de Colombia tiene cobertura nacional y sus uni-

dades de análisis están definidas por 13 grandes ciudades junto con sus áreas metropolitanas.

Como se explicará más adelante, es muy difícil contar con una lista actualizada de todos los hogares del país; por lo tanto, para recolectar la información de la población objetivo, el diseño de una encuesta de hogares en América Latina plantea la necesidad de seleccionar en varias etapas ciertas *unidades de muestreo* que sirven como medio para seleccionar finalmente a los hogares y personas que participarán de la muestra. Cuando se requiere seleccionar personas, se hace necesario seleccionar un subconjunto de zonas geográficas; para cada zona seleccionada, se procede a seleccionar a su vez un subconjunto de secciones cartográficas, que antecede a la selección de hogares y, finalmente, para cada hogar se seleccionan las personas; siendo estas las unidades de observación. Por ejemplo, se puede citar la experiencia de Brasil con la *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios* que se realiza por medio de una muestra de viviendas en tres etapas: las unidades primarias de muestreo (UPM) son los municipios, mientras que las unidades secundarias de muestreo (USM) son los sectores censales, que conforman una malla territorial conformada en el último Censo Demográfico. Por último, las unidades finales en ser seleccionadas son las viviendas.

Duncan and Kalton (1987, , pág. 105) afirman que la composición de la población de interés en las encuestas de hogares cambia durante el tiempo, puesto que los individuos nacen, mueren, migran, e incluso pasan a ser parte de organizaciones que hacen que pierdan su estatus de elegibilidad como unidades de observación en una encuesta. Nótese que la población objetivo de la mayoría de encuestas de hogares en América Latina se refiere a la población civil excluyendo a los miembros de organizaciones militares, personas reclusas en cárceles, personas que se encuentran en hospitales, etc. De igual forma, se debe tener en cuenta que los hogares pueden crearse o desintegrarse rápidamente. Por ende, los equipos técnicos de las ONE que están a cargo del diseño de las encuestas de hogares, que miden de forma transversal a la población de interés, deben tener en cuenta que, aunque los objetivos de la encuesta no cambian en el tiempo, sí lo hace la población objetivo y se deben plantear esquemas de seguimiento y actualización que den cuenta de esta realidad.

II. Periodicidad en el tiempo

las Oficinas Nacionales de Estadística - que son los entes encargados de administrar, diseñar, analizar y difundir los resultados de las encuestas - no realizan este tipo de levantamientos de manera aislada; de hecho una característica fundamental de estas operaciones estadísticas es que se han convertido en un insumo fundamental para realizar un seguimiento periódico de muchos indicadores de interés. Por lo tanto, muchas encuestas de hogares se realizan de forma sistemática en el tiempo, aunque algunas otras que no tienen una periodicidad predefinida. Es por esto que la planeación de la encuesta debe contemplar este tipo de esquemas continuos para que el levantamiento de la información primaria en

campo se haga de manera más eficiente y, de la misma forma, que la estimación de los indicadores de interés se pueda realizar ajustándose a los recursos de la operación. Como se mencionó anteriormente, dado que la población es dinámica en el tiempo, la planeación y análisis de este tipo de encuestas es desafiante, puesto que si la composición de la población y las características de los elementos se considerara fija, una encuesta transversal (realizada una sola vez en un periodo de tiempo largo) sería suficiente para realizar estimaciones precisas que resuelvan los objetivos del estudio.

En algunas ocasiones, basta con realizar una medición simple en un punto específico del tiempo para completar los objetivos de la investigación. Este es el caso de las encuestas de ingresos y gastos cuya periodicidad es, en general, no menor a cinco años y las cuales son utilizadas para, entre muchos otros propósitos, actualizar la canasta básica familiar, de la cual se derivan los insumos básicos para la medición de la pobreza (CEPAL, 2018). Para otro tipo de problemáticas, como por ejemplo el seguimiento al mercado de trabajo, es necesario recurrir a la medición periódica a través de encuestas de hogares, en donde los cambios naturales en las características de la población hacen que realizar una medición simple en un punto del tiempo sea inviable a la luz del seguimiento y monitoreo de los indicadores de interés.

Por consiguiente, al momento de realizar la planeación de una encuesta continua o periódica se debe tener en cuenta que, a pesar de que crezca la dificultad en el diseño, es posible obtener información más oportuna para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas. De esta manera, y teniendo en cuenta que el tiempo hace que la estructura de las poblaciones cambie, sin importar si la constituyen individuos, hogares, familias, negocios, etc., las unidades de observación deben ser consideradas como parte de la población de interés cuando nacen, inmigran o alcanzan un umbral predefinido de edad. Asimismo, las unidades ya harán parte de la población de interés cuando mueran, emigren, o se involucren en instituciones (como el servicio militar). Por ejemplo, si las unidades de interés son los hogares, es evidente que la población no es la misma en diferentes puntos del tiempo (por ejemplo, en dos años distintos) puesto que se crean nuevas unidades cuando los jóvenes dejan a sus padres y forman nuevos hogares independientes, o cuando ocurre una separación o un divorcio; en donde un hogar se divide en dos. Además, los hogares en donde todos sus miembros han fallecido dejan de ser parte de la población objetivo. De la misma forma, dos hogares dejan de ser parte de la población objetivo cuando se unen a través de un matrimonio o algún otro tipo de unión civil. Teniendo en cuenta el papel dinámico de las poblaciones y los objetivos de investigación es posible plantear diferentes tipos de levantamientos; a continuación enumeramos algunas categorías de encuestas que las ONE realizan en la región.

A. Encuestas transversales

Este tipo de encuestas son diseñadas para recolectar información únicamente en un punto específico del tiempo, o sobre un periodo de referencia, y proveen

toda la información pertinente acerca de la población particular restringida a un tiempo y periodo de recolección específico. Puesto que el propósito fundamental de este tipo de encuestas no se centra en las comparaciones intertemporales, no es posible estimar cambios de ningún tipo, a no ser que se realicen indagaciones retrospectivas. La siguiente tabla muestra un esquema de este tipo de operaciones estadísticas en donde se observa una muestra de una población específica en un periodo de tiempo específico (Tiempo 2). Dado que es una muestra transversal, no hay un patrón de repetición en los restantes periodos.

Cuadro 2.1: *Esquema de una encuesta transversal.*

Muestra	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1		x				
2		x				
3		x				
4		x				
5		x				
6		x				

B. Encuestas repetidas

Cuando existe interés en realizar un seguimiento del fenómeno en observación durante el tiempo, se utilizan encuestas repetidas que recolectan información de manera periódica. Este tipo de encuestas proveen información acerca de la dinámica de la composición de la población en el tiempo. De esta forma, en cada levantamiento se observa una muestra de la población en un tiempo determinado. Por ejemplo, la siguiente tabla muestra un acercamiento gráfico a este tipo de encuestas en donde se evidencia el carácter sistemático de estas operaciones estadísticas; además de mostrar que no es posible medir cambios individuales porque las muestras son independientes en el tiempo.

Cuadro 2.2: *Esquema de una encuesta repetida.*

Muestra	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1	x					
2		x				
3			x			
4				x		
5					x	
6						x

C. Encuestas panel

Las encuestas en panel están diseñadas para recolectar información periódica sobre la misma muestra en diferentes puntos del tiempo. Por definición, las unidades de muestreo son las mismas en los diferentes periodos de tiempo y, de manera general, se miden las mismas variables en cada levantamiento. Por la caracterización propia de este tipo de encuestas, sí es posible estimar los cambios individuales, así como los cambios netos sobre la población. Sin embargo, como la muestra no cambia en ningún momento del tiempo, las inferencias que se realicen estarán supeditadas a la población de la cual se seleccionó la muestra en un principio (Tiempo 1). Si la población cambia su estructura, no será posible captar este cambio puesto que las inferencias resultantes de este tipo de encuestas no son representativas de la población actual. La siguiente tabla muestra un esquema propio de las encuestas de panel en donde los individuos que fueron seleccionados la primera vez son observados a lo largo del tiempo.

Cuadro 2.3: *Esquema de una encuesta tipo panel.*

Muestra	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x
4						
5						
6						

D. Encuestas de panel dividido

Para hacerle frente a las dificultades propias de las encuestas de panel y poder observar tanto los cambios individuales, como los cambios en la estructura de la población, se definen las encuestas de panel dividido. Estas operaciones estadísticas son una combinación del diseño de panel puro y del diseño repetido y su objetivo es realizar inferencias precisas acerca de los cambios de una cohorte a través del tiempo y, al mismo tiempo, del cambio en estructura de la población actual. De esta forma, se realiza el seguimiento continuo, periódico y sistemático de una muestra a través del tiempo, pero en cada levantamiento se incluyen nuevos elementos seleccionados de la población actual. Como se señalará más adelante, este tipo de encuestas cubre con eficiencia la mayoría de indicadores de interés en un estudio de investigación social. La siguiente tabla muestra una caracterización de estos levantamientos que fijan una muestra de panel a lo largo del tiempo, y a la vez que se añaden nuevas observaciones.

Cuadro 2.4: *Esquema de una encuesta de panel dividido.*

Muestra	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1	x	x	x	x	x	x
2	x					
3		x				
4			x			
5				x		
6					x	
7						x

E. Encuestas de panel rotativo

Mantener una muestra de panel es un proceso costoso desde una perspectiva económica y logística, pero también se debe tener en cuenta el desgaste de la fuente, que tenderá a brindar menos información a medida que avanza el estudio. Además, es evidente que a medida que el tiempo transcurra la propensión a responder será más baja, puesto que el entrevistado se sentirá agotado al ser visitado una y otra vez. Por lo tanto, se definen las encuestas de panel rotativo para poder realizar inferencias parciales - restringidas a periodos de tiempo específicos - del cambio individual y a la vez captar el cambio estructural de la población. Estas encuestas incorporan nuevos elementos de la población y a la vez mantienen elementos comunes con mediciones anteriores. Obviando las dificultades que acarrea la ausencia de respuesta, las encuestas panel definen un traslape completo entre las muestras de dos puntos cualesquiera en el tiempo; sin embargo, en las encuestas rotativas existe un traslape parcial, por lo que se reduce el efecto del desgaste del panel (sobre la población inicial) y el efecto de la pérdida de muestra. Además, la inclusión de nuevos elementos en la muestra provee información pertinente del cambio en la composición estructural de la población. La siguiente tabla ejemplifica el diseño de las encuestas rotativas.

Cuadro 2.5: *Esquema de una encuesta de panel rotativo.*

Muestra	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1	x					
2	x	x				
3	x	x	x			
4		x	x	x		
5			x	x	x	
6				x	x	x
8					x	x
9						x

III. Rotación de paneles

Algunas encuestas de hogares en América Latina permiten que un hogar sea visitado en más de una ocasión con el fin de tener estimaciones precisas acerca de los cambios de estado que el hogar o las personas que lo habitan puedan sufrir. Por ejemplo, un hogar que en un periodo estuvo en condición de pobreza extrema, puede estar en otro periodo en condición de pobreza o inclusive puede pasar a estar fuera de la pobreza; en las encuestas de fuerza laboral, una persona puede pasar de estar empleada en un periodo a desempleada en otro periodo. Estos cambios y la dinámica propia que conllevan son de interés para los investigadores y deben ser contemplados desde una perspectiva más amplia en cuanto a su diseño. Nótese que este tipo de variaciones sobre los individuos necesariamente tiene que ser captada a través de un componente de panel, por lo que las encuestas transversales o repetidas no serían viables para realizar estas estimaciones.

En América Latina hay una gran variedad de encuestas de hogares que utilizan diseños rotativos (ver anexo). Por ejemplo, la *Encuesta Permanente de Hogares* en Argentina renueva periódicamente el conjunto de hogares que serán entrevistados mediante un esquema¹ de rotación 2(2)2 que selecciona a las viviendas para ser entrevistadas en dos periodos consecutivos, luego los siguientes dos periodos esas viviendas salen de la selección, para finalmente volver a ser encuestadas en los siguiente dos periodos. De esta forma, un hogar es seguido a lo largo de 18 meses y esto permite cumplir con los objetivos de la encuesta. Este esquema induce algunas propiedades interesantes, que pueden ser ejemplificadas usando la siguiente tabla definido para los cuatro trimestres de los años 2016, 2017, 2018 en cuatro grupos de muestra: A, B, C y D.

- Entre el primer y el segundo periodo de medición hay un traslape del 50 % de hogares. En particular, nótese que entre 2016-T1 y 2016-T2, la muestra se conserva en un 50 %, puesto que $a1$ y $d1$ se repiten. Esto mismo sucede en cada trimestre del esquema rotacional.
- En el tercer periodo no habrá traslape con el primer periodo. Nótese que entre 2016-T1 y 2016-T3 no existe ningún elemento en común. De la misma manera, entre 2016-T2 y 2016-T4, no existe ningún elemento en común. Este mismo patrón se encuentra a lo largo del esquema rotacional.
- En el cuarto periodo se tendrá un 25 % de traslape con el primer periodo. Nótese, por ejemplo, que entre 2017-T1 y 2017-T4, $d3$ se repite; de la misma manera, entre 2017-T4 y 2018-T3, $d4$ se repite.
- Finalmente en el quinto periodo se volverá a tener un 50 % de traslape con respecto al primer periodo. Por ejemplo, 2016-T1 y 2017-T1 comparten el 50 % de la muestra $a1$ y $b1$; asimismo, 2017-T1 y 2018-T1 comparten el 50 % de la muestra $c3$ y $b3$.

¹Un esquema de rotación $x(y)z$, se define como aquel en donde la vivienda entra al panel por x meses, se excluye por los siguientes y meses y este patrón se repite z veces en el tiempo.

Cuadro 2.6: Rotación de paneles en un diseño $2(2)2$.

Año	Trimestre	A	B	C	D
2016	T1	$a1$	$b1$	$c1$	$d1$
	T2	$a1$	$b2$	$c2$	$d1$
	T3	$a2$	$b2$	$c2$	$d2$
	T4	$a2$	$b1$	$c3$	$d2$
2017	T1	$a1$	$b1$	$c3$	$d3$
	T2	$a1$	$b2$	$c4$	$d3$
	T3	$a2$	$b2$	$c4$	$d4$
	T4	$a2$	$b3$	$c3$	$d4$
2018	T1	$a3$	$b3$	$c3$	$d3$
	T2	$a3$	$b4$	$c4$	$d3$
	T3	$a4$	$b4$	$c4$	$d4$
	T4	$a4$	$b3$	$c5$	$d4$

Otro ejemplo de una encuesta que utiliza rotación de paneles es la *Encuesta Continua de Empleo* que, aplicada por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia, hace uso de una metodología mixta que permite el seguimiento continuo y transversal a la tasa de desempleo y a la tasa de subocupación, así como el seguimiento a los cambios que se presentan entre los periodos de interés (trimestres y semestres), a través del análisis longitudinal de los datos en el sector urbano (pues el diseño no es rotativo en el sector rural, debido a la baja incidencia de desempleo en esta zona). En este esquema rotacional $4(0)1$ una vivienda es entrevistada durante cuatro trimestres consecutivos, y luego sale del panel definitivamente. Un ejemplo de este tipo de esquemas se presenta en la siguiente tabla. - Nótese que entre el primer y el segundo periodo de medición hay un traslape del 75 % de hogares. En particular, entre 2016-T1 y 2016-T2, la muestra se conserva en tres cuartas partes puesto que $a1$, $c1$ y $d1$ se repiten. Esto mismo sucede en cada trimestre del esquema rotacional. - Por otro lado, entre el primer y el tercer periodo habrá un traslape del 50 %. Nótese que entre 2016-T1 y 2016-T3, la mitad de la muestra se conserva puesto que $a1$ y $c1$ se repiten. Este mismo patrón se encuentra a lo largo del esquema rotacional. - Entre el primer y el cuarto periodo se tendrá un 25 % de traslape. Nótese, por ejemplo, que entre 2017-T1 y 2017-T4, $a2$ se repite; de la misma manera, entre 2017-T4 y 2018-T3, $d3$ se repite. - Finalmente entre el primer y quinto periodo no se tiene ningún tipo de traslape.

Cuadro 2.7: Rotación de paneles en un diseño $4(0)1$.

Año	Trimestre	A	B	C	D
2016	T1	$a1$	$b1$	$c1$	$d1$
	T2	$a1$	$b2$	$c1$	$d1$
	T3	$a1$	$b2$	$c2$	$d1$

Año	Trimestre	A	B	C	D
2017	T4	$a1$	$b2$	$c2$	$d2$
	T1	$a2$	$b2$	$c2$	$d2$
	T2	$a2$	$b3$	$c2$	$d2$
	T3	$a2$	$b3$	$c3$	$d2$
	T4	$a2$	$b3$	$c3$	$d3$
2018	T1	$a3$	$b3$	$c3$	$d3$
	T2	$a3$	$b4$	$c3$	$d3$
	T3	$a3$	$b4$	$c4$	$d3$
	T4	$a3$	$b4$	$c4$	$d4$

Los diseños de las encuestas de hogares deben tener en cuenta la rotación de los paneles y el número de veces que es visitado un hogar. Esta caracterización depende directamente de los indicadores a los cuales la encuesta debe responder. Por ejemplo, el diseño de rotación debe ser diferente si el interés se centra en indicadores de cambio trimestral, a si se requieren indicadores de cambio anual. Por ejemplo, si el objetivo está en comparar las estimaciones de la tasa de desocupación el mismo mes entre diferentes años, el diseño 4(0)1 no es conveniente puesto que el traslape anual es nulo. En cualquier caso debe existir un esquema longitudinal, pero la diferencia principal radica en el tiempo en el que un hogar pertenecerá al panel. Por supuesto, hay que tener en cuenta que la tasa de ausencia de respuesta y pérdida de muestra por desgaste del respondiente crecerá en la medida en que se le pida a un hogar una participación más duradera en el tiempo.

La definición de los indicadores de interés debe primar sobre el diseño de las encuestas de hogares. Por ejemplo, si el objetivo de la encuesta se centra en la estimación del cambio del indicador en dos periodos de tiempo, entonces el cálculo de la precisión de las estimaciones debe tener en cuenta que las muestras no son independientes y por lo tanto se debe calcular la varianza de la primera ronda, la varianza de la segunda ronda y la correlación entre las dos rondas de interés. Estos tres componentes deben intervenir en el cálculo de los coeficientes de variación, así como en la determinación del tamaño de muestra en cada ronda. En efecto, como lo afirma [McLaren and Steel \(2001, pág. 236\)](#), para la estimación de tendencias, definidas a partir de series de tiempo macroeconómicas de los parámetros de interés en los estudios de fuerza laboral, el mejor patrón encontrado es el 1(2)m, en donde la vivienda entra en un primer mes en el panel, se excluye por los siguientes dos meses y este patrón se repite m veces consecutivas. A partir de allí, la vivienda ya no vuelve a ser incluida en el estudio. En resumen, por la naturaleza de las encuestas de hogares en la región, al momento de pensar en incluir o cambiar la estructura rotacional en el sistema de encuestas de hogares, se debería considerar en primer lugar el esquema de repartición mensual de paneles. Una mirada más profunda de este tipo de análisis longitudinales se encuentra presente en los capítulos posteriores de este documento.

IV. Parámetros de interés

Las encuestas son usadas para producir estimaciones de parámetros que describen la situación de una población, respondiendo a los objetivos de la investigación. Por lo general, el conocimiento de la población a cualquier nivel está reflejado en forma de totales, o de funciones de totales. Es por esta razón que este documento se enfoca y profundiza en las características inferenciales de los totales, puesto que la generalización a otros parámetros es inmediata. De esta manera, un **total poblacional** se define como la suma de las observaciones de una variable de interés, notada como y , en la población. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t_y = \sum_{k \in U} y_k$$

En donde U hace referencia al universo de estudio, mientras que y_k hace referencia a la variable de interés en el k -ésimo individuo. Por ejemplo, en una investigación social se puede realizar una encuesta para estimar el total de gasto de los hogares de un país en productos específicos de comida y bebidas no alcohólicas. En este ejemplo, la población U corresponde a los hogares, mientras que la variable y corresponde al gasto en comida y bebidas no alcohólicas, que es observada en el k -ésimo hogar, y notada como y_k .

Un caso particular de este parámetro es el **tamaño poblacional** que mide la cantidad de unidades que conforman una población y se denota como N . Por lo general, este parámetro es regularmente conocido, o al menos se tiene una aproximación de esta cantidad. En una encuesta de hogares, este parámetro podría denotar el número de hogares en el país - el cual no es conocido literalmente, aunque sí se conocen aproximaciones (o proyecciones) a esta cantidad con base en los resultados de los censos de población y vivienda - o el número de habitantes del país - el cual tampoco es conocido exactamente, aunque sí se cuente con proyecciones poblacionales. Este parámetro también toma la forma de un total poblacional:

$$N = \sum_{k \in U} 1$$

Tal vez el parámetro más relevante en la investigación social lo constituye el **promedio poblacional** que describe la cantidad que debería ser asignada a cada individuo de la población si hubiese una asignación equitativa de la variable de interés. De esta forma, el promedio se define como la suma de las observaciones de la variable en la población dividida por el tamaño poblacional N y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\bar{y}_U = \frac{t_y}{N}$$

Por ejemplo, en una encuesta de hogares es posible estimar el ingreso medio de la población, definido como el total de los ingresos de todos los hogares del país dividido entre el número de habitantes del país. En este caso la variable de interés y es el ingreso per cápita. De la misma forma, también se podría estimar el gasto promedio de los hogares en educación; en donde la variable de interés y es el gasto de todos los miembros del hogar en este concepto (sin importar la edad ni el nivel propedéutico) y N sería el número de hogares del país.

Un parámetro que es de particular interés es el **tamaño absoluto de un dominio poblacional** que mide la cantidad de unidades que conforman una subpoblación de interés U_d y que se denota como N_d . Por ejemplo, en las encuestas de fuerza laboral, es muy importante estimar con una alta precisión el número de personas que están desocupadas en un periodo de tiempo, y comparar su evolución a través del tiempo. En este caso, la subpoblación de interés, o dominio poblacional, estará definida por los desocupados. Nótese que este parámetro está definido como un total sobre una variable dicotómica z_{d_k} que toma el valor de 1, si el k -ésimo individuo tiene el atributo de interés y de 0, en otro caso. Este parámetro se calcula de la siguiente manera:

$$N_d = \sum_{k \in U} z_{d_k} = \sum_{k \in U_d} 1$$

De la misma forma, la incidencia relativa de los fenómenos sociales sobre los hogares o personas puede ser medida a través de la **proporción de un dominio poblacional**. Por ejemplo, la proporción de personas en condición de pobreza o de pobreza extrema son proporciones sobre toda la población, en donde la variable de interés z_{d_k} indica si el ingreso per cápita de un individuo es menor que la línea de pobreza; CEPAL (2018) presenta los pormenores metodológicos del cálculo de la pobreza en los países de América Latina y el Caribe. Este parámetro se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_d = \frac{N_d}{N}$$

Finalmente, la **razón poblacional** se calcula como el cociente entre dos totales, el primer total t_y asociado a una variable de interés y , el segundo total t_x asociado a una variable de interés x . Por ejemplo, en la medición del mercado de trabajo, la tasa de desocupación es una razón entre el total de personas desocupadas y el total de personas activas. Nótese que para clasificar a una persona como desocupada, ocupada, activa o inactiva, es necesario realizar una indagación en la encuesta a cada uno de los miembros del hogar; por lo tanto ambas cantidades, numerador y denominador, corresponden a cantidades desconocidas de antemano. Es más, la condición de ocupación de las personas puede variar entre los periodos de observación. Este parámetro se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_U = \frac{t_y}{t_z}$$

En efecto, los indicadores de pobreza pueden expresarse como razones poblacionales; es el caso de la brecha de pobreza y de la incidencia de la pobreza expresada en términos de un umbral de poder adquisitivo (Foster et al., 1984). Este tipo de indicadores complejos se pueden expresar mediante la siguiente relación

$$F_\alpha = \frac{1}{N} \sum_U \left(\frac{u - y_k}{u} \right)^\alpha$$

En donde y_k determina el ingreso del individuo k , u se refiere al umbral que establece la línea de pobreza y $\alpha \geq 0$. Por ejemplo, en el caso en el que $\alpha = 0$, este indicador calcula la tasa de pobreza, que es la incidencia de este fenómeno en la población; si $\alpha = 1$, este indicador calcula la brecha de la pobreza, que es la cantidad de dinero que se necesitaría en promedio para que un país no tuviera personas en situación de pobreza. Por último si $\alpha = 2$, este indicador medirá la severidad de la pobreza, como una combinación entre la incidencia de la pobreza de los hogares, la brecha absoluta de ingreso de los hogares en situación de pobreza y la desigualdad de ingresos entre los hogares en situación de pobreza.

En este punto vale la pena resaltar que, en la definición de los parámetros básicos que se quieren estimar en una encuesta, el papel de los totales poblacionales es absolutamente relevante. De igual manera, existen otros parámetros que pueden ser considerados complejos - no por su forma funcional, sino por los procesos complejos que hay detrás del levantamiento de la información primaria - pero que al igual que los mencionados anteriormente resultan ser también una función de totales poblacionales. Por ejemplo, considere el **cambio neto** de los totales de la variable de interés y en dos periodos de tiempo (t_1 y t_2) dado por la siguiente expresión:

$$\Delta_y = t_y^2 - t_y^1$$

Este tipo de parámetros son muy comunes en las encuestas que se realizan para conocer la estructura y los cambios del mercado de trabajo. Por ejemplo, la siguiente tabla muestra la composición del mercado de trabajo en una población observada en dos periodos de interés (las cifras están en millones). De esta forma, los totales marginales de la tabla corresponden a los **cambios netos** que permiten una comparación simple con el periodo anterior. Específicamente, es posible observar que hay 313 mil empleados menos, 80 mil desempleados menos y 393 mil inactivos más en el segundo periodo, en comparación al primero.

Cuadro 2.8: *Composición del mercado de trabajo en dos periodos de tiempo*

Condición	Ocupado	Desocupado	Inactivo	Total
Ocupado	9222	128	662	10012
Desocupado	221	322	151	694
Inactivo	256	164	5941	6361
Total	9699	614	6754	17067

Una comparación más profunda está dada en términos de los **cambios brutos**, que corresponden a las entradas de la tabla cruzada. De esta manera, los cambios en la fuerza de trabajo de un periodo a otro, se explican porque el 92.1 % $= (9222/10012) \%$ de los empleados conservó su empleo; el 31.8 % de los desempleados y el 4.0 % de los inactivos consiguió un nuevo empleo; el 6.6 % de los empleados es ahora inactivo en la fuerza laboral y el 1.3 % de los empleados perdió su empleo. Así mismo, el 46.4 % de los desempleados conservó su clasificación; el 1.3 % de los empleados perdió su empleo y el 2.6 % de los inactivos entró a la fuerza laboral como desempleado; el 31.8 % de los desempleados es ahora empleado y el 21.8 % de los desempleados es ahora inactivo.

A. Ejemplos de indicadores de interés y su relación con los tipos de encuestas

En esta sección se relacionan algunos de los parámetros anteriormente mencionados con los tipos más comunes de encuestas. Estos ejemplos nos presentan algunas indicaciones del tipo de encuestas que se encuentran en América Latina y examinan el raciocinio detrás de estos levantamientos. Tomando en consideración las características generales de las encuesta de hogares, [Duncan and Kalton \(1987\)](#) mencionan las siguientes situaciones, ejemplificadas a continuación.

- **Estimación de parámetros poblacionales en un punto del tiempo.** Por ejemplo, suponga que se quiere estimar el *ingreso per cápita promedio por área (rural - urbano) en las regiones de un país*. En este tipo de estudios, la encuestas aptas serían las transversales, las repetidas, las de panel rotativo y las de panel dividido. Nótese que las encuestas de panel puro no son aptas para estimar este parámetro puesto que la muestra no es representativa de la población en el momento actual, sino que, por el contrario, es representativa de la población en el momento en la cual se extrajo la muestra.
- **Estimación de cambios netos.** Si se quisiera estimar la *diferencia en el número de ocupados de la fuerza de trabajo entre el segundo trimestre de 2021 y el primer trimestre de 2021 en un país*, entonces las encuestas aptas serían las repetidas, las de panel rotativo y las de panel dividido. Una encuesta transversal no sería apta para lograr esta estimación, puesto

que su frecuencia de realización no es trimestral. De la misma forma que en el parámetro anterior, las encuestas de panel puro no son aptas para captar este parámetro puesto que la muestra no es representativa de la población en el momento actual.

- **Estimación de cambios brutos y componentes individuales.** Para estimar el *porcentaje de personas ocupadas en el segundo trimestre de 2021 que estuvieron desocupadas en el primer trimestre de 2021 en un país* es necesario que la encuesta tenga algún patrón de selección de los mismos individuos en los dos periodos. De esta forma, las únicas encuestas aptas para estimar este tipo de cambios brutos son las de panel, panel rotativo y panel dividido. Las encuestas transversales o repetidas no podrían arrojar este tipo de estimativas puesto que su diseño no considera a los mismos individuos en la muestra en dos periodos de tiempo.
- **Estimación de la incidencia de eventos en un periodo de tiempo.** Suponga que se quiere estimar la *proporción de mujeres que fueron víctimas de un evento de violencia en los últimos seis meses en un país*. En este caso todas las encuestas resultarían aptas mediante ligeras modificaciones en el diseño. Por ejemplo, la encuesta transversal debería preguntar de forma retrospectiva; las encuestas repetidas podrían ser agregadas en los últimos seis meses, las encuestas de tipo panel rotativo y divididas deberían preguntar en cada medición de los últimos seis meses por este evento.
- **Estimación de la incidencia de eventos raros en el tiempo.** Por ejemplo, si se quisiera estimar la *proporción de personas con una enfermedad rara*, es posible que las encuestas transversales y de tipo panel no sean las más apropiadas. En el primer caso, dado que el evento es raro por definición, los requerimientos de tamaño de muestra en una encuesta transversal sobrepasarían el presupuesto y los costos de una encuesta regular; en el segundo caso, además de las consideraciones anteriormente planteadas del tamaño de muestra, por la misma definición de evento raro, tampoco sería plausible que en el panel se presentaran estos eventos en los individuos a través del tiempo. Por otro lado, al agregar las encuestas repetidas, las de panel rotativas y la parte nueva del panel dividido, podría ser posible llegar al tamaño de muestra adecuado para poder captar esta incidencia de forma precisa y eficiente.

Estos últimos ejemplos muestran la importancia de contar con procedimientos adecuados de acumulación de datos y encuestas a lo largo de un periodo de interés, por ejemplo de forma anual o semestral. La acumulación de datos genera una buena base inferencial para poder estimar todo tipo de parámetros en una ventana más amplia del tiempo. Es posible acumular datos eficientemente por medio de la agregación de encuestas repetidas. De esta forma se definiría una agregación de datos vertical que añade filas, puesto que en cada levantamiento aparecen nuevos individuos, dado que el diseño de las encuestas repetidas selecciona diferentes individuos en cada punto del tiempo. Este es el caso de la *Gran Encuesta Integrada de Hogares de Colombia* que está diseñada para tener representatividad

a niveles de desagregación mayores, juntando los individuos observados en los doce levantamientos continuos en un año.

Por otro lado, las encuestas de panel permiten un tipo diferente de agregación, no basado en individuos, sino en variables en el tiempo. A diferencia de las encuestas repetidas, las encuestas de panel, panel rotativo o panel dividido permiten observar a los individuos en diferentes periodos de tiempo y la agregación puede hacerse de forma horizontal, manteniendo a los individuos en las filas y añadiendo columnas cada vez que se observe una nueva medición en un periodo de tiempo diferente.

Capítulo 3

Definición y estratificación del marco muestral

Todo procedimiento de muestreo probabilístico requiere de un dispositivo que permita identificar, seleccionar y ubicar a todos y cada uno de los objetos pertenecientes a la población objetivo y que participarán en la selección aleatoria. Este dispositivo se conoce con el nombre de **marco de muestreo**.

Cuando se dispone de un marco de elementos, se puede aplicar un diseño de muestreo de elementos; en muchas ocasiones se utilizan diseños de muestreo de conglomerados aunque se disponga de un marco de elementos. Si no se dispone de un marco de elementos (o es muy costoso construirlo) se debe recurrir a diseños de muestreo en conglomerados; es decir, que se utilizan marcos de conglomerados. Por ejemplo, al realizar una encuesta cuya unidad de observación sean las personas que viven en una ciudad, es muy difícil poder acceder a un marco de muestreo de las personas. Sin embargo, se puede tener acceso a la división sociodemográfica de la ciudad y así seleccionar algunos barrios de la ciudad, en una primera instancia y luego, seleccionar a las personas de los barrios en una segunda instancia. En el ejemplo anterior, los barrios son un ejemplo claro de conglomerados. Estas agrupaciones de elementos tienen las características de aparecer en el estado de la naturaleza. De esta forma, si se dispone de un marco de elementos, por ejemplo, el listado de empleados de una entidad, es posible aplicar un diseño de muestreo de elementos, realizar la selección aleatoria y de acuerdo a ese mismo diseño realizar las estimaciones necesarias. Cuando no existe un marco de muestreo disponible es necesario construirlo. Existen dos tipos de marcos de muestreo, a saber:

- **De Lista:** listados físicos o magnéticos, ficheros, archivos de expedientes, historias clínicas que permiten identificar y ubicar a los objetos que participarán en el sorteo aleatorio.

- **De Área:** mapas de ciudades y regiones en formato físico o magnético, fotografías aéreas, imágenes de satélite o similares que permiten delimitar regiones o unidades geográficas en forma tal que su identificación y su ubicación sobre el terreno sea posible.

Es una virtud del marco si contiene **información auxiliar** que permite aplicar diseños muestrales y/o estimadores que conduzcan a estrategias más eficientes con respecto a la precisión de los resultados. O también si la información auxiliar¹ está organizada por órdenes deseables. Se llama información auxiliar **discreta**, si el marco de muestreo permite la desagregación de la población objetivo en categorías o grupos poblacionales más pequeños. Por ejemplo nivel socioeconómico, grupo industrial, etc. Se llama información auxiliar **continua** si existe una o varias características de interés de tipo continuo y positivas. Es deseable que la información auxiliar continua esté altamente relacionada con la característica de interés. Por otra parte, un marco de muestreo es defectuoso si presenta alguno o varios de los siguientes casos:

- **Sobre-cobertura:** se presenta si en el dispositivo aparecen objetos que no pertenecen a la población objetivo. *No son todos los que están.*
- **Sub-cobertura:** se da cuando algunos elementos de la población objetivo no aparecen en el marco de muestreo o cuando no se ha actualizado la entrada de nuevos integrantes. *No están todos los que son.*
- **Duplicación:** La duplicación en un marco de muestreo se presenta si en el dispositivo aparecen varios registros para un mismo objeto. La razón más frecuente para la presencia de este defecto es la construcción no cuidadosa del marco a partir de la unión de registros administrativos de dos o más fuentes de información.

Estos defectos ocasionan errores en el cálculo de las expresiones que se utilizarán para generar las correspondientes estimaciones, generando sesgo, pérdida de precisión y, en algunos casos, que los resultados del estudio pierdan toda validez.

En resumen, el marco de muestreo es cualquier dispositivo o mecanismo usado para obtener acceso observacional a la población de interés.

- Identificar y seleccionar una muestra de manera que respete un esquema de muestreo probabilístico.
- Establecer contacto con los elementos seleccionados (mail, CAPI, CATI, personal)

Recuerde que la población objetivo constituye el conjunto de elementos sobre la cual se desea información y se requieren estimaciones de parámetros. La población del marco es el conjunto de todos los elementos que son enlistados

¹Toda información disponible a nivel poblacional o para todos y cada uno de los elementos del universo afecta directamente la estrategia empleada para obtener los objetivos de la investigación. Con respecto a la información auxiliar que pueda existir para cada elemento de la población es deseable que esté bien correlacionada con la variable de interés.

directamente como unidades en el marco o identificados mediante un marco más complejo, tal como un marco para selección en varias etapas. Además, los elementos son las entidades que componen la población y las unidades de muestreo son las entidades del marco muestral. Cuando no hay uno disponible, es posible construirlo. Luego, las siguientes características son deseables para un marco de muestreo son:

- Las unidades en el marco son identificados con un serial
- Cualquier unidad puede ser ubicada (dirección, teléfono)
- Está ordenado sistemáticamente (geografía, tamaño)
- Puede contener información adicional para cada unidad
- El marco especifica el dominio a donde pertenece cada unidad
- Cada elemento de la población está presente sólo una vez
- No contiene elementos que no estén en la población
- Todos los elementos de la población de interés están en el marco muestral

La calidad del marco puede ser medida mediante la relación que existe entre la población objetivo y la población del marco. Algunas imperfecciones comunes de los marcos de muestreo son:

- Subcobertura: Cuando algunos elementos de la población objetivo no están en la población del marco
- Sobrecobertura: Cuando los elementos que no están en la población objetivo están en la población del marco
- Duplicación: Cuando un elemento de la población objetivo se encuentra listado dentro del marco en más de una ocasión

Para realizar el proceso de selección sistemática de los hogares es necesario contar con un marco de muestreo que sirva de vínculo entre los hogares y las unidades de muestreo y que permita tener acceso a la población de interés. Como regla general, el marco de muestreo debe permitir *identificar* y *ubicar* a todos los hogares que conforman la población objetivo. Como lo afirma [Gutiérrez \(2016\)](#), el marco de muestreo más utilizado en este tipo de encuestas es de áreas geográficas que vinculan directamente a los hogares o personas. Por esta razón, los diseños de muestreo de estas encuestas se apoyan en la aglomeración natural de los hogares en segmentos cartográficos, que a su vez están contenidos en agrupaciones mayores. ¿Cómo se aglomeran las personas y cómo podemos realizar un diseño de muestreo con base en esta forma de aglomeración? Pues bien, las personas se aglomeran en hogares, los cuales a su vez se aglomeran en comunidades más grandes: barrios, comunas, segmentos. Estas comunidades forman ciudades y la reunión de estas divisiones es el país. Por lo tanto, a pesar de que ningún país tiene a disposición una lista actualizada de todos los hogares junto con su ubicación e identificación, sí existe en todos los países una lista actualizada de

los segmentos cartográficos presentes en las zonas urbanas y rurales. De esta forma, si se selecciona de forma probabilística una muestra de sectores y dentro de cada sector se selecciona de forma probabilística una muestra de hogares, entonces de forma indirecta estaremos seleccionando una muestra de hogares que puede representar la realidad de todo un país.

I. Conceptos básicos

Como se mencionó anteriormente, una característica esencial de los diseños de las encuestas de hogares es que la selección de las unidades finales de muestreo debe surtir varias etapas, de acuerdo a las agrupaciones definidas en los marcos de muestreo, que usualmente son marcos de área obtenidos de la división geográfica del país, región o municipio en áreas menores mutuamente excluyentes. Los institutos de estadística en América Latina hacen grandes esfuerzos para mantener actualizados sus marcos de muestreo. Por ejemplo, la *Encuesta Nacional de Hogares* de Costa Rica utiliza un marco muestral construido a partir de los censos nacionales de población y vivienda de 2011 y corresponde a un marco de áreas en donde sus unidades son superficies geográficas asociadas con las viviendas. Este marco en particular permite la definición de UPM con 150 viviendas en las zonas urbanas y 100 viviendas en las zonas rurales. En general, el marco está conformado por 10461 UPM (64.5 % urbanas y 35.5 % rurales). [Gambino and Silva \(2009\)](#) mencionan que, en la práctica, la consecución de los marcos de lista de lo hogares en la última etapa del muestreo puede tornarse difícil puesto que dentro del conglomerado no es obvio observar de manera exhaustiva los hogares, especialmente cuando la frontera del conglomerado es una línea imaginaria. Por ejemplo en lo urbano, la distinción entre dos conglomerados está demarcada claramente por las calles que conforman la ciudad; sin embargo, en la ruralidad, difícilmente existen caminos que puedan servir para delimitar los conglomerados. De la misma manera, esta delimitación se torna compleja cuando han ocurrido cambios en la infraestructura del área y aparecen nuevas construcciones.

Observe que en general, ante el estudio de un fenómeno social, las desagregaciones geográficas más amplias constituyen un interés natural para los usuarios de las encuestas; es así como los investigadores que planean las encuestas quisieran poder desagregar la información por las regiones geográficas más grandes, que a su vez tienen cierta independencia política y administra. Las estadísticas nacionales que se publican a partir de las encuestas de hogares, cobran mayor relevancia a nivel de regiones, estados o departamentos. Este tipo de desagregaciones geográficas se conocen con el nombre de estratos. Inclusive los diseños de las encuestas de hogares han ido evolucionando para permitir que este tipo de agregaciones tenga representatividad en la encuesta. Aunado a lo anterior, si la característica de interés con la cual se planea la encuesta hace que la distribución de la población sea altamente sesgada, como en el caso de los ingresos o gastos, es recomendable crear un estrato de inclusión forzosa con las unidades más importantes en la población. Esta práctica asegura que el error de muestreo sea

más bajo. Algunos países hacen uso de la información censal para definir una estratificación socio económica sobre los segmentos cartográficos del marco de muestreo utilizando para tal fin algunas preguntas del censo de población más reciente. Esta práctica representa una ventaja metodológica porque, en la mayoría de encuestas, los parámetros de interés tienen un comportamiento estructural diferente en cada uno de los subgrupos poblacionales creados, tendiendo a tener una mayor precisión en la estimación de los parámetros de interés. Por ejemplo, utilizando las preguntas del censo, es posible crear un índice de condiciones de vivienda y con este definir algunos grupos de viviendas mutuamente excluyentes que contengan viviendas parecidas dentro de ellos, pero que entre ellos sean muy disímiles. De esta forma, es posible estratificar los sectores cartográficos de todo un país y generar estimaciones más precisas de los indicadores sociales (como pobreza, ingreso medio, etc.) si el diseño de muestreo contempla este tipo de estratificación.

Para el caso de la *Gran Encuesta Integrada de Hogares* en Colombia, los criterios de estratificación forman dos grupos: el primero correspondiente a las 24 capitales junto con sus correspondientes áreas metropolitanas y el segundo correspondiente al resto de cabeceras municipales, centros poblados y la ruralidad dispersa. Además, la encuesta también contempla criterios de estratificación económica a nivel municipal como nivel de urbanización y estructura de la población, basada en la proporción de habitantes con necesidades básicas insatisfechas. De la misma manera, el diseño de la muestra maestra del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México contempla este tipo de estratificación basada en los indicadores generados con la información del Censo de Población y Vivienda 2010. Previo al proceso de estratificación sociodemográfica, fue necesario construir y seleccionar una serie de variables que logaran, en conjunto, separar el universo de UPM en agrupaciones que mejoraran las principales estimaciones de las diferentes encuestas usuarias del Marco de Muestreo (INEGI, 2012).

De la misma manera, ante la ausencia de un marco de muestreo de hogares y personas en los países de la región, el diseño de las encuestas de hogares se dice complejo puesto que involucra varias etapas de selección y estratificación. Por ende, los marcos de muestreo están conformados por unidades primarias de muestreo (UPM) que se definen como segmentos cartográficos individuales, como una agrupación de segmentos o incluso como una división de segmentos masivos. Por ejemplo, tomemos en consideración el estrato urbana, en donde las UPM corresponden a manzanas (o agregaciones o particiones de manzanas), mientras que en el caso rural, las UPM corresponden a comunidades (o agregaciones o particiones de comunidades). En cualquier caso, la unidad de observación está constituida por las viviendas ocupadas particulares donde residen personas. En general, salvo en algunos países, las UPM no tienen el mismo tamaño dentro de los estratos; es decir no están constituidas por un número igual de viviendas. El caso es más evidente es la ruralidad, en donde podría ocurrir que una única UPM agrupe un conjunto de viviendas con demasiada heterogeneidad y una alta dispersión geográfica. Es así como es posible encontrar UPM con pocas viviendas o UPM con demasiadas viviendas. Esto constituye una desventaja técnica a la

hora de establecer metodologías apropiadas para la recolección de la información primaria y además para la estimación de los errores de muestreo que se derivan de la encuestas de hogares y por esto algunos países están considerando la re-definición de las UPM como unidades con un número uniforme de viviendas.

Es usual que tras el levantamiento de un nuevo censo se actualice el marco de muestreo con el que se seleccionarán las viviendas y hogares para todas las encuestas subsiguientes. Por la naturaleza de los censos, los INE deben recorrer la geografía de los países produciendo una nueva cartografía que derivará en la actualización de los marcos de muestreo. Por ejemplo, considere un país que cuente con un marco de muestreo que consta de cien mil UPM y, para cada una de estas, se ha logrado construir una estratificación socioeconómica que estuvo basada en la información recolectada en el último censo de población y vivienda. Kish (1965, pág. 183) afirma que la selección de UPM con tamaño desigual acarrea algunos problemas técnicos como que el tamaño de muestra final se convierte en una variable aleatoria, que depende de la probabilidad de selección de las UPM más grandes o más pequeñas. Lo anterior aumenta la incertidumbre en el costo final del operativo, pues si se seleccionan UPM con pocas viviendas, se deberán seleccionar nuevas UPM para cumplir con la cuota de viviendas o bien colapsar algunas otras UPM para mantener la selección inicial.

Con base en lo anterior, se esperaría que la actualización de la cartografía y de los marcos de muestreo se realizara cada diez años. Es importante que estas actualizaciones conlleven a una definición de los marcos de muestreo que permitan tener mayor fluidez en los procesos logísticos de selección de hogares y que induzcan una mejora en la precisión de las estimaciones de los parámetros de interés. Por ejemplo, una forma muy conveniente de abordar este desafío es creando UPM que contengan, en la medida de lo posible, un mismo número de viviendas y, de esta manera, mantener una distribución uniforme en cada estrato. Siguiendo el consejo de Valliant et al. (2013, pág. 212), si el equipo de planeación de la encuesta tiene la flexibilidad de definir las UPM, como usualmente es el caso en las encuestas de hogares, entonces las UPM definitivamente deberían estar conformadas por una cantidad igual de viviendas.

Los censos de población y vivienda se constituyen en el primer insumo principal de las encuestas de hogares. En promedio, los países de la región realizan los censos cada diez años, y en este levantamiento masivo de información se enlistan todos los hogares del país, se enumeran todos los habitantes del país y se observan algunas variables de interés que servirán a su vez para asentar las bases de comparación de las cifras en los siguientes diez años. El periodo que existe entre la realización de dos censos se denomina *periodo intercensal* y en este se realizan encuestas de hogares de diferentes constructos económicos y sociales. Los Institutos Nacionales de Estadística (INE) utilizan las particiones geográficas y cartográficas generadas en el levantamiento del censo con el fin de seleccionar, mediante diseños en varias etapas, muestras de hogares. Comúnmente, estas particiones reciben el nombre de secciones cartográficas y están formadas por un número determinado de hogares contiguos. En adelante nos referiremos a

estas particiones como Unidades Primarias de Muestreo (UPM), la cuales en el área urbana, pueden ser manzanas o agregaciones de manzanas, y en área rural pueden ser veredas o sectores censales definidos de antemano.

Para aumentar la eficiencia de la inferencia en las encuestas de hogares, es de particular interés que el marco de muestreo permita clasificar a las UPM de acuerdo con su nivel socio-económico con el fin de poder realizar selecciones independientes en cada categoría de la clasificación. De esta forma se garantiza la homogeneidad entre grupos y se disminuye la incertidumbre de la estimación. Este proceso se conoce con el nombre de estratificación. En la literatura especializada, es posible encontrar varias metodologías que pretenden clasificar las UPM. Este documento realiza un resumen no exhaustivo de las principales técnicas utilizadas por los INE de la región, propone un algoritmo para encontrar la mejor estratificación basada en los datos de los censos e ilustra los procedimientos computacionales necesarios para implementar esta metodología en el software estadístico R.

Esta sección recoge algunas metodologías de estratificación vigentes en la literatura y aplicadas por otros institutos de estadística de la región, así como el seguimiento a la ejecución de la partición del marco por parte de los funcionarios del INE. Luego de un breve introducción, la sección dos establece las diferencias entre la estratificación de las bases de datos a nivel personas y UPMs; la sección tres resume de forma no exhaustiva algunas de las metodologías más usadas para la estratificación de marcos de muestreo, con dos enfoques: univariados sobre medidas de resumen, y multivariados sobre toda la matriz de clasificación; la sección cuatro presenta los criterios de evaluación de los métodos de estratificación; la sección cinco presenta un pequeño resumen de los resultados finales de la estratificación del marco realizada por el INE; finalmente, la sección seis expone algunas conclusiones y recomendaciones en el corto plazo.

II. Metodologías de estratificación

A. Información a nivel de UPM

En primer lugar, es necesario tomar en consideración que la estratificación que se pretende realizar es a nivel de las UPM. Esto implica que una vez que la UPM esté categorizada en algún estrato, todos sus componentes también estarán clasificados en la misma categoría; por consiguiente las personas y los hogares de la UPM pertenecerán al estrato en el cual la UPM fue clasificado. Cabe resaltar que, tomando en consideración la información recolectada en el censo, es posible también clasificar a las personas o a los hogares en una primera instancia y después agregarlos hasta llegar al nivel de la UPM; sin embargo, en la práctica este proceso puede resultar un poco más complejo y no son claras sus ventajas. Por lo anteriormente mencionado, este documento estará enfocado en la clasificación de las UPM a partir de una matriz de información a nivel de esta misma agregación.

Con la información del censo se deben seleccionar o crear las variables estén relacionadas directamente con los fenómenos que se estudiarán por las diferentes encuestas de hogares a lo largo del periodo intercensal. En general, es posible clasificar estas variables en los siguientes constructos:

- *Demografía y estructura de la población*: sexo, edad, parentesco, origen extranjero, pertenencia a grupos indígenas, número de hijos, número de dependientes, etc.
- *Educación*: analfabetismo, asistencia, años de estudios, grado de escolaridad, etc.
- *Mercado de trabajo*: población en edad de trabajar, pertenencia a la fuerza de trabajo por sexo, condición de ocupación por sexo, rama de actividad, etc.
- *Características de la vivienda*: tipo de vivienda, materiales de construcción, hacinamiento, equipamiento, etc.
- *Acceso a servicios básicos*: fuente de agua, alcantarillado, acceso a salud, acceso a seguridad social, etc.

Debido a que las UPM tienen, en estricto rigor, tamaños diferentes, la escala y el nivel en el que se midan los indicadores puede afectar los procesos de clasificación. Luego, si la matriz de información con la cual se realiza la estratificación se construye con base en el número de personas (con determinadas características) dentro de la UPM, al no tener en cuenta el tamaño de esta, es muy probable que las metodologías de estratificación no logren agrupar de forma homogénea a las UPM. Por ejemplo, asuma que hay dos UPM con tamaño 100 y 300 hogares, que agrupan a 200 y 400 personas en la fuerza de trabajo, y además suponga que una de las variables de la matriz de información se define como el número de personas ocupadas. A su vez, asuma que la primera UPM pertenece a un sector acaudalado y la segunda UPM pertenece a un sector marginal. Es posible que el número de personas ocupadas en ambas UPM sea de 150 y que por esta razón queden erróneamente clasificadas en el mismo grupo. Por ende, definir la matriz de información en términos relativos (porcentaje de ocurrencia de cada variable) es una mejor alternativa para que el agrupamiento esté controlado por el tamaño de la UPM y supeditado únicamente a cambios estructurales en los constructos de medición del censo.

Por último, una vez que se ha definido el conjunto de variables que entrarán en la matriz de información, es necesario verificar que todos los indicadores de esta matriz apunten hacia el mismo horizonte del constructo censal. Es decir, que **todos** los indicadores estén expresados en términos de acceso al bienestar de cada uno de los constructos. Además, es necesario realizar un proceso de refinamiento sobre esta matriz para eliminar aquellas variables que puedan estar altamente correlacionadas con el resto de las variables o que puedan expresarse como combinación lineal de otras variables. De esta manera, se evitan los problemas de multicolinealidad y se asegura una estratificación parsimoniosa. Al final se supone que se debe contar con una matriz de información \mathbf{X} compuesta por P variables, y n_I filas; en donde cada fila de la matriz de información representará

la observación de las UPM a nivel censal para cada una de las P variables.

La teoría estadística ha definido que la mejor estratificación es aquella que minimice los errores de muestreo de los estimadores, expresados en forma de varianzas o errores estándar. Además, una particularidad de los procesos de estratificación es que las varianzas de estos estimadores dependen a su vez de la variación de los microdatos a nivel poblacional, que se han observado en el censo. Sin embargo, lo que podría resultar ser una estratificación óptima para una variable tal vez sea, al mismo tiempo, una estratificación pésima para otras variables. Más aun, sabiendo que no todas las variables de interés que se observarán en las encuestas durante el periodo intercensal han sido medidas y observadas en el censo, se debe estudiar muy bien, por medio del estudio de numerosos escenarios, qué estratificación utilizar.

Todos los INE de la región tienen, en mayor o menor grado, evidencia empírica de que la mayoría de los fenómenos que se observan en las encuestas de hogares están supeditados a la distribución de la población en las UPM. Por ejemplo, si lo que se quiere medir es la informalidad en el mercado de trabajo, seguramente nos encontraremos con que este fenómeno está mucho más presente en aquellas UPM marginales, en donde también estarán presentes otros fenómenos como menos años de educación, menores tasas de acceso a la salud, menores ingresos y gastos, mayores tasas de embarazo adolescente, entre otros. Lo anterior conlleva a afirmar que existe una alta correlación entre la UPM que se habita y la incidencia de fenómenos sociales y económicos. Por lo tanto, los ejercicios de estratificación que se deben estudiar tendrán una alta consistencia interna, de tal manera que al escoger la mejor estratificación se garantiza que el INE dispondrá de una clasificación óptima en el periodo intercensal para todas las encuestas de hogares que se ejecuten.

En general, hay dos grandes escenarios que deben ser revisados al momento de proponer una estratificación: univariados (sobre una medida de resumen de la matriz de información) y multivariados (sobre todas las variables de la matriz de información). Para cualquiera de estas, se recalca que el objetivo es encontrar la mejor partición que asegure que la varianza de los estimadores de muestreo sea mínima. A continuación se presentan algunas técnicas que se pueden considerar. Estas técnicas están disponibles en el software estadístico R mediante las librerías `stratification` (Baillargeon and Rivest, 2011) y `SamplingStrata` (Barcaroli, 2014). En ambos casos existe documentación disponible acerca de cómo utilizar las funciones de estratificación.

B. Univariadas sobre medidas de resumen

Es bien sabido que la mejor estratificación para una variable de interés es aquella que nace de su propia variación. Durante muchos años, se desarrollaron técnicas de estratificación sobre una sola variable de interés que dejaban de lado el carácter multipropósito de cualquier encuesta de hogares. Por esta razón, se sugiere partir de la matriz de información y resumir la variación y las correlaciones entre

variables mediante alguna técnica multivariada de reducción de datos, como componentes principales, análisis factorial, o modelos no lineales. Como la matriz de información está en escala de porcentajes, es posible que la variabilidad recogida por la medida de resumen sea alta.

Por ejemplo, si se utiliza la técnica de componentes principales, entonces se tomaría como medida de resumen el primer componente, que resulta ser función del vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz de covarianzas asociada a la matriz de información. Por otro lado, si se utilizara un análisis factorial confirmatorio, la medida de resumen podría ser el eje principal con la carga factorial más alta. La interpretación de estas medidas de resumen es una parte importante en la aplicación de las técnicas de estratificación. Nótese que la matriz de información está construida por cinco constructos censales (*demografía y estructura de la población, educación, mercado de trabajo, características de la vivienda y acceso a servicios básicos*) que deberían ser resumidos en una medida de bienestar de la UPM, que a su vez debe tener sentido en cuanto a la relación (o contribución) de las variables al componente o factor. En adelante, se utilizará la siguiente notación para referirse a la medida de resumen como función de todas las variables incorporadas en la matriz de información:

$$y = f(x_1, \dots, x_P)$$

Nótese que se esperaría que esta variable de resumen, al estar definida como una medida de bienestar sobre las UPM, tuviera un comportamiento sesgado, tal como se puede observar en la siguiente figura.

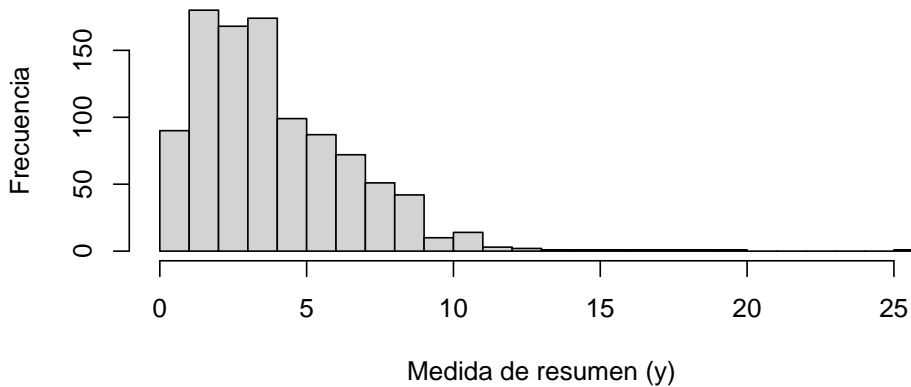


Figura 3.1: *Histograma de la medida de resumen (y) sobre las UPM*

En particular, el INE de Chile ha realizado un valioso estudio de modelación del *ingreso autónomo* con algunos indicadores homologados, disponibles en la encuesta CASEN y haciendo uso de la técnica de *random forest*. Con base en este modelo, es posible determinar una predicción del ingreso total de los hogares en el censo. Es posible considerar a este *ingreso autónomo imputado* como una

medida de resumen del bienestar de la UPM y realizar los mismos análisis de estratificación sobre esta predicción. Para que este escenario sea comparable con los demás, este modelo debe volver a ajustarse teniendo en cuenta exactamente las mismas variables incluidas en la matriz de información. Además, valdría la pena volver a preguntarse si esta componente del ingreso es la que mejor resumiría el bienestar de las UPM.

Partición en cuantiles (Q)

Este método divide la población de UPM en grupos creados a partir de la división en intervalos regulares de la distribución de la medida de resumen. Los cuantiles más usados son los cuartiles (que dividen la población en cuatro grupos), los quintiles (que dividen la población en cinco grupos) y los deciles (que dividen la población en 10 grupos); sin embargo, con los propósitos de estratificación, también es útil considerar la partición en terciles (que dividen la población en tres grupos).

Método de raíz de frecuencia acumulada (DH)

[Dalenius and Hodges \(1959\)](#) propusieron esta técnica de estratificación basada en la acumulación de la raíz cuadrada de las frecuencias acumuladas de la medida de resumen sobre las UPM. Esta técnica es exacta y no requiere de algún procedimiento iterativo. La idea principal de esta técnica es encontrar grupos que minimicen la siguiente función:

$$D = \sum_{h=1}^H W_h \sqrt{S_{y_h}^2}$$

En donde $W_h = N_h/N$ ($h = 1, \dots, H$) es el tamaño relativo del estrato h y $S_{y_h}^2$ es la varianza de la medida de resumen en el estrato h .

Estratificación óptima (LH)

[Lavallée and Hidioglou \(1988\)](#) propusieron por primera vez la construcción de una estratificación óptima para poblaciones de encuestas reales, basada en la minimización de una expresión ligada al tamaño de muestra. Más adelante [Kozak \(2004\)](#) definió un algoritmo iterativo mediante arranques aleatorios para optimizar el proceso de minimización.

Estratificación geométrica (GH)

[Gunning and Horgan \(2004\)](#) desarrollaron este método con el objetivo de que los coeficientes de variación de la medida de resumen tiendan a ser iguales dentro de los estratos y, de esta forma, encontraron que los límites que definían estos grupos estaban conformados en progresión geométrica.

C. Multivariadas sobre la matriz de información

Partiendo de la matriz de información \mathbf{X} a nivel de las UPM, es posible considerar algunos procedimientos que no necesitan de la reducción a una sola dimensión, sino que admiten tantas dimensiones como indicadores definidos en las columnas de la matriz \mathbf{X} . Teniendo en cuenta que en el periodo intercensal se realizarán encuestas que miden variables que están fuertemente ligadas a las observadas en el censo, entonces encontrar una estratificación que sea óptima para todo el conjunto de variables de la matriz de información asegurará una partición óptima para todas las encuestas realizadas en el periodo intercensal. Las siguientes metodologías permiten minimizar conjuntamente la varianza de los P estimadores de muestreo en un diseño estratificado.

K-medias (KmJ)

Jarque (1981) propone utilizar una versión modificada del algoritmo de K-medias (Macqueen, 1967), cuya objetivo es la minimización de la siguiente función de distancia:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{k \in U_h} (\mathbf{x}_k - \bar{\mathbf{x}}_h)' \mathbf{\Lambda}^{-1} (\mathbf{x}_k - \bar{\mathbf{x}}_h)$$

En donde \mathbf{x}_j corresponde a la medición de las P variables de la matriz de información en la k -ésima UPM, $\bar{\mathbf{x}}_h$ es el vector de medias de la matriz de información en el estrato h y $\mathbf{\Lambda}$ es una matriz diagonal de tamaño $P \times P$ cuyas entradas se definen como la varianza de las P variables de la matriz \mathbf{X} , es decir $\mathbf{\Lambda}[p, p] = S_{x_p}^2$. Esta modificación tiene como objetivo minimizar la relación entre la varianza de un estimador de muestreo estratificado con asignación proporcional y la de un muestreo aleatorio simple. Como se puede ver en el anexo, cuando $\mathbf{\Lambda} = \mathbf{I}$, el algoritmo resultante es idéntico al algoritmo clásico de K-medias.

Partición genética (BB)

Ballin and Barcaroli (2013) argumentan que la mejor estratificación es aquella partición del marco de muestreo que asegura el mínimo costo muestral que satisfaga algunas restricciones de precisión; o, que maximice la precisión de los indicadores de interés bajo las restricciones. Haciendo uso de algoritmos genéticos evolutivos, esta la estratificación multivariada del marco de muestreo parte de la consideración de estratificaciones univariadas independientes (una para cada variable de la matriz de información) y de la definición del producto cartesiano resultante de todas estas particiones (estratos atómicos). Este universo de posibles estratificaciones evoluciona, sujeto a las restricciones de precisión sobre cada variable de la matriz de información, hasta converger en el número de estratos definidos de antemano H .

III. Evaluación y escogencia de la mejor estratificación

En la evaluación de los escenarios de estratificación entran las técnicas univariadas y multivariadas. Al final, el resultado de aplicar una u otra técnica es simplemente una clasificación de las UPM. Por lo tanto, cada una de las posibles estratificaciones debe ser evaluada con base en la reducción de la varianza para todos los indicadores considerados en la matriz de clasificación. La medida clásica con la que se juzgan las bondades de una estrategia de muestreo es el efecto de diseño (DEFF). Por lo tanto, la evaluación de la estratificación debe estar supeditada también a esta medida, que para la variable $p = 1, \dots, P$, está dada por:

$$DEFF_p = \frac{Var_{ST}(\bar{x}_p)}{Var_{SI}(\bar{x}_p)} \quad p = 1, \dots, P.$$

En donde, $Var_{ST}(\bar{x}_p)$ y $Var_{SI}(\bar{x}_p)$ denotan la varianza del diseño estratificado y la varianza de un muestreo aleatorio simple para la media poblacional (porcentaje) de la p -ésima variable de la matriz de información. Por otro lado, [Gutiérrez \(2016, página 184\)](#) demuestra que, cuando la asignación es proporcional, esta relación se puede escribir de la siguiente manera:

$$DEFF_p = \frac{\sum_{h=1}^H W_h S_{x_{hp}}^2}{S_{x_p}^2} \quad p = 1, \dots, P.$$

En donde, para cada estrato $h = 1, \dots, H$, se tiene que $S_{x_p}^2$ es la varianza de la variable x_p en la población y $S_{x_{hp}}^2$ es la varianza de la variable x_p supeditada al estrato h . Nótese que una ventaja de expresar el efecto de diseño como en la ecuación anterior es que no dependerá del tamaño de muestra. Una vez definido el criterio de evaluación de la estratificación sobre una variable x_p , es necesario definir un criterio de estratificación multivariante que contemple cada una de las P variables. Siguiendo las ideas de [Jarque \(1981\)](#), se propone la siguiente medida de calidad, definida como el *efecto de diseño generalizado* ($G(S)$) sobre todas las variables de la matriz de información:

$$G(S) = \sum_{p=1}^P DEFF_p = \sum_{p=1}^P \frac{1}{S_{x_p}^2} \sum_{h=1}^H W_h S_{x_{hp}}^2$$

Ante una estratificación pertinente, se esperaría que $Var_{ST}(\bar{x}_p) < Var_{SI}(\bar{x}_p)$, por lo tanto $0 < DEFF_p < 1$, lo que conlleva a que $0 < F(S) < P$. Luego, se debería escoger el escenario para el cual $F(S)$ fuera mínimo. Nótese que, para cada uno de los escenarios en estudio, es necesario fijar el número de estratos; en general se propende porque el número de grupos esté entre tres y cinco. Esta

escogencia del número de grupos debe ser discutida al interior del INE con los equipos que determinan la rotación de las UPM en cada periodo de levantamiento de las encuestas de hogares. Escoger un número alto de estratos reducirá la varianza, pero a su vez puede tener repercusiones negativas en la logística de rotación del diseño de muestreo de las encuestas, haciendo que se agoten rápidamente las UPM dentro de los estratos geográficos y socioeconómicos. Por lo anterior, se recomienda restringir los escenarios de evaluación a la consideración de $H = 3$ y $H = 4$ estratos.

El siguiente cuadro ejemplifica la evaluación de estas técnicas para dos escenarios de estratificación (tres y cuatro estratos) en una matriz de información que contiene 8 variables. De la tabla se puede deducir varias conclusiones interesantes. Por ejemplo, para el primer indicador, la mejor estratificación es DH con cuatro estratos; para el segundo indicador, la mejor estratificación es BB con cuatro estratos; mientras que para el último indicador, la mejor estratificación es LH con cuatro estratos. Como se puede notar, para cada indicador existirá un método que induzca una mayor eficiencia, pero que para otros indicadores puede ser deficiente. Esto claramente muestra que la estratificación con respecto a un solo indicador puede ser un procedimiento inadecuado. Por lo tanto, basados en este ejemplo, el mejor método sería DH con cuatro estratos puesto que induce una mayor eficiencia conjunta al reducir el efecto de diseño generalizado.

Cuadro 3.1: *Efectos de diseño $DEFF_p$ y efecto de diseño generalizado $G(S)$ considerando tres ($H = 3$) y cuatro ($H = 4$) estratos para ocho variables.*

DEFF	Q (H=3)	DH (H=3)	LH (H=3)	GH (H=3)	KmJ (H=3)	BB (H=3)	Q (H=4)	DH (H=4)	LH (H=4)	GH (H=4)	KmJ (H=4)	BB (H=4)
\bar{x}_1	0.87	0.85	0.81	0.82	1	0.88	0.8	0.70	0.76	0.72	0.71	0.77
\bar{x}_2	0.89	0.82	0.95	0.97	0.94	0.88	0.79	0.74	0.75	0.77	0.75	0.71
\bar{x}_3	0.87	0.97	0.83	0.96	0.89	0.95	0.74	0.75	0.79	0.7	0.79	0.71
\bar{x}_4	0.92	0.89	0.81	0.94	0.96	1	0.77	0.73	0.73	0.7	0.71	0.74
\bar{x}_5	0.85	0.83	0.96	0.96	0.83	0.81	0.8	0.73	0.8	0.78	0.8	0.79
\bar{x}_6	0.87	0.88	0.9	0.88	0.86	0.81	0.8	0.72	0.76	0.7	0.74	0.73
\bar{x}_7	0.87	0.95	0.99	0.83	0.86	0.84	0.75	0.7	0.77	0.72	0.77	0.77
\bar{x}_8	0.93	0.82	0.91	0.99	0.93	0.88	0.77	0.74	0.72	0.78	0.76	0.75
G(S)	7.07	7.01	7.16	7.35	7.27	7.05	6.22	5.81	6.08	5.87	6.03	5.97

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX

El INE de Chile culminó satisfactoriamente la estratificación del marco de muestreo 2017. Durante este proceso se consideraron más de 180 escenarios de estratificación junto con varias metodologías apropiadas y acordes tanto a la experiencia internacional como a la literatura especializada. Es importante aclarar que el proceso de estratificación del marco de muestreo tiene por objetivo coadyuvar a los equipos responsables de las estrategias de muestreo en la consecución de diseños de muestreo que induzcan una mayor eficiencia y precisión a la hora de la estimación de las estadísticas oficiales.

De hecho, la propuesta de [Park \(2003\)](#) apunta en este mismo sentido, pues

propone que el efecto de diseño de cualquier encuesta se puede descomponer en tres partes que se relacionan entre sí de forma multiplicativa. En primer lugar está el efecto debido a la ponderación desigual, $def f^W$; en segundo lugar se encuentra el efecto debido a la estratificación, $def f^S$; y por último se tiene el efecto debido al muestreo en varias etapas, $def f^C$. Por lo tanto:

$$DEFF = def f^W \times def f^S \times def f^C$$

Al encontrar la mejor estratificación, el equipo del INE ha permitido que la segunda componente de esta descomposición sea mínima, en cuanto se han seguido los pasos necesarios para ello y se ha escogido la estratificación en tres particiones que aseguró un menor $def f^S$ para los indicadores estudiados. Ahora, cuando el marco se entregue al área de producción estadísticas, será tarea del INE asegurar que los efectos de diseño dados por el efecto de conglomeración y el uso del muestreo en varias etapas $def f^C$ sea mínimo, así como el efecto debido al uso de factores de ponderación desiguales, $def f^W$. En el primer caso, se deberá estudiar, para cada encuesta y operación estadística que haga uso del marco de muestreo estratificado, la relación entre UPMs y hogares a la luz de los indicadores de interés; en particular, es necesario decidir cuántos hogares serán seleccionados en cada UPM y cuántas UPMs serán seleccionadas dentro de cada estrato. De la misma manera, en el segundo caso, también se debe decidir, a la luz de la correlación entre los indicadores particulares de cada encuesta de hogares, cuáles variables de control serán utilizadas en la calibración de los estimadores. De esta forma, en esta estrategia tripartita, se asegura que el efecto de diseño de una encuesta levantada por el INE sea pequeño.

Por otro lado, los escenarios de estratificación que se consideraron tuvieron en cuenta la correlación con el ingreso modelado mediante una técnica de predicción que hizo uso de información auxiliar externa. Los resultados encontrados resaltan la congruencia de la estratificación con el comportamiento de esta variable ilustrativa. Por consiguiente, cabe resaltar esta innovación que seguramente redundará en mejores prácticas de validación, tanto para el INE como para la región. En este sentido, y teniendo en cuenta que la predicción del ingreso no estuvo presente en la estratificación final, se puede concluir que la estrategia de partición es apropiada para resumir un constructo de poder adquisitivo sobre las UPMs, que al final está altamente correlacionado con la incidencia de los fenómenos sociales de interés, como la pobreza, las necesidades básicas insatisfechas, los patrones de consumo, el ingreso medio, la condición de ocupación, la incidencia de criminalidad y de violencia, los indicadores educativos, entre mucho otros.

Finalmente, ante la rápida y evidente expansión demográfica, resulta apropiado que se realicen pruebas internas acerca del impacto de la actualización del marco de muestreo con el uso de registros administrativos (por ejemplo, de avalúos catastrales). En particular, se debe establecer la existencia de una relación incontrovertible entre el registro administrativo y las categorías de estratificación.

Se alienta a los funcionarios del INE a que realicen las pruebas y ejercicios que permitan establecer la eventual viabilidad de estas estrategias de actualización, y su posterior utilización en el siguiente censo de población y vivienda. Asimismo, se aconseja que este marco se establezca en el corto plazo sin ninguna modificación y que los cambios y hallazgos que se evidencien en el levantamiento de las encuestas sean incorporados en los procesos de adjudicación de pesos de muestreo y no en la modificación de las probabilidades de inclusión de las UPMs dentro del marco.

Referencias

Bibliografía

- Baillargeon, S. and Rivest, L.-P. (2011). The construction of stratified designs in r with the package stratification. 37(1):53 – 65.
- Ballin, M. and Barcaroli, G. (2013). Joint determination of optimal stratification and sample allocation using genetic algorithm. *Survey Methodology*, 39(2):369–393.
- Barcaroli, G. (2014). Samplingstrata: An r package for the optimization of stratified sampling. *Journal of Statistical Software*, 61(1):1–24.
- Biemer, P. P. and Lyberg, L. E. (2003). *Introduction to survey quality*. Wiley series in survey methodology. Wiley-Interscience.
- CEPAL (2018). *Medición de la pobreza por ingresos - Actualización metodológica y resultados*. Metodologías de la CEPAL.
- Dalenius, T. and Hodges, J. L. (1959). Minimum variance stratification. *Journal of the American Statistical Association*, 54(285):15.
- Duncan, G. J. and Kalton, G. (1987). Issues of design and analysis of surveys across time. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 55(1):97.
- Foster, J., Greer, J., and Thorbecke, E. (1984). A class of decomposable poverty measures. *Econometrica*, 52(3):761–766.
- Gambino, J. G. and Silva, P. d. N. (2009). *Chapter 16 - Sampling and Estimation in Household Surveys*, volume 29 of *Handbook of Statistics*, page 407–439. Elsevier.
- Groves, R., Fowler, F., Couper, M., Lepkowski, J., Singer, E., and Tourangeau, R. (2009). *Survey Methodology*. John Wiley and Sons.
- Gunning, P. and Horgan, J. M. (2004). A new algorithm for the construction of stratum boundaries in skewed populations. *Survey Methodology*, 30(2):159–166.
- Gutiérrez, H. A. (2016). *Estrategias de muestreo: diseño de encuestas y estimación de parámetros*. Ediciones de la U, segunda edición edition. Google-Books-ID: UIVmE5pkRwIC.

- INEGI (2012). Metodología de la construcción del marco maestro de muestreo 2012 y del diseño de la muestra maestra 2012.
- Jarque, C. M. (1981). A solution to the problem of optimum stratification in multivariate sampling. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 30(2):163–169.
- Kalton, G. (2009). Some issues in the design and analysis of longitudinal surveys.
- Kalton, G. and Citro, C. F. (1993). Panel surveys: adding the fourth dimension. *Survey Methodology*, 19(2):205–215.
- Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. John Wiley and Sons.
- Kozak, M. (2004). Optimal stratification using random search method in agricultural surveys. *Statistic in Transition*, 6(5):797–806.
- Lavallée, P. and Hidirolou, M. A. (1988). On the stratification of skewed populations. *Survey Methodology*, 14(1):33–43.
- Macqueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, page 281–297. University of California Press.
- McLaren, C. and Steel, D. G. (2001). Rotation patterns and trend estimation for repeated surveys using rotation group estimates. *Statistica Neerlandica*, 55(2):221–238.
- OIT (1982). Resolución sobre estadísticas de la población económicamente activa, del empleo, del desempleo y del subempleo.
- OIT (2013). Estadísticas del trabajo, el empleo y la subutilización de la fuerza de trabajo.
- ONU (2011). *Canberra Group Handbook on Household Income Statistics*. United Nations Economic Commission for Europe, second edition edition.
- ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible.
- ONU (2016). Global sustainable development report 2016.
- Park, I. (2003). Design effects and survey planning. page 8.
- Presser, S., Rothgeb, J., Couper, M., Lessler, J., Martin, E., Martin, J., and Singer, E. (2004). *Methods for Testing and Evaluating Survey Questionnaires*. John Wiley and Sons.
- Valliant, R., Dever, J. A., and Kreuter, F. (2013). *Practical Tools for Designing and Weighting Survey Samples*. Springer New York.