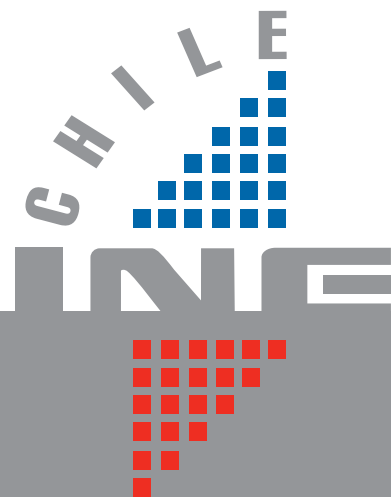


estudios
estudios



Instituto Nacional
de Estadísticas

ESTÁNDARES DE BUENAS
PRÁCTICAS PARA LA TOMA
DE MUESTRAS

Noviembre 2007

N°7

ESTÁNDARES DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Claudia Matus C.

**Jefe de Departamento Investigación y Desarrollo
Instituto Nacional de Estadísticas de Chile**

Resumen ejecutivo

En este artículo se presentan y describen los temas que deben considerarse para poder desarrollar con éxito el diseño muestral de un estudio. Se presenta los insumos con los que se debe contar al momento de comenzar el desarrollo de un diseño muestral, como asimismo en cada etapa o tema de su desarrollo, se entregan lineamientos, ejemplos y consideraciones para llevarlos a cabo de manera eficiente. Con lo anterior se pretende difundir las prácticas que actualmente se llevan a cabo en el Instituto Nacional de Estadísticas y con las cuales se han obtenido productos estadísticos de calidad y relevancia.

En la introducción del artículo se presenta donde se inserta el diseño muestral dentro de un desarrollo de un proyecto de estudio y se detallan los requerimientos que deben cumplirse para desarrollar adecuadamente un diseño muestral. Posteriormente se detallan las etapas y temas que deben ser cubiertos en dicho diseño para asegurar la calidad de la información estadística obtenida a mediante de muestras. Finalmente se presentan recomendaciones y conclusiones.

Introducción

Cuando se ha decidido realizar una investigación sobre algún fenómeno y no se puede observar o medir a todos los posibles sujetos de estudio se recurre, a seleccionar una muestra de los sujetos de estudio para examinarlos. La idea es que la información recogida en ese conjunto de sujetos sobre el fenómeno en la totalidad de los posibles sujetos de estudio. Lo que se desea es traspasar los resultados obtenidos en la muestra a todo el conjunto de la población. En términos técnicos esto se denomina inferir los resultados de la muestra a la población. La Teoría de Probabilidades garantiza que lo anterior se cumple solamente si la muestra de individuos a estudiar ha sido escogida por un mecanismo probabilístico que garantice que todos los posibles sujetos de estudio tienen probabilidad no nula de ser seleccionados¹. Si lo anterior ocurre se está en presencia de una **muestra probabilística**. Al mecanismo de selección de unidades se lo denomina **diseño muestral**.

Para que un estudio de algún fenómeno en base a muestras sea exitoso se requiere que exista coherencia entre las distintas etapas del estudio. Por lo general dichas etapas se pueden resumir en:

- Diseño Metodológico Conceptual
- Diseño Muestral
- Levantamiento de Información
- Procesamiento de Información recogida
- Presentación de Resultados

Existen guías de procedimiento metodológicos² donde se presentan de manera técnica y extensa todos los temas. En este artículo se comentará acerca de la etapa del diseño muestral. Sin embargo antes de presentarlo se hace notar que la etapa de Diseño Metodológico Conceptual provee insumos necesarios e imprescindibles para un buen desarrollo del diseño muestral ya que en dicha etapa se definen los objetivos del estudio. En particular se debe determinar sin ambigüedades y explícitamente lo siguiente:

- La o las preguntas de estudio, esto es la variable de interés o el fenómeno en estudio por ejemplo la tasa de desocupación.
- La población objetivo es decir a quién se desea estudiar, que condicionará con posterioridad la unidad de análisis, por ejemplo los mayores de 15 años.
- La cobertura, es decir el alcance geográfico del estudio, por ejemplo nivel nacional o regional o comunal.
- El periodo de referencia o ámbito temporal al que se referirá el estudio, por ejemplo durante el trimestre Enero-Febrero-Marzo.
- Los niveles de estimación, es decir a que nivel de desagregación se presentarán los resultados los que deben ser consistentes con la cobertura del estudio.
- Precisión requerida para la presentación de resultados.

Una vez que las interrogantes anteriores han sido contestadas, se puede proceder a desarrollar el diseño muestral.

¹ Dicha probabilidad no nula, es decir distinta de cero, puede ser diferente para cada sujeto.

² INE (2007)

Diseño muestral

Como se indicó previamente el diseño muestral es la estrategia o método para seleccionar una muestra desde una población. Para poder llevar a cabo lo anterior se sugiere considerar las siguientes temas o etapas

- a) Construcción/Estratificación del **Marco Muestral**.
- b) Obtención de un muestra piloto/Examen de estudio previos.
- c) Definición del mecanismo de selección
- d) Precisión de los resultados
- e) El tamaño de la muestra
- f) Selección de la Muestra
- g) Estimadores y Factores de Expansión
- h) Cálculo y presentación de los errores muestrales
- i) Pautas de Control y Medición de los Errores no Muestrales

En las secciones siguientes se describirá brevemente cada etapa.

1. Marco muestral

La definición de población objetivo se operacionaliza en un conjunto llamado **marco muestral** donde se aplicará el mecanismo de selección. Es en general un listado o enumeración de las unidades muestrales (susceptibles de ser escogidas), que permite la selección de elementos desde la población según las variables a estudiar.

a. Construcción del Marco Muestral

La construcción del marco muestral implica generar los listados de las unidades muestrales que pueden estar apoyados por mapas cartográficos, bases de datos, etc.

El marco muestral debe cumplir tres requisitos:

- Individualizar a cada una de las unidades que podrían ser seleccionadas. Sin ninguna exclusión.
- Ser comprensivo: es decir contener la máxima cobertura posible de unidades de la población objetivo.
- Permitir la ubicación, sin ambigüedad, de la unidad seleccionada.

De la calidad del marco depende en buena medida el resultado de la aplicación eficaz de la teoría de probabilidades, si el segundo requisito no se cumple, la muestra obtenida a partir del marco muestral podría no ser representativa³ de la población objetivo, ya que algunos miembros de ella, los excluidos del marco muestral, no tendrían ninguna posibilidad de ser seleccionados. Si el primer o tercer requisito no se cumplen habría imposibilidad de medir las unidades seleccionadas lo que también podría acarrear un sesgo en la información recogida por la muestra.

Un marco muestral presentado en forma de listado de las unidades a investigar, es útil si es fácil de acceder a la unidad seleccionada. Por ejemplo: el marco de muestreo creado a partir de la Encuesta Nacional Industrial Anual, la cual corresponde a un Censo de los establecimientos industriales de 10 y más personas ocupadas, cubre la totalidad de los establecimientos y se compone de un listado

³ En términos técnicos los resultados extraídos de la muestra podrían estar sesgados.

de establecimientos con identificación geográfica (ubicación dentro del territorio nacional) y económica (variables económicas importantes) relevante que permite la selección de una muestra de establecimientos según distintos criterios.

El marco muestral llamado de áreas, en cambio, corresponde a una partición de un territorio geográfico compuesto por un conjunto de mapas en los cuales se han trazado áreas de tamaños definidos. Estas áreas pueden constituir las unidades de muestreo. Para la elaboración de un marco muestral de áreas se requiere de la cartografía del territorio para permitir su individualización y ubicación complementada con información acerca de dichas áreas como el número de viviendas por manzana, superficie total, etc.

b. Estratificación del Marco Muestral.

Consiste en identificar y conformar conjuntos de unidades de muestreo homogéneas clasificadas según variables correlacionadas con la variable del estudio dentro del marco muestral. Para sacar ventajas de la estratificación, los estratos deben ser internamente homogéneos pero heterogéneos entre sí, con respecto de la variable de interés del estudio. Si las variables usadas para estratificar el marco muestral no están correlacionadas o al menos asociadas a la variable en estudio se perderá eficiencia, esto es la calidad estadística en términos de precisión de los estimadores obtenidos será menor que la obtenida al no estratificar el marco. Aunque no es indispensable disponer de medidas de asociación o correlación entre las variables de estratificación y la variable de interés, se debe considerar que una estratificación será más efectiva⁴ cuanto más fuerte sea dicha asociación/correlación.

Entre las variables medidas en el Censo de Población y Vivienda, se pueden destacar algunas que permitan definir una estratificación para las áreas del marco de acuerdo con ciertos criterios de clasificación, por ejemplo:

1. Clasificación Geográfico-demográfica: Según la concentración de población, en áreas Urbanas y áreas Rurales.
2. Clasificación Socio-económica: Las áreas se pueden clasificar según las características socio-económicas de las unidades informantes recogidas en el censo.

A veces se estratifica el marco muestral para entregar resultados por agrupaciones de unidades que son de interés, los niveles de estimación, por ejemplo regiones o comunas. En este caso dichas agrupaciones no serían estratos desde el punto de vista del diseño muestral, sino que serían refinamientos de la población objetivo. El diseño muestral debe tomar en cuenta dicho refinamiento y asegurar la precisión de los estimadores dentro de dichas agrupaciones.

c. Definición de las unidades muestrales.

En general los marcos muestrales contienen una lista de las unidades⁵ donde se va a medir la variable de interés que representa el fenómeno. En este caso se dice que las unidades muestrales (del marco muestral) coinciden con las unidades de análisis (donde se mide la variable de interés). Sin embargo existe algunos casos donde si bien se puede identificar bien la población objetivo no se puede construir un marco muestral donde estén las unidades susceptibles de ser medidas. Por ejemplo si se requiere estudiar una característica de la población de 15 años escolarizada se puede recurrir al Servicio de Registro Civil, sin embargo se obtendrá de él a todos las personas de 15 años pero no se sabrá si asisten

⁴Para aumentar de la precisión de los estimadores

⁵ Unidades es un término genérico que puede referirse a personas, establecimientos comerciales, instituciones, viviendas, etc

o no a un establecimiento educacional y no se tendrá una dirección para su contacto. En este caso es más conveniente establecer un marco muestral de establecimientos educacionales para seleccionar y medir en ellos a sus alumnos de 15 años. En este caso la unidad de análisis y de muestreo no coinciden. Para este caso es necesario utilizar diseños muestrales que tomen en cuenta dicha situación, por ejemplo muestreo por conglomerados o multietápico.

2. Obtención de Muestra Piloto/Estudios previos

El concepto de investigación piloto se puede presentar en 2 contextos:

- El estudio aplicado a un área calificada como piloto, de características similares a la población general, en la que se hará la medición completa para tener una primera visión del fenómeno a medir, y para disponer de los elementos⁶ que permitan determinar el error o precisión requerida para los niveles de estimación.
- El estudio aplicado a una muestra dirigida o probabilística, pequeña en relación a su tamaño, y que tiene por finalidad evaluar la pertinencia de los procesos relativos a la ejecución del proyecto, instrumento de medición, tiempos de levantamiento, capacitación, perfil de los encuestadores y supervisores y procesamiento, además de lo mencionado en el punto anterior.

Sino es posible obtener un muestra piloto se debe recurrir a estudios previos para determinar los requerimientos necesarios para calcular adecuados tamaños de muestra.

3. Definición del Mecanismo de selección.

El método de selección de unidades depende, en orden de prioridad, de:

- Características de la variable de interés.
- Las características del marco de muestreo que es posible construir y su relación con la variable de interés.
- Si el estudio es continuo en el tiempo o puntual, es decir, si se realizará permanentemente o por una sola vez .

A continuación se presentan algunos diseños muestrales utilizados frecuentemente.

3.1 Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.)

Es un procedimiento de selección de una muestra, en la cual todas y cada unidad del marco tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas para la muestra, y todas las muestras posibles tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Se distingue entre M. A. S. sin reposición donde las unidades muestrales se seleccionan de manera que no pueden repetirse en la muestra y el M.A.S. con reposición donde se permite repetición en las unidades muestrales.

3.2 Muestreo con Distinta Probabilidad

Es un procedimiento de selección de una muestra, en que algunos elementos o unidades del marco tienen mayor probabilidad de selección que otros, en general las unidades del marco tienen distinta probabilidad de selección, también se distinguen entre con y sin reposición según que se permita o no la repetición de unidades.

⁶ Los valores obtenidos de la muestra piloto pueden ser reemplazados por información obtenida de estudios previos.

3.3 Muestreo Estratificado

Es un procedimiento de selección de una muestra que consiste en particionar⁷ el marco en sub-marcos llamados “estratos”, agrupando en cada uno de ellos los elementos o unidades más parecidos entre si, con respecto a lo que se quiere medir.

En cada estrato, por separado, se selecciona una muestra. La muestra total se obtiene al unir las muestras de cada estrato.

Nótese, que el “estrato” se usa para seleccionar la muestra y no solamente para clasificar los elementos. Por ejemplo, las clases Mujeres de 20 a 22 años y Mujeres de 23 a 24 años, en la mayoría de los casos no son estratos, sólo son categorías para clasificar las personas para análisis posteriores, una vez seleccionada la muestra, pero no se usan como criterios de selección dado que en la práctica es muy difícil construir listados separados y actualizados de mujeres de esos grupos etáreos.

Si hay heterogeneidad entre los estratos y homogeneidad al interior de ellos, entonces, para un mismo tamaño de muestra, el muestreo estratificado será más **eficiente estadísticamente**⁸ que el muestreo aleatorio simple.

La construcción de estratos homogéneos a veces no es posible, en muchas situaciones prácticas las agrupaciones vienen dadas en forma “natural”, ejemplos típicos son la agrupación de hogares en regiones o comunas y de establecimientos industriales según su actividad económica (CIU⁹).

En el muestreo estratificado además de contar con un listado del universo es necesario disponer de información para la estratificación, aunque en muchos casos los estratos se definen más por necesidades administrativas o como niveles de estimación que para mejorar la eficiencia estadística.

Cuando dentro de cada estrato la selección de unidades se hace mediante un muestreo aleatorio simple, se habla de muestreo aleatorio estratificado.

Se denomina generalmente afijación de la muestra a la distribución de las unidades de muestreo en cada estrato. Llamando , N al número total de unidades de la población, n es el número total de unidades a seleccionar, N_k al número de unidades del estrato k y n_k al número de unidades a seleccionar del estrato k se tiene los siguientes tipos de afijación:

- Afijación Proporcional, en este caso las unidades muestrales se distribuyen en forma proporcional al tamaño de cada estrato¹⁰. Este es el caso, por ejemplo, de la muestra de empresas para la Encuesta de Comercio, donde interesa medir las ventas del Comercio al por Menor para el país y no por región.
- Afijación Igual, en que las unidades muestrales son distribuidas uniformemente en cada estrato¹¹.
- Afijación óptima, en que la muestra se distribuye directamente proporcional a la heterogeneidad¹² y tamaño de cada estrato. Los tamaños muestrales se obtienen minimizando la varianza del estimador obtenido usando estratificación bajo el condicionante de un número total fijo de unidades muestrales y bajo el conocimiento de los tamaños de estrato y de la varianza de la

⁷ Se refiere a una partición según la teoría de conjuntos.

⁸ Eficiencia: significa que se obtiene mayor precisión (menor varianza del estimador) con un mismo número de unidades.

⁹ CIU, Clasificación Uniforme Internacional Industrial

¹⁰ Es decir, $n_k = (n / N) \cdot N_k$.

¹¹ Es decir, $n_k = n / \text{número de Estratos}$.

¹² Se refiere a la variabilidad de la variable de interés

variable de interés en cada estrato. La fórmula explícita para esta afijación se puede encontrar en lo libros de texto de muestreo¹³

- Tal es el caso de la muestra de establecimientos industriales para la Encuesta de Innovación Tecnológica donde es necesario obtener resultados aceptables a nivel de la CIIU a un dígito y Nacional por tamaño.
- Afijación óptima con costo de variables, en que la muestra se distribuye en forma directamente proporcional a la heterogeneidad¹⁴ y tamaño de cada estrato e inversamente al costo de acceso a las unidades de muestreo en cada estrato. Los tamaños muestrales se obtienen minimizando la varianza del estimador obtenido usando estratificación bajo el condicionante de la estructura de costos y bajo el conocimiento de los tamaños de estrato y de la varianza de la variable de interés en cada estrato. La fórmula explícita para esta afijación se puede encontrar en lo libros de texto de muestreo¹⁵

Ninguno de los mecanismos de afijación antes mencionados, conviene aplicarlos en forma mecánica, siempre se requiere “ajustar” según criterios que exige cada estudio. Por ejemplo, en el caso de la muestra de establecimientos para la encuesta de Medio Ambiente, donde la afijación inicial fue óptima, después fue ajustada para suavizar las diferencias entre los errores de muestreo de los estratos, que coincidían con los niveles de estimación de interés.

3. 4 Muestreo (Aleatorio) de Conglomerados

En este caso, el universo o marco muestral se divide en agrupaciones de elementos o unidades, pero, a diferencia de los estratos, una muestra aleatoria de dichas agrupaciones o conglomerados es seleccionada y en cada uno de ellos son observados o medidos todos sus elementos o unidades. Así un conglomerado agrupa a varias unidades de estudio pero no necesariamente dichas unidades deben parecerse con respecto a la variable de estudio como debe pasar en los estratos.

Por ejemplo, para elegir una muestra de viviendas e investigar el porcentaje de habitantes mayores de 18 años con anteojos, se selecciona una muestra aleatoria de 50 manzanas de las 33.000 manzanas que contabilizó el censo de 1992. En cada una de las 50 manzanas se encuesta a todas las viviendas buscando a los mayores de 18 años que usan anteojos. En este caso, los conglomerados son las manzanas y las unidades de estudio son las viviendas, dado que se mide el porcentaje de sus miembros mayores de 18 años que usan anteojos

El tamaño de los conglomerados, esto es, el número de elementos que contienen, no tiene por que ser igual, por ejemplo, entre las 33.000 manzanas que existen en el Gran Santiago hay algunas con 20 viviendas y otras con 200.

Un objetivo básico del Muestreo de Conglomerados es reducir el costo en la confección del marco muestral. Por ejemplo, es de menor costo construir un marco de 33.000 manzanas del Gran Santiago, que un marco de 1.000.000 viviendas. Además este tipo de muestreo soluciona el problema de no coincidencia entre las unidades muestrales y las de estudio, esto es se conforma la muestra final de unidades de estudio a mediante la selección de los conglomerados a los que pertenecen.

¹³ Ver Lohr (2000), Thompson (2002)

¹⁴ Idem

¹⁵ Ver Lohr (2000), Thompson (2002)

Una desventaja del Muestreo de Conglomerados es una posible menor eficiencia estadística con respecto al M.A.S, debido a que podría existir cierto parecido (homogeneidad) entre los elementos que forman los conglomerados lo que induce un aumento en la varianza de los estimadores obtenidos con este diseño en comparación con la varianza de los estimadores obtenidos bajo M.A.S¹⁶. Lo anterior quiere decir que con un número menor de unidades se puede obtener la misma precisión.

En el muestreo de conglomerados, estos deben ser heterogéneos internamente, pero homogéneos entre ellos, sin embargo, al igual que los estratos, la definición de los conglomerados está sujeto a restricciones naturales.

Cuando se dentro del conglomerado no se examinan todas sus unidades sino que se escogen algunas se habla de **muestreo en dos etapas o bi-etápico** (multietapa en general). En este caso se dice que los conglomerados son las unidades primarias y las unidades seleccionadas dentro de las unidades primarias se denominan secundarias.

3.5 Muestreo (Aleatorio) Sistemático

Un caso particular del muestreo por conglomerado es el muestreo sistemático, donde se selecciona después de un arranque aleatorio, elementos del marco de una manera regular. Por ejemplo si se considera que el marco muestral está constituido de $N=mk$ unidades y estas se ordenan de la siguiente manera:

$$\begin{array}{cccccccc}
 Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & \dots & Y_k & & \\
 Y_{k+1} & Y_{k+2} & Y_{k+3} & Y_{k+4} & \dots & Y_{2k} & & \\
 Y_{2k+1} & Y_{2k+2} & Y_{2k+3} & Y_{2k+4} & \dots & Y_{3k} & & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & & \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & & \\
 Y_{(m-1)k+1} & & & & & & \dots & Y_{mk}
 \end{array}$$

Se escoge aleatoriamente un número entre 1 y k (k_0) y luego se va seleccionando sistemáticamente las unidades a distancia k, la muestra sería : $Y_{k_0}, Y_{k_0+k}, Y_{k_0+2k}, \dots$. Por ejemplo si $k_0 = 3$ se tendría como seleccionada la muestra formada por la tercera columna. Claramente sólo se pueden seleccionar una de entre las k columnas que son los conglomerados. Por eso el muestreo sistemático es un muestreo por conglomerados de tamaño uno.

3.6 Muestreo Mixto: Censo y Muestra

Un tipo particular de muestreo estratificado, usado con frecuencia con el fin de reducir costos y aumentar la eficiencia estadística, consiste en censar un estrato y seleccionar muestras en los otros. Los elementos censados reciben el apellido de “inclusión forzosa” o “auto representados”.

Este método es usado en estudios donde la variable de interés es muy heterogénea y la varianza de la población esta fuertemente influenciada por pocos elementos con valores muy grandes para dicha variable. La ganancia está en que el aporte de la variable de selección de las unidades censadas representa un importante porcentaje del total de la variable en estudio para la población objetivo y con pocas unidades censadas.

Como ejemplo se pueden mencionar la muestra anual de Comercio y Servicios, las muestras seleccionadas del directorio de la ENIA (Encuesta Nacional Industrial Anual)..

¹⁶ Ver Lohr (2000)

En general un diseño muestral contempla la combinación de varios métodos, los que son utilizados en distintos niveles de agrupamiento de las unidades de estudio con el propósito de mejorar la eficiencia y precisión de los resultados finales¹⁷. Entre las aplicaciones realizadas en el INE se pueden mencionar las siguientes:

- Los Segmentos seleccionados para la Encuesta Agropecuaria corresponden a una muestra Estratificada, Mono-etápica, donde la selección de segmentos se hace con igual probabilidad en forma sistemática y se entrevistan todas las explotaciones que contiene cada segmento
- Los Establecimientos seleccionados para la Encuesta de Innovación Tecnológica corresponden a una muestra estratificada por Clasificación CIIU - tamaño, y selección de establecimientos en cada estrato con probabilidad proporcional al tamaño de estos.
- Los establecimientos seleccionados para la encuesta de precios del IPC, corresponden a una muestra aleatoria por producto y variedad, donde los establecimientos consultados son clasificados según su importancia con respecto a la variable ventas por tipo.
- Las viviendas consultadas en la Encuesta de Puntos de Compra que sirvió de apoyo a la distribución de establecimientos por producto, correspondió a una muestra dividida en estratos socioeconómicos, bi-etápica y selección de secciones en cada estrato con probabilidad proporcional al número de viviendas de éstos.

4. Precisión de los resultados.

El objetivo de un diseño de muestreo eficiente es obtener un error de muestreo aceptable dados los recursos disponibles. La diferencia entre la estimación (obtenida de la muestra) y el verdadero valor de un parámetro (fenómeno que se quiere estudiar y por ende valor desconocido), se puede controlar mediante el tamaño de muestra evaluando, además, la incertidumbre (confianza) de esa cota, que es el error de muestreo.

Por ejemplo, para calcular una estimación de una proporción P (por un intervalo de confianza), se tiene, $\Pr(|\hat{p} - P| < e) = 0,95$ donde $e = 1,96\sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p})/n - 1}$ es el error de muestreo. El valor anterior, define un intervalo $\hat{p} \pm e$, llamado intervalo de confianza al 95% para P . ,bajo el supuesto de normalidad sobre \hat{p} .

Lo anterior significa que si se emplea la misma función de estimación para P con diversas muestras del mismo tamaño, entonces cada estimación \hat{p} tendrá un intervalo diferente que contendrá en promedio al parámetro P en el 95% de los casos. En la práctica cuando construimos sólo un intervalo de confianza para estimar el parámetro, el parámetro puede o no estar dentro del intervalo, sin embargo tenemos, en este ejemplo, un 95% de confianza que el parámetro podría estar dentro del intervalo.

¹⁷ Mayor información acerca de otros diseño muestrales se puede obtener de Thompson (2002).

¹⁸ Por ejemplo, en un MAS, el estimador natural de la proporción P de un atributo, es la proporción \hat{p} del atributo en una muestra de tamaño n . Existen resultados teóricos que predicen que si son seleccionadas una gran cantidad de muestras de tamaño n , entonces, la distribución de las estimaciones será normal y centrada en torno al parámetro P que se requiere estimar.

Por tal motivo, al determinar el tamaño de una muestra se tiene en consideración la efectiva precisión que se puede alcanzar según el número de áreas temáticas y geográficas en que se desagrega la información. Como ejemplo se indican los siguientes:

- La muestra diseñada para la Encuesta Nacional del Empleo proporciona resultados sobre Desocupación con validez estadística a nivel Nacional, Urbano, Rural, Grandes Centros Urbanos; a nivel regional; y Grandes ciudades. Entregar información a niveles más desagregados implica cierta pérdida de precisión en sus resultados.
- Lo mismo ocurre si sobre la base de esta muestra se quiere por ejemplo, información desagregada a más de un dígito en los Grupos de Ocupación.

Por lo general la precisión de una muestra depende, además del tamaño de la muestra, de la definición de los estratos y sus muestras respectivas, de manera tal que por agregación de estos los errores piramidales se suavizan, alcanzando niveles óptimos de precisión en las áreas de estimación.

Se debe tener en cuenta que aunque no existen niveles de precisión o error absolutos convencionalmente aceptados para declarar una estimación estadísticamente válida o no, un organismo como el INE puede fijar un nivel de error más allá del cual, una estimación no se publica debido a la alta incertidumbre que tiene asociado el estimador con que fue generada. Por ejemplo aunque se dispone de datos comunales para la Encuesta Nacional del Empleo no se publican dichas cifras.

5. El tamaño de la muestra.

Corresponde al número de unidades de muestreo que deben ser seleccionadas para su medición. El tamaño de la muestra está determinado por los siguientes elementos:

- Principales variables a estimar del estudio.
- Diseño muestral que condiciona los estimadores y sus varianzas.
- Los niveles o áreas de estimación en que se presentan los resultados estimados
- La precisión de los resultados estimados para las distintas variables y niveles de desagregación, es decir, la validez estadística o el error muestral que se espera del estudio.
- La confianza con la que se desee entregar los resultados.
- La estructura piramidal que presentan los errores a medida que se agregan los niveles de estimación.

En general el tamaño de muestra responde a la resolución de la ecuación:

$$P(|\hat{\theta} - \theta| \leq e) \leq 1 - \alpha$$

Donde $\hat{\theta}$ es el estimador obtenido de la muestra, θ es el valor real desconocido que se intenta estimar, e es la precisión deseada (dato) y α es el nivel de confianza deseado (dato). Para resolver esta ecuación es necesario conocer¹⁹ la distribución probabilística de $\hat{\theta}$. Por ejemplo si $\hat{\theta} \sim N(\theta, Var(\hat{\theta}))$ se tiene que

$$P\left(\frac{|\hat{\theta} - \theta|}{\sqrt{Var(\hat{\theta})}} \leq \frac{e}{\sqrt{Var(\hat{\theta})}}\right) \leq 1 - \alpha$$

¹⁹ Al menos asintóticamente

de donde se obtienen que $\frac{e}{\sqrt{Var(\hat{\theta})}} = 1,96^{20}$ si $\alpha = 0,05$.

La $\sqrt{Var(\hat{\theta})}$ depende del mecanismo de selección y del número de unidades seleccionadas en la muestra, por lo que dicho número se despeja de la ecuación anterior. No existen tablas de tamaños muestrales que puedan ser aplicables para cualquier fenómeno.

Por otra parte el tamaño muestral total se distribuye según el número de etapas que considere el diseño así por ejemplo si se trata de una muestra mono-etápica, la muestra corresponde sólo a las unidades primarias, pero si la muestra es bi-etápica se seleccionan unidades primarias y dentro de estas, unidades secundarias, en este caso $\sqrt{Var(\hat{\theta})}$ involucra el número de unidades de primera y segunda etapa, por lo que la resolución de la ecuación es más compleja. El número de etapas en las cuales se debe incurrir depende básicamente en la posibilidad o imposibilidad de seleccionar las unidades de estudio y de la conformación del marco muestral.

Cabe hacer notar que los procesos de selección inducen la variabilidad o error muestral, La estructura de los errores queda determinada por el número de etapas donde se realiza selección, de unidades y los errores de cada etapa quedan condicionados por los errores de las etapas anteriores.

6. Selección de la muestra

Consiste en la individualización de las unidades muestrales. En esta etapa se programan algoritmos que permiten la selección, desde el marco, de las unidades de muestreo según el diseño muestral adoptado.

La selección de la muestra en el gabinete es decir no en terreno debe llegar, en lo posible, hasta las unidades de análisis. La selección de elementos en terreno es menos engorrosa y reduce los costos del estudio, sin embargo, debe incluir una adecuada supervisión²¹.

El producto básico de esta etapa, es la construcción del directorio de la muestra que contiene la ubicación e identificación de las unidades de muestreo seleccionadas. El listado anterior, debe incluir, por ejemplo, el estrato de muestreo al que pertenece la unidad y toda la información posible que la caracterice.

7. Estimadores y Factores de Expansión.

La definición de los estimadores que se obtendrán de la muestra queda definida por la medición de la variable de interés y el diseño muestral utilizado. Por ejemplo si se desea determinar el valor medio de la variable de interés y en una población de tamaño N el estimador apropiado de μ , considerando y_i al valor de la variable de interés en la unidad i , será:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \text{ que es la media muestral si se utiliza un m.a.s. con o sin reposición}$$

²⁰ 1,96 es el cuantíl de la distribución normal estandarizada que deja 2,5% de la probabilidad a la derecha.

²¹ Actualmente en la encuesta de mercado laboral la selección de viviendas se hace en terreno.

$\hat{\mu}_{PTT} = \frac{1}{Nn} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{p_i}$ el estimador de Hansen-Hurwitz si la muestra se escoge con reposición con probabilidad p_i para la unidad i en cada extracción.

Cuando se desea averiguar los totales poblacionales de una variable de interés se puede considerar que cada unidad de análisis en la muestra tiene asociado un factor de expansión, que indica cual es la representación de la unidad medida en la población. Es decir por cuantas unidades en la población se representa la unidad muestral. De este modo en la base de datos que recoge la información observada en terreno, debe aparecer una variable que contiene el factor anterior.

Por ejemplo: un estimador de un total poblacional para la variable y se puede visualizar como una suma de valores muestrales expandidos²²:

$$\hat{\tau} = \sum_i factor_i \cdot y_i$$

Las propiedades estadísticas del estimador anterior dependen del diseño muestral y también de la actualización de los parámetros involucrados en los factores de expansión.

Por ejemplo:

- En una muestra estratificada y bietápica de viviendas, con selección proporcional al tamaño, el factor va a depender:
 - ❖ Del número de viviendas del estrato
 - ❖ Del número de secciones de la muestra
 - ❖ Del número de viviendas de la sección seleccionada
 - ❖ Del número de viviendas actualizado de la sección seleccionada y
 - ❖ Del número de viviendas a seleccionar en la sección.

El factor de expansión corresponde al inverso de la probabilidad de selección de cada unidad medida. Este valor puede ser complicado de calcular bajo diseños complejos. El INE entrega para cada encuesta que realiza el cálculo de sus factores de expansión dentro de los documentos metodológicos²³

En general es importante que los elementos que determinan la expansión de un resultado estén muy actualizados. Lo anterior implica disponer permanentemente de estratos de selección conformados por unidades vigentes al momento de seleccionar.

8. Cálculo y Presentación de los Errores de Muestreo.

Otra de las preocupaciones a tener presente al desarrollar un diseño, es la metodología para estimar los errores de muestreo y su presentación. Básicamente se denomina error de muestreo a la raíz de la varianza de los estimadores. La estimación de dicha varianza puede ser bastante compleja y esta directamente asociada al diseño muestral.

Existen técnicas que permiten aproximar la varianza (expansiones de Taylor, aproximaciones funcionales, método delta, etc) o bien estimarla asintóticamente mediante procedimientos de remuestreo²⁴ (Bootstrap, Jack-Knife²⁵). Sin embargo siempre es necesario entregar información

²² En el caso de un elemento de inclusión forzosa o auto representado el factor es igual a 1.

²³ Consulta www.ine.cl sección de metodologías.

²⁴ Mayor información sobre dichas técnicas se puede revisar en Lohr (2000)

²⁵ Ver Shao & Tu (1995)

acerca de la precisión de las estimaciones, luego es necesario entregar la varianza estimada de los estimadores utilizados o su coeficiente de variación²⁶. Por ejemplo en la Encuesta Nacional del Empleo se calcula el error estándar²⁷ y/o el coeficiente de variación de las variables principales.

9. Pautas de Control y Medición de los Errores no Muestrales.

Existen distintos mecanismos que permiten mejorar la calidad de los resultados obtenidos de un estudio por muestreo, pero igualmente importante como el diseño muestral tal como se propone, es la forma en que se obtienen los resultados, es decir el levantamiento de éstos.

Es muy importante disponer de equipos muy preparados de encuestadores y supervisores que velen por la calidad de los resultados recogidos de terreno, por que un trabajo de terreno descuidado induce errores no muestrales, es decir, diferencias entre la estimación y el parámetro, no atribuibles a la fluctuación aleatoria de la muestra que pueden invalidar totalmente los resultados.

Los errores no muestrales provienen de respuestas equívocas del informante, una errónea administración de la entrevista por parte del encuestador, la investigación de unidades que no pertenecen al universo, cobertura inadecuada tanto de unidades de muestreo como de análisis, datos no consultados, entre otros.

Los errores no muestrales se pueden clasificar según su procedencia en:

- Errores de Cobertura
- Errores de Contenido
- Errores de Procesamiento

Los primeros surgen de una inadecuada identificación de las unidades de muestreo y de análisis, por ejemplo, viviendas y personas que no corresponde encuestar.

Los segundos corresponden a los datos no válidos recogidos de las personas encuestadas, por ejemplo una persona que se clasifica como asalariada (dependiente) en la primera encuesta y en la reentrevista como independiente.

La evaluación de los errores no muestrales de contenido se puede realizar por ejemplo a través de los siguientes indicadores²⁸:

- El Índice de Consistencia Global, I.C.G.: Es un Indicador que compara la calidad general de las distintas características evaluadas de la encuesta
- El Porcentaje de Idénticamente Clasificados, P.I.C.: Es un Indicador de estabilidad de respuesta
- Índice de Cambio Neto, I.C.N.: Es un indicador del sesgo de respuesta
 - Índice de Cambio Bruto, I.C.B.: Es un indicador de la varianza de respuesta

Por otra parte cabe tener presente que el error final de un estudio se debería medir considerando tanto el error de muestreo como el error no muestral

Error Total = Error de Muestreo + Error de no Muestreo

El tercer grupo corresponde a errores en el procesamiento electrónico de la información

²⁶ Se define como la proporción del error estándar sobre la estimación expresado como porcentaje.

²⁷ Raíz cuadrada de la varianza estimada.

²⁸ Tomados de INE-España Manual de reentrevistas

Conclusiones y Recomendaciones

Se ha pretendido presentar y comentar en este artículo los temas, etapas y los procesos referidos a la selección de unidades que es recomendable abordar al momento de diseñar un estudio donde se obtendrá información a partir de muestras. Las conclusiones que pueden extraerse de esta exposición podrían resumirse de la siguiente manera:

- El fenómeno en estudio define la o las variable(s) de interés a medir.
- La población objetivo define el marco muestral a utilizar.
- El comportamiento de la variable de interés en la población objetivo define y/o condiciona el diseño muestral o mecanismo de selección de las unidades, que a su vez determina los tamaños muestrales necesarios.
- Ningún diseño muestral es superior a otro a priori, en términos de eficiencia, sino que para cada combinación variable de interés-población objetivo los distintos diseños muestrales pueden ser más o menos eficientes.
- Se debe definir al inicio del estudio los niveles de precisión requeridos o aceptables.

Como recomendación general se puede sugerir desarrollar para cada estudio un informe donde se describan los pasos seguidos en cada una de las etapas y procesos mencionados en el artículo a objeto de evaluar si se puede asegurar la calidad estadística de los resultados.

Bibliografía

- Lohr, Sharon (2000) Muestreo: Diseño y Análisis Internacional Thomson Editores
Thompson S.K (2002) Sampling Second Edition John Wiley and Sons
Shao, Jun & Tu, Dongsheng (1995) The Jackknife and Bootstrap Springer.