
Metodología de la Encuesta Continua de Hogares



Fecha de Publicación: 23 de Mayo de 2022

Instituto Nacional de Estadística



Por más información sobre este producto u otro del Instituto Nacional de Estadística

Contacto: Depto. de Difusión y Comunicación

Torre Ejecutiva Anexo, Piso 4 Liniers 1280, C.P.: 11.100

Tel: (598) 29027303, ints.: 7723, 7725

E-mail: difusion@ine.gub.uy

Sitio Web: <https://www.ine.gub.uy>

Twitter: https://twitter.com/ine_uruguay

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Diego Aboal

Director Técnico

Federico Segui

Subdirector General

El siguiente documento fue elaborado por:

Juan Pablo Ferreira - División Normalización, Investigación y Proyectos

Mayo 2022

Nota:

Con el objetivo de hacer la lectura de este documento más fluida se utiliza de forma indistinta las palabras estimador y estimación. Si bien existe una clara diferencia entre un estimador (variable aleatoria) y una estimación (realización del estimador), el objetivo de esta flexibilización en la terminología, es poder evitar frases complejas como ser: "el estimador de la varianza del estimador" y se reemplaza, por ejemplo, por "la estimación de la varianza del estimador".

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 6 |
| 2. Antecedentes | 7 |
| 3. Cambio metodológico | 8 |
| 4. Periodicidad y tipo de indicadores | 9 |
| 5. Resumen de la ECH | 10 |
| 6. Diseño muestral | 12 |
| 6.1. Introducción | 12 |
| 6.2. Algunos conceptos básicos sobre las encuestas por muestreo | 12 |
| 6.3. Estratificación | 14 |
| 6.4. Marco muestral | 15 |
| 6.5. Selección de las viviendas en la muestra | 15 |
| 6.6. Sistema de rotación de la muestra | 18 |
| 6.7. Asignación del tamaño de muestra por estrato | 18 |
| 7.1. Introducción | 20 |
| 7.2. Métodos de recolección | 20 |
| 7.2.2. Recolección de los datos de los nacimientos | 20 |
| 7.2.3. Recolección de los datos de los subsecuentes | 21 |
| 8. Estimación y ponderación | 23 |
| 8.1. Introducción | 23 |
| 8.2. Ponderadores basados en el diseño | 23 |
| 8.3. Ponderadores ajustados por no respuesta | 24 |
| 8.3.1. Clases de ajuste por no respuesta | 25 |
| 8.4. Ponderadores finales | 26 |
| 8.4.1. Calibración compuesta | 26 |
| 8.4.2. Imputación de las variables de control compuesta | 30 |
| 8.4.3. Método de Integración de los ponderadores finales | 33 |
| 8.4.4. Tratamiento de los ponderadores finales menores a uno | 34 |
| 8.4.5. Redondeo de los ponderadores finales | 34 |
| 8.4.6. Implementación | 34 |
| 8.5. Estimación de los indicadores de mercado laboral | 35 |
| 8.6. Ponderadores trimestrales, semestrales y anuales | 37 |
| 9. Estimación de la varianza | 40 |
| 9.1. Introducción | 40 |
| 9.2. Bootstrap Rao-Wu | 42 |
| 9.3. Ponderadores Bootstrap de la ECH | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 10. Calidad de los datos | 45 |
| 10.1. Introducción | 45 |
| 10.2. Indicadores de calidad asociados a los errores de muestreo | 45 |
| 10.2.1. Error estándar | 45 |
| 10.2.2. Intervalos de confianza | 47 |
| 10.2.3 Coeficiente de variación | 48 |
| 10.2.4. Efecto de diseño | 48 |
| 10.3. Indicadores de los errores no muestrales | 50 |
| 11. Módulos y sub-muestras de la ECH | 53 |
| 12. Uso de los microdatos | 54 |
| 12.1. Estimación del error estándar de las estimaciones de nivel | 55 |
| 12.2 Estimación del error estándar de la estimación de los cambios netos | 59 |
| Anexo 1 | 62 |
| Anexo 2 | 65 |
| Abreviaturas | 68 |
| Glosario | 70 |
| Bibliografía | 72 |

1. Introducción

La Encuesta Continua de Hogares (ECH) es la fuente oficial de las estimaciones del mercado laboral (actividad, empleo y desempleo), ingresos de las personas y hogares, pobreza y condiciones de vida de Uruguay. Como consecuencia de la pandemia de Covid 19, la ECH se sometió a un re diseño metodológico. Este nuevo diseño permite tener estimaciones más precisas (i.e. con menor margen de error) en los indicadores referentes al mercado laboral (actividad, empleo y desempleo). Los indicadores de mercado laboral fueron históricamente muy volátiles, no solo para brindar estimaciones confiables de forma mensual, sino también para poder obtener series del mercado laboral desestacionalizadas. Si bien el cambio metodológico se enfoca en mejorar las precisiones de los indicadores de mercado de trabajo, el resto de las dimensiones que aborda la ECH (ingresos y pobreza), mantiene los niveles de precisión de la ECH de 2019.

En este documento se abordan los siguientes aspectos metodológicos de la ECH: el diseño muestral, el sistema de rotación, la recolección y procesamiento de los datos, la metodología de ponderación, la estimación de los principales indicadores (parámetros), la estimación de los errores estándar y la calidad de los datos publicados por el INE. A su vez, incluye una sección destinada al correcto uso de los microdatos de la ECH, no solo para computar las estimaciones puntuales de los distintos indicadores, sino también para la correcta estimación de los errores estándar por medio de matrices de ponderadores replicados. Se incluye además una serie de líneas de código en R para lograr lo mencionado anteriormente.

2. Antecedentes

La ECH es una encuesta multipropósito, con periodicidad mensual, en donde se releva información de las viviendas, hogares y las personas del Uruguay. Si bien la ECH es fuente de una amplia gama de indicadores que son producidos con distinta periodicidad tanto por el INE como por usuarios externos, la ECH (por definición) tiene como objetivos principales brindar indicadores de calidad para: el mercado de trabajo (desempleo, empleo y actividad), ingresos de los hogares y de las personas y estimación de la pobreza. Estos indicadores son calculados con distinta periodicidad dependiendo del fenómeno de interés o por cuestiones de precisión (i.e. tamaños de muestra suficientes para computar los indicadores tanto a nivel global como para distintas áreas/dominios de estimación que posean un nivel de precisión razonable).

Desde el año 2006 la ECH posee cobertura nacional y se basa en un diseño cross-section. Este diseño supone muestras aleatorias de hogares mensuales seleccionadas de forma independiente. Desde marzo de 2020 y hasta junio de 2021, como consecuencia de la emergencia sanitaria, la ECH pasó a relevar la información de forma telefónica (ECH no presencial). Durante ese periodo se aplicó un cuestionario reducido con el fin de obtener información necesaria para continuar publicando únicamente y de forma mensual, los indicadores de mercado laboral e ingresos. En ese marco de tiempo la ECH pasó a ser una encuesta con paneles rotativos donde los hogares permanecían en la encuesta durante tres meses y los mismos eran elegidos al azar utilizando los casos respondientes de la ECH 2019 hasta febrero de 2020, es decir, la ECH no presencial utilizó un diseño en dos fases de selección.

3. Cambio metodológico

A partir de julio de 2021 el INE vuelve a realizar las encuestas a los hogares de forma presencial e introduce un cambio metodológico en la encuesta, el cual implicó abandonar la metodología tradicional de la ECH presencial. La ECH hasta el año 2019 consistió en muestras mensuales independientes de hogares y a partir de julio de 2021 la ECH pasa a ser una encuesta de panel rotativo también con periodicidad mensual. La muestra de un mes está compuesta por seis paneles o grupos de rotación (GR) en donde cada GR es una muestra "representativa" de la población. Lo anterior implica que un hogar permanece/participa en la ECH durante seis meses consecutivos. En el primer mes (implantación o nacimiento del panel) se releva de forma presencial el hogar utilizando un formulario similar al de la ECH 2019 y utilizando un diseño muestral similar al 2019. Una vez "implantado" el hogar, durante los 5 meses siguientes se entrevista al hogar de forma telefónica (CATI) únicamente para relevar información de mercado de trabajo para todos los integrantes del hogar que integran la población en edad de trabajar (PET).

Cada GR tiene un tamaño de muestra esperado (elegibles respondientes) al momento de la implantación de 2.000 hogares aproximadamente. Esto implicó que una vez operativo el panel rotativo de la ECH (una vez superado el período de rotación de seis meses), la muestra para realizar estimaciones mensuales de mercado de trabajo esté compuesta (teniendo en cuenta la no respuesta) de aproximadamente 10.000 hogares. Este incremento en el tamaño de muestra mensual, sumado al solapamiento de 5/6 aproximadamente entre la muestra de un mes y el anterior, y en combinación con un nuevo método de estimación que utiliza estimadores de regresión/calibración compuestos, permite reducir los errores estándar (en comparación con la ECH 2019) de las estimaciones del nivel y cambio neto de los indicadores de mercado laboral.

4. Periodicidad y tipo de indicadores

La nueva metodología de la ECH se centra en mejorar los indicadores de mercado de trabajo (e.g. actividad, empleo y desempleo), lo cual se traduce en una reducción de los márgenes de error y en proporcionar una mayor apertura de las estimaciones (e.g. geográficas y por grupos demográficos). Por otra parte, la encuesta mantiene precisiones similares a la ECH 2019 para el resto de los indicadores y aperturas realizadas por el INE (e.g. ingresos y pobreza). Debido al tipo de modalidad y dimensiones que abarca la ECH 2021 al momento de la implantación y al formulario de seguimiento, el cual se basa, como ya se dijo, en relevar información de mercado de trabajo para las personas que integran la PET, es posible ver ahora a la ECH como dos encuestas distintas:

1. una encuesta multipropósito de condiciones de vida con un diseño cross-section
2. una encuesta de mercado de trabajo

Estas encuestas tradicionalmente en otras Oficinas Nacionales de Estadísticas (ONE) se realizan de forma independiente producto de la periodicidad de los indicadores (e.g. mercado de trabajo de forma mensual y pobreza de forma anual). En este caso, el INE logra con la nueva metodología alinearse con el resto de las ONE pero con una única encuesta. Asimismo, a partir de estos cambios metodológicos y de la revisión de las precisiones que publicaba el INE, se modifica la periodicidad de algunos indicadores y se amplían los dominios de estimación para otros una vez puesto en funcionamiento el sistema de rotación de la encuesta. Bajo esta metodología, la publicación por parte del INE de los principales indicadores se realiza según lo detallado a continuación:

Indicadores mensuales:

Se publican de forma mensual únicamente indicadores de mercado laboral, ya sea por medio de estimaciones puntuales mensuales (i.e. utilizando únicamente a los casos encuestados en el mes de referencia) o por medias móviles de los últimos tres meses. Las medias móviles permiten aumentar el tamaño de muestra efectivo “pidiendo prestada” información de meses anteriores. La desagregación o apertura de los indicadores referentes al mercado laboral fue aumentando una vez operativo el panel rotativo. En los primeros meses de funcionamiento (julio, agosto y setiembre del año 2021) el INE siguió proporcionado de forma mensual los indicadores de mercado de trabajo para las mismas aperturas/desagregaciones históricas (e.g. Montevideo e Interior, y sexo). Posteriormente, el INE incorporó estimaciones con mayor apertura a medida que el panel entraba en funcionamiento.

Indicadores trimestrales:

Se publican de forma trimestral únicamente los indicadores referidos al ingreso de los hogares y las personas, manteniendo los dominios de estimaciones mensuales anteriores (regiones geográficas) y los mismos parámetros (media y mediana).

Indicadores semestrales:

Se publican de forma semestral los indicadores de pobreza y desigualdad.

Indicadores anuales:

Se publican otros indicadores que tradicionalmente publicaba la ECH hasta el año 2019, tales como los de desigualdad.

5. Resumen de la ECH

La ECH utiliza un diseño muestral aleatorio en dos etapas de selección. En la primera etapa, se selecciona una muestra de unidades primarias de muestreo (UPM) correspondientes a conglomerados de manzanas (zonas censales). En la segunda etapa, se extrae una muestra aleatoria de viviendas de cada una de las UPM seleccionadas en la primera etapa. Posteriormente, se identifican los hogares dentro de las viviendas seleccionadas y se encuestan todas las personas del hogar que cumplen los criterios de elegibilidad.

Los hogares seleccionados en la muestra permanecen en la encuesta durante un periodo de seis meses. Los hogares que abandonan (salientes) la encuesta, luego de una permanencia de seis meses, son reemplazados por hogares pertenecientes a una UPM similar. Este diseño muestral da como resultado un solapamiento de la muestra de 5/6 de mes a mes, lo que hace que el diseño muestral sea eficiente para estimar los cambios netos mensuales referentes a los indicadores de mercado laboral. Con la rotación de los hogares después de seis meses se busca evitar el cansancio y la carga excesiva para los hogares seleccionados para participar en la encuesta.

La recolección de los datos para la ECH se lleva a cabo en las tres semanas siguientes a la semana de referencia la cual es la primera del mes de estimación. En 2022, aproximadamente el 80 % de los hogares incluidos en la muestra respondieron el cuestionario de la ECH cada mes. La entrevista es obligatoria por ley y toma un promedio de treinta minutos en la implantación y ocho minutos en ser completada la entrevista que abarca únicamente información sobre el mercado laboral en los meses siguientes. Los datos son recolectados mediante un sistema de entrevistas asistido por computadora. Se utilizan varios métodos de recopilación de los datos, incluidas entrevistas personales (CAPI) y telefónicas (CATI).

En los días posteriores a la finalización del trabajo de campo, los datos obtenidos son procesados por parte del INE. Esto abarca el análisis de la consistencia de la información obtenida, codificación automática, imputaciones, ponderaciones y cálculos de indicadores de la calidad de la información.

6. Diseño muestral

6.1. Introducción

El rediseño de la ECH tiene como objetivo principal mejorar las precisiones de los indicadores de mercado laboral, no solo a nivel total país, sino también para otras aperturas o dominios de estimación como ser: regiones, sexo, tramo de edad, nivel educativo, ascendencia, etc., mientras se continúa la producción de los otros indicadores (e.g. ingresos y pobreza) de forma precisa.

La mayoría de la información que recolecta la ECH para producir los indicadores, en teoría, podría obtenerse a través de:

- registros administrativos
- un censo de población
- una encuesta por muestreo.

Teniendo en cuenta que actualmente no existe en el país una fuente administrativa disponible que pueda producir las estimaciones requeridas por la ECH, ni es viable realizar un censo y contactar, por ejemplo, a todas las personas en edad de trabajar todos los meses para determinar su status en el mercado laboral, es que se recurre a encuestar únicamente a una muestra de la población. Luego, se utilizan únicamente sus respuestas para producir estimaciones mensuales del mercado laboral.

El diseño muestral consiste en el conjunto de pasos que se deben llevar a cabo para seleccionar una muestra aleatoria. Dado que una parte significativa del presupuesto de una encuesta es destinado a la recolección de los datos, el diseño muestral debe buscar minimizar estos costos y, al mismo tiempo, maximizar la calidad de los datos obtenidos y las estimaciones que de ellos derivan.

En este capítulo se describe la estrategia que utiliza la ECH para obtener los datos que luego son implementados para producir las estimaciones de los distintos indicadores que produce la encuesta. En la sección 6.2, se presentan conceptos básicos sobre la teoría de las encuestas por muestreo, los cuales son utilizados en el resto del capítulo.

6.2. Algunos conceptos básicos sobre las encuestas por muestreo

En esta sección se presentan algunas definiciones y conceptos necesarios para poder comprender el diseño muestral de la ECH.

La información recopilada por medio de una encuesta por muestreo es utilizada para producir aproximaciones (estimaciones) para la población o universo de estudio (i.e. los elegibles <E>). Para poder seleccionar una muestra se necesita un marco muestral. Este debe intentar "reflejar" lo mejor posible el universo de estudio. Obviamente, en la práctica, no existen marcos muestrales perfectos. Esto implica que existan unidades incluidas en el marco muestral que no pertenecen al universo de estudio, lo cual, provoca problemas de sobrecobertura. Por otra parte, existen unidades de la población que no están contenidas en el marco muestral lo cual causa problemas de subcobertura.

El INE selecciona una muestra (subconjunto de la población) probabilística para la ECH. Esto implica que las unidades, hogares y personas, encuestadas son seleccionadas de forma aleatoria (i.e. por sorteo). Las estimaciones para los distintos indicadores de la población serán computadas utilizando los datos obtenidos en dicha muestra.

Es sencillo ver que las estimaciones pueden ser distintas dependiendo qué unidades sean seleccionadas en la muestra. A su vez, las estimaciones producidas utilizando una muestra difieren de las estimaciones producidas si todas las unidades de la población hubieran sido encuestadas (censo). Estas diferencias o discrepancias son denominadas errores de muestreo. Por otra parte, los resultados obtenidos por medio de una encuesta por muestreo poseen otros errores que no se encuentran asociados al diseño muestral, y son denominados errores no muestrales o ajenos al muestreo.

Existen dos métricas importantes que cuantifican el error de muestreo: el sesgo y la varianza muestral. Supongamos que podemos seleccionar muchas muestras utilizando el mismo diseño muestral y para cada una de ellas calculamos la estimación de un parámetro (e.g. tasa de empleo). La variación, o el spread, de las estimaciones entre muestra y muestra es la varianza muestral. Por otra parte, el sesgo será la diferencia del promedio de las estimaciones respecto al verdadero valor del parámetro.

El sesgo puede ser causado por variadas razones: problemas de cobertura en el marco muestral, la no respuesta, errores de medida en las variables de interés, el método de estimación, entre otros. En la práctica, el sesgo es imposible de cuantificar debido a que es necesario conocer el verdadero valor del parámetro que se quiere estimar, el cual obviamente es desconocido.

La varianza muestral mide las diferencias, o el spread, entre las estimaciones producidas por todas las muestras posibles que se pueden seleccionar de una población. Mientras menos diferencia haya entre las estimaciones producidas con las distintas muestras, menor será la varianza y por ende más precisa será la estimación. En la práctica, solo una muestra es seleccionada para estimar el parámetro de interés y también es utilizada para producir una estimación de la varianza muestral.

Existen muchos factores que repercuten o afectan la varianza muestral, entre ellos se destacan: el tamaño de la muestra, la heterogeneidad de la población, el tamaño de la población, el diseño muestral utilizado y el método de estimación.

En base a la varianza muestral pueden construirse otras medidas de variabilidad de las estimaciones. El error estándar se obtiene al aplicar la raíz cuadrada a la varianza muestral. El error estándar es una medida de la variabilidad de la estimación que se encuentra expresada en las mismas unidades de medida que el parámetro. A su vez, éste puede utilizarse para calcular el coeficiente de variación, el cual es definido como el ratio entre el error estándar y la estimación. El coeficiente de variación mide también el spread de las estimaciones, pero la misma no tiene unidad de medida, por lo cual se puede utilizar para comparar variabilidad de las estimaciones de distintos parámetros que poseen distinto nivel y/o unidad de medida. Mientras más pequeño sea el coeficiente de variación, más precisa es la estimación.

6.3. Estratificación

Para la selección de la muestra la población es particionada en estratos (sub grupos de la población). El objetivo de la estratificación es hacer un muestreo más eficiente. Para ello, las unidades (hogares y personas) que pertenecen a un estrato deben ser homogéneas entre sí en las características/variables que mide la ECH. A su vez, la estratificación permite controlar los tamaños de muestra por área geográfica, lo cual repercute en la calidad de las estimaciones que proporciona la encuesta.

Los estratos de diseño reconocen varios niveles de información. El primer nivel es geográfico y corresponde a los diecinueve departamentos del país y a la zona metropolitana. En el segundo nivel, cada una de las localidades dentro del departamento es clasificada por urbanicidad:

1. Localidades con más de 20.000 habitante
2. Localidades entre 5.000 y menos de 20.000 habitantes
3. Localidades entre 200 y 5.000 habitantes
4. Áreas rurales y localidades con menos de 200 habitantes.

Para los departamentos de Maldonado y Rocha se agrega un nivel más correspondiente a las zonas balnearias. La conformación de estos estratos "especiales" se debe a que las tasas de efectividad presentan un comportamiento distinto al resto de los estratos de diseño. Esto se debe a las características propias de estas regiones balnearias donde hay un porcentaje alto de viviendas desocupadas y de temporada, respecto a la media nacional.

En el departamento de Montevideo y zona metropolitana se conforman cinco y tres estratos socioeconómicos respectivamente. Los estratos "socioeconómicos" son construidos utilizando técnicas de aprendizaje no supervisado (clustering y más precisamente k-means) en donde la información se encuentra definida a nivel de segmento censal (conglomerados de zonas censales) y se utilizan como variables de entrada x para el algoritmo, el ingreso promedio del hogar, la proporción de ocupados,

desocupados e inactivos. Dicha información proviene de hacer un pool de ECH anteriores.

En el anexo 2 se encuentran los mapas de los estratos socioeconómicos de Montevideo y Zona Metropolitana y de los estratos de zonas balnearias.

6.4. Marco muestral

Para la selección de la muestra de la ECH se utiliza como marco muestral (F) el censo de viviendas, hogares y población del año 2011 realizado por el INE. Debido a que el censo es una "fotografía" del stock de viviendas en el año 2011, el mismo comienza, como es natural y esperable, a desactualizarse. Esto provoca que el marco muestral F tenga problemas de cobertura, es decir, hay unidades (viviendas particulares ocupadas) pertenecientes a la población U que no se encuentran incluidas en el marco muestral F .

El INE actualiza periódicamente dicho marco en base a fuentes administrativas como son los registros de construcción del Banco de Previsión Social. Si bien este complemento de información para la conformación final del marco muestral busca reducir los problemas de cobertura, las viviendas construidas de forma irregular posterior a la realización del censo pueden encontrarse en menor o mayor medida "sub representadas" en el marco muestral F .

6.5. Selección de las viviendas en la muestra

Las viviendas incluidas en la muestra, en cada uno de los estratos de diseño, no son seleccionadas directamente. En una primera etapa son seleccionadas áreas pequeñas, bien definidas, las que se denominan unidades primarias de muestreo (UPM). Las UPM corresponden a las zonas censales (conglomerados o grupos de viviendas). Estas tienen como mínimo 20 viviendas particulares y como máximo 80 viviendas. Ello implica que algunas zonas censales que originalmente eran pequeñas fueran conglomeradas con zonas censales vecinas para llegar al mínimo requerido por el diseño de la encuesta; y que por otra parte, aquellas zonas censales extremadamente grandes sean particionadas de forma de reducir la heterogeneidad entre los tamaños de las UPM lo cual tiende a repercutir en el error estándar de las estimaciones.

Luego, dentro de cada una de las UPM seleccionadas en la primera etapa se seleccionan de forma aleatoria viviendas particulares.

La estrategia de selección de las UPM tiene en cuenta los seis grupos de rotación que conforman un mes de estimación de la ECH. Esto se debe a que los grupos de rotación al momento del nacimiento son utilizados para producir el resto de los indicadores que

aborda la ECH y que son relevados en el formulario de implantación (e.g. ingresos y condiciones de vida). Para lograr lo anterior, cada estrato de diseño es dividido en forma aleatoria utilizando un muestreo sistemático ordenando las UPM por tamaño, en base a la cantidad de viviendas, en seis grupos que tienen aproximadamente (+/-) la misma cantidad de UPM y viviendas.

Sea M_h la cantidad de UPM en el estrato de diseño h y M_{hg} la cantidad de UPM en el grupo g en donde

$$M_h = \sum_{g=1}^6 M_{hg}$$

Es importante destacar que bajo esta estrategia una muestra seleccionada de un grupo cualquiera g es "representativa" de la población.

Las UPM son seleccionadas con probabilidad proporcional al tamaño (PPS) utilizando como medida de tamaño la cantidad de viviendas particulares según el Censo del año 2011. La probabilidad de selección de una UPM cualquiera j perteneciente al estrato h y al grupo de rotación g es:

$$\pi_{jhg} = m_{hg} \times N_{jhg} \times \left[\sum_{j=1}^{M_{hg}} N_{jhg} \right]^{-1} = m_{hg} \times N_{jhg} \times N_{hg}^{-1}$$

donde m_{hg} es la cantidad de UPM seleccionadas pertenecientes al estrato de diseño h y al grupo de rotación g , N_{jhg} es la cantidad de viviendas en la UPM j perteneciente al estrato de diseño h y al grupo de rotación g y N_{hg} es la cantidad de viviendas en el estrato de diseño h que pertenecen al grupo de rotación g .

De esta forma y a modo de ejemplo, asumiendo que para el mes $t = 1$ la muestra (grupo de rotación) es seleccionada del grupo $g = 1$, y luego de su permanencia durante seis meses en la ECH es reemplazado por otra muestra del mismo tamaño y seleccionada bajo el mismo mecanismo de selección para participar en el mes $t = 7$.

Posteriormente, en la segunda etapa, dentro de cada una de las UPM seleccionadas, se sortean 15 viviendas con igual probabilidad de selección bajo un muestreo aleatorio simple sin reposición (SI). La probabilidad de selección de la vivienda k dentro de la UPM j viene dada por:

$$\pi_{k|jhg} = \alpha_{hg} \times N_{jhg}^{-1}$$

donde α_{hg} es la cantidad de viviendas seleccionadas en la muestra dentro de la UPM, la cual, es fija a nivel de estrato y grupo de rotación.

La probabilidad de selección total de que una vivienda k pertenezca a la muestra del grupo de rotación g es:

$$\pi_k = \pi_{jhg} \times \pi_{k|jhg} = n_{hg}/N_{hg} = f_{hg},$$

donde n_{hg} es el tamaño de muestra en el estrato de diseño h que pertenecen al grupo de rotación g y f_{hg} es la tasa de muestreo en el estrato de diseño h y en el grupo de rotación .

Teniendo en cuenta que $N_{hg} \doteq N_h/6$ en donde N_h es la cantidad de viviendas en el estrato de diseño h , la probabilidad total de que una vivienda k perteneciente al estrato de diseño h sea incluida en la muestra del mes t es

$$\pi_{kh} \doteq f_h = n_h/N_h$$

donde f_h es la tasa de muestreo en el estrato de diseño h .

El objetivo de la ECH sería realizar al momento de la implantación, es decir en el nacimiento del grupo de rotación, aproximadamente 10 encuestas por UPM (elegibles respondientes <ER>) en las áreas urbanas, y 5 encuestas por UPM en los estratos rurales. Teniendo en cuenta que en el marco muestral utilizado para la selección de la muestra hay viviendas que no cumplen los criterios de elegibilidad <NE> (e.g. viviendas desocupadas), y que también pueden existir hogares, que si bien cumplen los criterios de elegibilidad, no se pueda obtener respuesta (elegibles no respondientes <ENR>), el tamaño de muestra a nivel de UPM se incrementó a 15 y 10, para urbanas y rurales respectivamente. A su vez, y de forma mantener la aleatoriedad lo máximo posible, las viviendas seleccionadas dentro de cada una UPM son numeradas al azar. El/la encuestador/a debe seguir dicho orden aleatorio en campo hasta intentar llegar al tamaño de muestra esperado.

6.6. Sistema de rotación de la muestra

El diagrama que se presenta a continuación ilustra el sistema de rotación de la ECH.

| Grupo de rotación (GR) | mes de la encuesta (estimación) | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 2021 | | | | | | 2022 | | | | | |
| | 7 | 8 | 8 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | abandona la encuesta | | | | | |
| 2 | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | | | | | |
| 3 | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | | | | |
| 4 | | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | | | |
| 5 | | | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | | |
| 6 | | | | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | 6ta | |
| 1 | | | | | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | 5ta | |
| 2 | | | | | | | | 1ra | 2do | 3ra | 4ta | |
| 3 | | | | | | | | | 1ra | 2do | 3ra | |
| 4 | | | | | | | | | | 1ra | 2do | |
| 5 | | | | | | | | | | | 1ra | |
| 6 | | | | | | | | | | | | 1ra |

Cada fila representa un panel o grupo de rotación (GR). Los números dentro de las celdas indican la cantidad de veces que el hogar participa en la encuesta. Cada grupo de rotación en su nacimiento, (i.e. cuando comienza a participar de la ECH), es encuestado de forma presencial (CAPI) y un cuestionario multipropósito es respondido por un informante calificado del hogar. Por ejemplo, en julio 2021, al comienzo de la nueva metodología, 2.000 hogares aproximadamente pertenecientes al grupo de rotación $g = 1$ son encuestados de forma presencial (celda color rojo) y luego continúan participando durante 5 meses más, hasta diciembre 2021, en donde se releva por medio de CATI un formulario reducido el cual aborda únicamente el mercado laboral. En enero 2022, una nueva muestra "representativa" del grupo de rotación $g = 1$ reemplaza a los hogares que, luego de una permanencia de seis meses, abandonan la encuesta. Cada columna indica el mes de relevamiento de campo de los datos y de estimación de los indicadores de mercado laboral utilizando los grupos de rotación que se encuentren activos. Debido a que el sistema de rotación es de seis meses y la nueva metodología comenzó a aplicarse en julio de 2021, el panel quedó completamente operativo en diciembre de 2021.

6.7. Asignación del tamaño de muestra por estrato

El tamaño de muestra esperado de cada grupo de rotación al momento de su implantación es de 2.000 hogares aproximadamente. Esto implica que en el año se encuesten a 24.000 hogares distintos. Cada uno de estos hogares, una vez implantados, permanece en la encuesta durante cinco meses más y se releva información únicamente referida al mercado laboral para los integrantes de 14 o más

años. Esto da como resultado que las estimaciones mensuales se realicen con aproximadamente 10.000 hogares efectivos si se tiene en cuenta la tasa de respuesta.

El tamaño de muestra de cada uno de los grupos de rotación es asignado a cada uno de los estratos de diseño de forma proporcional en base a la cantidad de viviendas particulares ocupadas según datos del censo del año 2011. Posteriormente, los tamaños de muestra son incrementados teniendo en cuenta la tasa histórica de efectividad en campo. Esto implica que si bien a priori la estrategia de asignación de la muestra busca tener un diseño autoponderado, las fluctuaciones en las tasas de efectividad así como redondeo, múltiplos de 10, en la asignación del tamaño de muestra por estrato, dan como resultado que la muestra no tenga una asignación esperada estrictamente proporcional.

En el anexo se encuentran los tamaños de muestra esperados a nivel de estrato, por grupo de rotación al momento de la implantación/nacimientos, y los tamaños de muestra efectivo mensual con los seis GR en funcionamiento. Los tamaños de muestra efectivos para ambos casos fueron calculados tomando los datos del primer trimestre de 2022.

7. Recolección y procesamiento de los datos

7.1. Introducción

Debido a que la ECH es una encuesta con periodicidad mensual, todos los meses el INE contacta a los hogares seleccionados en la muestra. Este proceso de recolección de datos debe estar acotado en el tiempo para poder publicar las estimaciones de los indicadores en tiempo y forma.

La información del hogar y de todos sus integrantes es proporcionada por un informante calificado. Eso implica que aproximadamente el 60% de la información respecto a los integrantes del hogar sea considerada como “proxy”. El uso de un informante calificado para proporcionar información sobre todos los integrantes del hogar es utilizado para reducir los costos de relevamiento de los datos. Esto se debe a que se reduce la cantidad de visitas necesarias para completar la entrevista, en comparación, si la estrategia fuera entrevistar a cada uno de los integrantes del hogar para que proporcionen información únicamente referidas a su persona.

Aproximadamente 70 encuestadores y 20 supervisores de campo, se encuentran abocados a estas tareas. Luego los datos recolectados son enviados de forma electrónica a la Oficina del INE para su procesamiento y análisis.

7.2. Métodos de recolección

La recolección de los datos depende del tipo de hogar incluido en la muestra de la ECH. Los hogares que entran por primera vez a la ECH se les llama “nacimientos”, mientras que los hogares que están participando por segunda y hasta por sexta vez, se les denomina “subsecuentes”. Estos últimos representan aproximadamente 5/6 de la muestra mensual de la ECH.

Desde marzo de 2020 la recolección de los datos se realiza tanto de forma presencial, por CAPI, como de forma remota, por CATI.

7.2.2. Recolección de los datos de los nacimientos

Los nacimientos son en su amplia mayoría entrevistados/implantados de forma presencial, por medio de CAPI, aunque en algunas circunstancias CATI está permitido.

Para los hogares de Montevideo, incluidos en el grupo de rotación de nacimientos, se les envía una carta y un folleto explicativo de la ECH de forma previa por correo postal.

Posteriormente los encuestadores realizan hasta tres visitas, dejando aviso con su teléfono de contacto, para intentar obtener respuesta de los hogares clasificados como elegibles. Los hogares contactados pueden responder al momento que el encuestador los visita, ser encuestados en una hora agendada por parte del hogar o ser entrevistados de forma remota por medio de CATI.

Una vez finalizada la entrevista, el encuestador le explica y deja material informativo sobre la participación por parte del hogar en los siguientes cinco meses. Se relevan números de teléfono de contacto del hogar y del informante calificado, así como correo electrónico.

7.2.3. Recolección de los datos de los subsecuentes

Los hogares subsecuentes son entrevistados en su totalidad por medio de CATI. Los hogares reciben mensajes automáticos de recordatorio de la entrevista del mes de referencia, así como también son contactados por varias vías por parte de los encuestadores del INE.

Como regla, los subsecuentes realizaron la entrevista de implantación, aunque puede ocurrir que algunos hogares no se encuentren incluidos en la muestra efectiva de nacimientos producto de inconsistencias en varias variables del formulario. En estas situaciones, el caso se elimina para el grupo de rotación de los nacimientos, pero el mismo sigue como subsecuente en los próximos meses.

7.3. Imputación de datos faltantes

La no respuesta a nivel de la unidad (hogar) se resuelve en la etapa de ponderación en donde los ponderadores de los hogares elegibles respondientes son modificados para también representar a los hogares no respondientes. Por otra parte, la no respuesta puede existir a nivel de ítem, es decir, una o varias preguntas del formulario no contienen información.

Como regla general, la no respuesta a nivel de ítem no existe en la ECH. Tanto los encuestadores, supervisores y personal de oficina, realizan las consultas necesarias a los hogares en el caso de que no se tenga el dato de un hogar. La misma estrategia es aplicada para confirmar o modificar datos atípicos. A su vez, debido a que el INE releva la información por medio de cuestionarios electrónicos, existen reglas y flujos que no permiten dar por válida la encuesta hasta que todas las preguntas sean respondidas.

De todas formas, y como en todo cambio metodológico, durante su implementación, problemas en las reglas o flujos suelen existir. Esto no fue la excepción en la ECH 2021. Para solucionar ese problema se recurrió a imputar los datos faltantes. La imputación fue llevada utilizando Hot-Deck, es decir, agrupando a los hogares y las personas en grupos con características similares. Una vez realizado lo anterior, para la imputación

del dato de un variable para una persona i era obtenido por parte "donante" j elegido al azar dentro del mismo grupo.

8. Estimación y ponderación

8.1. Introducción

Estimación es el proceso mediante el cual se producen aproximaciones (estimaciones) de una amplia gama de parámetros (medidas de resumen de la población) desconocidos de la población, utilizando los datos obtenidos por medio de una encuesta realizada a una muestra. Entre los ejemplos de parámetros de interés de la población para la ECH se incluyen, entre otros, totales, medias y proporciones, así como sus promedios durante varios meses de la encuesta.

Las estimaciones de la ECH se producen utilizando ponderadores asignados a cada persona y/o hogar que cumplen los criterios de elegibilidad y que a su vez respondieron a la encuesta (elegibles respondientes <ER>).

En este capítulo se describen los pasos llevados a cabo para la obtención de ponderadores finales para la realización de las estimaciones. Debido a que la ECH es una encuesta multipropósito en donde algunas dimensiones (variables) son relevadas únicamente al momento de la implantación (nacimiento del GR), se computan sistemas de ponderadores distintos.

En las secciones 8.2 a 8.4 se describe la metodología para la realización de los ponderadores mensuales para el cómputo únicamente de los indicadores de mercado laboral que son realizadas utilizando los seis paneles o grupos de rotación. En la sección 8.6 se presenta la metodología para el cálculo de los ponderadores de los hogares/personas los cuales son utilizados para computar el resto de los indicadores (e.g. ingresos, pobreza, condiciones de vida, etc); y los mismos son computados de forma trimestral, semestral y anual; teniendo únicamente en cuenta la información obtenida de los nacimientos (i.e. el formulario realizado de forma presencial). Finalmente, en la sección 8.5 se describe como la ECH utiliza los ponderadores para computar alguno de los principales indicadores de la encuesta.

8.2. Ponderadores basados en el diseño

Los ponderadores originales, o basados en el diseño muestral, son computados para una persona cualquiera i como el inverso de la probabilidad de selección en la muestra π_i , es decir:

$$w_i^0 = \frac{1}{\pi_i}$$

Los ponderadores basados en el diseño pueden ser interpretados como la cantidad de personas de la población (y que no fueron seleccionadas) que representa la persona i incluida en la muestra. Teniendo en cuenta que el diseño muestral de la ECH selecciona en la última etapa hogares, y que todos las personas del hogar son

incluidas en la muestra, la probabilidad de selección de una persona es igual a la probabilidad de selección del hogar a la cual la misma pertenece. La probabilidad global de selección de una persona i que integra el hogar k perteneciente al estrato de diseño h es $\pi_{ikh} \doteq f_h$, donde f_h es la tasa de muestreo en el estrato h . Por lo tanto, el ponderador original de la persona i es:

$$w_i^0 = f_h^{-1}.$$

Los ponderadores originales w_i^0 , en el caso de que no exista no respuesta ni problemas de cobertura en el marco muestral respecto a la población elegible, brindarán estimaciones insesgadas por definición. De todas formas, en la práctica, dicha situación no existe y los ponderadores originales deben someterse a una serie de ajustes para intentar reducir los sesgos ocasionados por no respuesta (pérdida de unidades originalmente seleccionadas) y problemas de coberturas del marco muestral. A su vez, los ponderadores originales, independientemente de que existan o no problemas de no respuesta y cobertura, pueden ser modificados para utilizar métodos de estimación más sofisticados que utilizan información auxiliar de la estructura de la población para producir estimaciones más precisas, es decir con menores errores estándar, en comparación a las estimaciones obtenidas utilizando únicamente los ponderadores originales.

8.3 Ponderadores ajustados por no respuesta

Sin importar todos los esfuerzos que se realicen en campo para poder obtener todas las respuestas de los hogares seleccionados en la muestra, va a existir no respuesta (NR), es decir, hogares que, por una variedad de razones, no responden a la ECH y que por lo tanto no es posible obtener los valores de la variables de interés y de la encuesta.

La no respuesta repercute de forma directa en la calidad de las estimaciones que brinda la ECH por dos razones. La primera, la reducción del tamaño de muestra produce un aumento en la variabilidad de las estimaciones (i.e. aumenta los errores estándar). La segunda razón, es que la NR puede llegar a añadir sesgos a las estimaciones si los elegibles no respondientes (ENR) presentan comportamientos distintos respecto a los ER en lo que respecta a las variables de interés que aborda la encuesta.

El ajuste por no respuesta en la ECH se realiza eliminando a los ENR de la muestra, y modificando los ponderadores originales de los hogares ER por medio de un factor de ajuste por no respuesta. La estrategia en esta etapa consiste en aplicar un modelo apropiado para poder estimar las probabilidades, o propensiones, que tienen los hogares de responder (que son desconocidas) y posteriormente computar los factores de ajuste por no respuesta. Estos últimos se definen como el inverso de las propensiones estimadas $\hat{\phi}$.

El modelo utilizado en la ECH para modelar la no respuesta es un modelo de respuesta uniforme por grupo/clases. Este modelo implícito asume que todos los hogares dentro de una misma clase, o grupo de NR cualquiera c , tienen la misma probabilidad de responder ϕ_c . Bajo este modelo, la probabilidad o propensión de responder a la ECH $\hat{\phi}_c$ es estimada como la tasa de respuesta ponderada en la clase c , utilizando los ponderadores basados en el diseño muestral w^0 . Para la construcción de las clases de NR se debe tener información auxiliar conocida $-x-$, tanto para los ENR como para los ER, y dicha información proviene del marco muestral. Bajo esta estrategia, se asume que el mecanismo de respuesta es MAR (Missing at random), es decir, que la propensión de un hogar a responder depende de variables x conocidas y no de las propias variables de interés y que mide la ECH. Si este supuesto se cumple, se seguirán obteniendo estimaciones insesgadas de los parámetros de interés que aborda la ECH.

El factor de ajuste por no respuesta para una persona cualquiera i , que integra un hogar ER y que pertenece a la clase de NR c , es computado como:

$$a_{ic}^{nr} = 1/\hat{\phi}_c.$$

Y por lo tanto, el ponderador ajustado por no respuesta queda definido como:

$$w_{ic}^{nr} = a_{ic}^{nr} \times w_i^0.$$

Como se puede apreciar, todas las personas de un mismo hogar tienen el mismo factor de ajuste por no respuesta.

8.3.1 Clases de ajuste por no respuesta

La no respuesta (NR) puede introducir sesgos en las estimaciones. Para reducirlo, bajo la estrategia descrita en la sección anterior, se crean clases o grupos de NR que expliquen el mecanismo (desconocido) de los hogares a responder la ECH. Por lo tanto, la construcción de las clases de no respuesta deben intentar cumplir el supuesto de que la probabilidad, o propensión, de responder de los hogares y las personas dentro de una misma clase sea constante. A su vez, es deseable que dentro de cada una de las clases de no respuesta, los hogares presenten las mismas características es decir, que las principales variables de interés y de la encuesta sean homogéneas (e.g. status en mercado laboral, ingresos, etc), tanto para los ER como los ENR. En la práctica, para la construcción de las clases, se debe tener información auxiliar disponible tanto para los ER como para los ENR. Esto representa una dificultad ya que implica que las variables utilizadas para la construcción de las clases de no respuestas deberían ser las que se encuentran contenidas en el marco muestral utilizado para la selección de la muestra de la ECH y por lo tanto, las variables auxiliares x deberían

explicar no solo el mecanismo de no respuesta sino también la variabilidad de las principales variables de interés y que se relevan en la ECH.

En la ECH las clases de no respuesta se crean utilizando la interacción de dos variables: el estrato de diseño y el grupo de rotación. Lo anterior implica que para el cálculo de los ajustes por no respuesta se creen aproximadamente 500 clases de ajuste por NR.

Es importante tener en cuenta, que en la práctica, en algunos meses de estimación, las clases de NR deben ser colapsadas cuando los factores de ajuste a_c^{nr} son mayores a 2.5. Esta estrategia busca de alguna forma no aumentar de forma excesiva la variabilidad de los ponderadores ajustados por no respuesta ya que esto implicaría un aumento en los errores estándar de las estimaciones. En otras palabras, esta estrategia implica un trade-off entre la reducción del sesgo ocasionado por la no respuesta y un aumento en la varianza de las estimaciones finales.

Observación: actualmente el INE se encuentra evaluando distintas estrategias para la conformación de las clases de no respuesta para los subsecuentes utilizando información de los hogares al momento del nacimiento (e.g. tamaño del hogar, ingreso, etc.).

8.4. Ponderadores finales

La última etapa para la construcción de los ponderadores finales - que luego serán utilizados para computar los distintos indicadores referentes al mercado laboral (e.g. tasas y totales de actividad, empleo y desempleo) - consiste en la utilización de la calibración compuesta en conjunto con el método de integración para asegurar de que todas las personas elegibles respondientes de un mismo hogar.

8.4.1. Calibración compuesta

La calibración de los ponderadores (compuesta o no) es utilizada como último paso en la construcción de los ponderadores finales en todas las encuestas por muestreo aleatorio por las siguientes razones:

- Reducir los errores estándar de las estimaciones, si las variables utilizadas para la calibración se encuentran de alguna forma correlacionadas con las variables de interés de la ECH.
- Reducir el posible sesgo por problemas de subcobertura, en caso de existir hogares elegibles que no se encuentran incluidos en el marco muestral.

- Reducir el posible sesgo en las estimaciones, producido por la no respuesta de los hogares seleccionados originalmente de forma aleatoria para participar en la ECH.
- Brindar comparabilidad entre estimaciones producidas por la ECH respecto a otras fuentes de información (e.g. proyecciones de población).

La mejora en las precisiones (i.e. reducción de los SE) de las estimaciones puede lograrse si las variables utilizadas para la calibración se encuentran correlacionadas con las variables de interés y de la encuesta. Por ejemplo, es fácil de demostrar que el status en el mercado laboral de las personas puede explicarse, en parte, por el sexo y la edad.

En tanto, la reducción de sesgo remanente por no respuesta y cobertura puede reducirse si las variables utilizadas para la calibración explican de alguna forma la propensión de responder ϕ y la reducción de desbalances (i.e. sub o sobre representación de algunos grupos de la población) producto de la subcobertura existente en el marco muestral.

La ECH utiliza la calibración compuesta (estimadores de regresión/calibración compuestos <CRE>) únicamente para la construcción de los ponderadores finales utilizados para el cómputo de los indicadores de mercado laboral. Los estimadores CRE son básicamente igual que los estimadores de calibración/regresión (RE) tradicionales, los cuales utilizan como variables auxiliares fuentes de información externa (e.g. proyecciones de población), pero con la diferencia que, en el caso de los CRE, se utilizan a su vez, como totales de las variables auxiliares o de control, algunas estimaciones producidas por la ECH en el mes anterior. Este método de estimación es aplicable a encuestas continuas con diseños de paneles rotativos, en donde el estimador del mes t utiliza información del mes $t - 1$, con el objetivo de mejorar las estimaciones del mes t . Dado que el estimador CRE es una función del estimador compuesto del mes anterior, por definición es un **estimador recursivo**, debido a que las variables auxiliares son ajustadas a conteos o totales que poseen un componente aleatorio (son estimaciones del mes anterior).

El uso de los estimadores CRE puede producir una reducción sustancial en los errores estándar de las estimaciones si existe una fuerte correlación mes a mes en la información recolectada referente a los indicadores de mercado laboral. Esta mejora en las precisiones se debe a la explotación en la etapa de estimación del solapamiento de las muestras de un mes a otro que utiliza la nueva metodología de la ECH, ya que los estimadores CRE utilizan la información obtenida en el mes anterior de los hogares y personas del GR que abandonará la encuesta luego de una permanencia de seis meses.

Al igual que la calibración tradicional, la calibración compuesta es una técnica para encontrar un sistema de ponderadores w_i^{cre} para todas las personas incluidas en la muestra de elegibles respondientes s_{ER} , que se encuentren lo más "cerca" posible de

los ponderadores ajustados por no respuesta w_i^{nr} , sujeto a que se cumplan algunas restricciones llamadas ecuaciones de calibración.

Más formalmente, los ponderadores w_i^{cre} son obtenidos en la ECH minimizando una función distancia L sujeta a dos restricciones: restricciones de la calibración tradicional y restricciones de la calibración compuesta:

$$L(w^{nr}, w^{cre}) = \sum_{i \in s_{ER}} \frac{(w_i^{cre} - w_i^{nr})^2}{w_i^{nr}}$$

La primera restricción implica que para un set o vector de variables auxiliares/control las estimaciones utilizando los ponderadores deben coincidir con los totales o conteos poblacionales conocidos, es decir, se cumpla que

$$\hat{\mathbf{X}} = \sum_{i \in s_{ER}} w_i^{cre} \times \mathbf{x}_i = \mathbf{X}.$$

Para el caso de la ECH, los conteos poblacionales o benchmarks de las variables de control provienen de las proyecciones de población que realizó el INE en el año 2013 para el mes de referencia de la ECH. Los conteos corresponden a tramos de edad, sexo y cantidad de personas por departamento.

Para llevar a cabo la calibración, las variables de control \mathbf{x} , deben ser conocidas únicamente para las personas ER y dicha información es relevada en el cuestionario de la ECH. A su vez, se impone como restricción a la ecuación de calibración que cada uno de los grupos de rotación g se encuentren igualmente representados, es decir, que se cumpla lo siguiente:

$$\sum_{i \in s_{g,ER}} w_i^{cre} = N_{PET} \times 6^{-1}$$

donde N_{PET} es la cantidad de personas en edad de trabajar en el mes de estimación t según información proveniente de las proyecciones de población del INE.

Las variables auxiliares \mathbf{x} utilizadas para la calibración ascienden a 68 y las mismas se presentan a continuación:

Información auxiliar demográfica

- **44 grupos de edad/sexo/región (Montevideo e Interior)**
 - 14 a 17 años
 - 18 a 24 años
 - 25 a 29 años
 - 30 a 34 años
 - 35 a 39 años
 - 40 a 44 años
 - 45 a 50 años
 - 55 a 64 años
 - 65 a 74 años
 - 75 o + años

- **Departamento (14 o + años)**

- **Grupo de rotación (14 o + años)**

Las variables demográficas auxiliares para la calibración se encuentran definidas a nivel de personas. Esto implica que las estimaciones de la cantidad de hogares de un mes a otro no se encuentren fijas y puedan variar de un mes a otro producto básicamente del tamaño promedio del hogar de la muestra.

Si la calibración se llevará a cabo únicamente utilizando las variables de control x , esta estrategia de estimación no explotaría el solapamiento entre muestras, y por ende, ignoraría que existe una correlación alta en el status de ocupación de un mes a otro y una correlación moderada en el status de desocupación de un mes a otro. Si bien el diseño muestral, es decir, el solapamiento entre muestras, logra reducir los errores estándar de las estimaciones de los cambios netos de un mes a otro, en comparación con las muestras independientes, en la etapa de estimación este solapamiento puede ser aprovechado para reducir aún más los errores estándar de las estimaciones de los indicadores del mercado de trabajo. Para explotar el solapamiento entre las muestras se impone una segunda restricción denominada restricción de la calibración compuesta. Esta utiliza como totales de control estimaciones provenientes de la propia ECH del mes anterior que refieren al mercado laboral (e.g. si la persona estaba ocupada o no en el mes anterior). En este caso, es importante tener en cuenta que dichas variables no son conocidas para todas las personas de la muestra del mes de estimación y deben ser imputadas en forma previa a la realización de la calibración.

8.4.2. Imputación de las variables de control compuesta

La calibración compuesta (o estimadores CRE) es esencialmente lo mismo que la calibración/regresión (RE), excepto que algunos totales de control son estimaciones del mes anterior y que por lo tanto, las variables auxiliares asociadas a dichos totales de control estimados no son conocidas para todas las personas elegibles respondientes de la muestra del mes t y deben ser imputados. En este caso, el vector de información auxiliar \mathbf{z}_{t-1} corresponde a variables indicadoras del status de mercado laboral en el mes $t - 1$ y $\hat{\mathbf{Z}}$ los totales estimados. Debido a que \mathbf{z}_{t-1} es definido utilizando información del mes anterior $t - 1$, la estimación del total es computado utilizando los datos de la muestra de $t - 1$ junto con sus respectivos ponderadores del mes anterior, es decir:

$$\hat{\mathbf{Z}} = \sum_{i \in s_{ER,t}} w_i^{cre} \times \mathbf{z}_{t-1}$$

Por el tipo de sistema de rotación que utiliza la ECH, el vector de información auxiliar \mathbf{z}_{t-1} no es conocido para las personas que entran en el mes t a la encuesta, es decir, aquellas que pertenecen al grupo de rotación de implantación o nacimiento. Para solucionar el problema anterior, se emplean distintos métodos de imputación. A su vez, dicho vector puede estar definido a nivel de toda la población o para distintas áreas o dominios de estimación (e.g. ocupados por departamento, mujeres desocupadas, etc.).

El primer método de imputación es:

$$\mathbf{z}_i^L = \begin{cases} \mathbf{z}_{i,t-1} & \text{si } i \in s_{ER_t} - s_{ER_t}^b \\ \hat{\mathbf{Z}}/N_{PET} & \text{si } i \in s_{ER_t}^b \end{cases}$$

donde $s_{ER_t}^b$ es la muestra de elegibles respondientes que comienzan a participar en el mes de estimación (grupo de rotación de nacimiento) y N_{PET} es el total de personas en la PET según las proyecciones de población.

La calibración utilizando las variables \mathbf{z}_i^L es llamada calibración/regresión modificada 1 (MR1) y la misma busca mejorar (reducir los errores estándar) de las estimaciones de nivel de los indicadores de mercado laboral en el mes de estimación t . El estimador MR1 utiliza el promedio/proporción para estimar los datos faltantes para las personas que comienzan su participación en el mes de estimación t , es decir, pertenecen al grupo de rotación de nacimiento. Esta forma de imputar los datos faltantes se realiza para que MR1, sin tener en cuenta la no respuesta, sea un estimador insesgado para estimar el total del mes anterior utilizando los ponderadores basados en el diseño w^0 ,

es decir, sea un estimador Horvitz-Thompson (el cual, es insesgado para la estimación de un total por definición).

Por otra parte, el segundo método de imputación viene dado como:

$$\mathbf{z}_i^C = \begin{cases} \mathbf{z}_{i,t-1} + (R_w^{-1} - 1)(\mathbf{z}_{i,t-1} - \mathbf{z}_{i,t}) & \text{si } i \in s_{ER_t} - s_{ER_t}^b \\ \mathbf{z}_{i,t} & \text{si } i \in s_{ER_t}^b \end{cases}$$

donde R_w es la tasa de solapamiento ponderada utilizando los ponderadores ajustados por no respuesta. Debido a que para el ajuste de no respuesta se tiene en cuenta el grupo de rotación para la creación de las clases o post estratos de no respuesta, R_w es aproximadamente igual al solapamiento teórico de la encuesta, es decir 5/6.

La calibración utilizando las variables \mathbf{z}_i^L es llamada calibración/regresión modificada 2 (MR2) y busca, a diferencia de MR1, reducir los errores estándar de las estimaciones del cambio neto entre t y $t - 1$ de los indicadores de mercado laboral. Al igual que para el caso de MR1, la forma de imputación en MR2 es llevada a cabo para que MR2 sea un estimador insesgado para estimar el total del mes anterior, i.e. sea un estimador *Horvitz-Thompson*. El uso del estimador de regresión MR2 implica que la estimación, por ejemplo, del total de ocupados en el mes t sea igual a la estimación del total de ocupados del mes $t - 1$ menos la estimación del cambio neto utilizando la muestra solapada, i.e. teniendo en cuenta únicamente a las personas que participaron en la ECH tanto en t como en $t - 1$.

Los dos métodos de imputación descritos anteriormente solo buscan imputar la información faltante de las personas que pertenecen al grupo de rotación de nacimiento $s_{ER_t}^b$. Sin embargo, ocurre que no se tiene información de $t - 1$ de personas incluidas en la muestra de solapamiento, es decir, $s_{ER_t} - s_{ER_t}^b$. Esto se debe principalmente a personas que integraban el hogar pero que no eran elegibles en $t - 1$ (e.g. eran menores de 14 años) o para integrantes nuevos del hogar que no se encontraban en $t - 1$. Debido a que para llevar a cabo la calibración no deben existir datos faltantes se procede a realizar imputaciones, las cuales dependen de la situación de la persona. Para el caso de las personas que se encontraban en el hogar y comienzan a pertenecer a la PET, se imputa el valor con cero en $t - 1$. Para el caso de nuevos miembros del hogar que pertenecen a la PET (tienen 14 o más años) se imputa el dato del status del mercado laboral de $t - 1$ utilizando el dato del mes actual de estimación t , es decir, se lleva a cabo el denominado método carry-backward. Es importante tener en cuenta que todas las estrategias de imputación anteriormente descritas son únicamente utilizadas para llevar a cabo el método de estimación (i.e. computar los ponderadores finales). Esto implica que en los microdatos de la encuesta, y por ende las estimaciones efectivamente realizadas y luego publicadas por parte del

INE, no existen ni son usados datos imputados para las variables referentes al status laboral de las personas en el mes de estimación t .

Sin embargo, para la calibración compuesta, no se utiliza \mathbf{z}_i^C ni \mathbf{z}_i^L . Lo anterior se debe a que se deberían agregar tantas variables como parámetros se quieran estimar, tanto para el nivel como para el cambio neto (e.g. total de ocupados por departamento). Lo anterior produciría un aumento innecesario en la variabilidad de los ponderadores finales, lo cual, repercute directamente en la calidad de las estimaciones. En cambio, se utiliza una suma ponderada de los dos vectores:

$$\mathbf{z}_i = (1 - \alpha)\mathbf{z}_i^L + \alpha\mathbf{z}_i^C,$$

donde $\alpha = 2/3$, es hallada de forma empírica (por medio de simulación con datos de la ECH No Presencial) y es un compromiso entre la reducción de los errores estándar de las estimaciones de nivel y de cambio.

Los ponderadores w_i^{cre} son obtenidos minimizando la función de distancia entre los ponderadores ajustados por no respuesta y los ponderadores w_i^{nr} , sujetos a la siguiente ecuación de calibración:

$$\sum_{i \in s_{ER}} w_i^{cre} \begin{pmatrix} \mathbf{x}_i \\ \mathbf{z}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{X} \\ \hat{\mathbf{Z}} \end{pmatrix}$$

Bajo la estrategia anterior, los ponderadores vienen dados como $w_i^{cre} = w_i^{nr} \times g_i^{cre}$ en donde g_i^{cre} se le denomina factor de ajuste proveniente de la calibración y el mismo viene dado por:

$$g_i^{cre} = 1 + (\mathbf{x}_i^T, \mathbf{z}_i^T) \left(\sum_{i \in s_{ER}} w_i^{nr} (\mathbf{x}_i^T, \mathbf{z}_i^T)^T (\mathbf{x}_i^T, \mathbf{z}_i^T) \right)^{-1} \left((\mathbf{X}^T, \hat{\mathbf{Z}}^T)^T - \sum_{i \in s_{ER}} w_i^{nr} (\mathbf{x}_i^T, \hat{\mathbf{z}}_i^T)^T \right)$$

Usualmente los factores de ajuste g_i^{cre} se encuentran entre 0 y 2.5. La distribución de los factores de ajuste g_i^{cre} deberían ser siempre como una “campana” centrada a la derecha de uno, producto de de la tasa de deslizamiento la cual se sitúa en 1.10 aproximadamente (ver sección 9.6.1.).

A continuación se presentan las variables auxiliares compuestas utilizadas para la calibración.

Variables auxiliares compuestas

- Personas ocupadas de 14 o + años a nivel total país
- Personas desocupadas de 14 o + años a nivel total país
- Personas inactivas de 14 o + años a nivel total país
- Hombres ocupados de 14 o + años a nivel total país
- Hombres desocupados de 14 o + años a nivel total país
- Hombres inactivos de 14 o + años a nivel total país
- Mujeres ocupadas de 14 o + años a nivel total país
- Mujeres desocupadas de 14 o + años a nivel total país
- Mujeres inactivas de 14 o + años a nivel total país
- Personas ocupadas de 14 o + años por departamento
- Personas desocupadas de 14 o + años por departamento
- Personas inactivas de 14 o + años por departamento

8.4.3 Método de Integración de los ponderadores finales

Teniendo en cuenta que las variables auxiliares para llevar a cabo la construcción de los estimadores CRE se encuentran definidas a nivel de las personas, los ponderadores finales w^{cre} pueden ser distintos para las personas que conforman un mismo hogar. Si bien esto a priori no genera ningún problema, el diseño de la ECH asume un censo de personas a nivel de los hogares seleccionados y a su vez, los ponderadores w^{cre} pueden ser utilizados para computar estimaciones a nivel de los hogares (e.g cantidad de personas desocupadas según tamaño del hogar).

Por lo tanto, es deseable que los ponderadores finales w^{cre} sean iguales para todos los integrantes del mismo hogar de forma de lograr consistencias en las estimaciones, tanto a nivel de personas como de hogares. Para obtener esto último se utiliza el método de integración. Este indica que las variables auxiliares deben ser previamente promediadas a nivel del hogar antes de realizar la calibración final de los ponderadores. Si bien este método proporciona coherencia entre las estimaciones de personas y hogares, produce un leve aumento en la variabilidad de los ponderadores (i.e. aumenta el efecto de diseño de kish), lo que se traduce en un leve aumento de la variabilidad de los errores estándar de las estimaciones en comparación a la obtenida con ponderadores finales distintos para las personas de un mismo hogar.

8.4.4. Tratamiento de los ponderadores finales menores a uno

Al utilizar la función de distancia lineal para la calibración, luego de llevar a cabo el cómputo de los ponderadores finales, puede ocurrir excepcionalmente que en algún mes de estimación existan algunos ponderadores menores a uno e incluso negativos. Si bien, desde el punto de vista teórico, la existencia de ponderadores negativos no repercute en el insesgamiento del estimador, por convención e incluso por "interpretación", los ponderadores de las unidades (hogares y personas) deben ser mayores o iguales a uno. Por lo tanto, una vez realizada la calibración compuesta a todas las unidades que tengan ponderadores menores a uno, se les asigna un ponderador final igual a 1.

8.4.5. Redondeo de los ponderadores finales

Por último, los ponderadores obtenidos de la calibración compuesta w^{cre} son redondeados al entero más cercano. Esto solo busca que el sistema de ponderadores proporcione estimaciones correspondientes a conteos (e.g. cantidad de desocupados) que den como resultado un número entero.

8.4.6. Implementación

En los meses previos a enero 2022 la metodología de calibración sólo incluyó como variables auxiliares a las proyecciones de población, es decir, se aplicó la calibración tradicional utilizando únicamente variables x . La metodología de ponderación utilizando la calibración compuesta comenzó a implementarse una vez operativo el panel, es decir, en el mes de estimación $t = 7$. Teniendo en cuenta que la nueva metodología comenzó a aplicarse en julio 2021, el primer sistema de ponderadores w^{cre} se computó en enero de 2022. Al ser un estimador compuesto, en donde algunos conteos o benchmarks son estimaciones, se necesita algunos meses para que el estimador comience a mostrar sus mejoras. La cantidad de estimaciones compuestas requeridas para alcanzar la ganancia de este método de estimación depende de la variabilidad del indicador y su correlación a lo largo del tiempo. Por ejemplo, para la estimación del total de empleados, el estimador de regresión/calibración compuesto comienza a mostrar su eficiencia en el segundo mes de implementación. En tanto, para la estimación del total de desocupados, que presenta una menor correlación, se necesitan algunos meses más. De todas formas, independientemente de la cantidad de meses que sean necesarios para que la varianza del estimador compuesto se estabilice, el mismo siempre va poseer menor error estándar que el estimador de regresión/calibración tradicional que utiliza únicamente variables auxiliares de sexo, edad y región.

8.5. Estimación de los indicadores de mercado laboral

Una vez finalizado el proceso del cómputo de los ponderadores finales w^{cre} para todos las personas elegibles respondentes en el mes de estimación t , el INE realiza estimaciones de una amplia gama de parámetros referentes al mercado laboral.

Por ejemplo, todos los meses, la ECH estima la cantidad de personas ocupadas en la población o universo (U). Sea y una variable binaria/dummy/dicotómica que toma el valor 1 si la persona está ocupada ($y_i = 1$) y cero en otro caso ($y_i = 0$).

El verdadero total de empleados se define como:

$$Y = \sum_{i \in U} y_i.$$

Utilizando los datos relevados en la muestra de los ER y los ponderadores w^{cre} el total Y puede ser estimado como:

$$\hat{Y} = \sum_{i \in s_{ER}} w_i^{cre} \times y_i.$$

A su vez, la ECH, calcula las tasas de los indicadores de mercado laboral. Por ejemplo, la verdadera tasa de desempleo viene dada como:

$$r = \frac{\sum_{i \in U} y_{1i}}{\sum_{i \in U} y_{2i}},$$

donde y_{1i} es una variable binaria que toma el valor 1 si la persona está desocupada y cero en otro caso; y_{2i} es una variable que toma el valor 1 si la persona se encuentra activa (ocupada o desocupada) y cero en otro caso (i.e. inactiva).

La estimación de r viene dada como:

$$\hat{r} = \frac{\sum_{i \in s_{ER}} w_i^{cre} \times y_{1i}}{\sum_{i \in s_{ER}} w_i^{cre} \times y_{2i}},$$

Por otra parte, la ECH produce estimaciones de los indicadores de mercado laboral para cada uno de los departamentos del Uruguay y para los municipios de Montevideo utilizando medias móviles de los últimos tres meses (MA3). Esto se debe a que las estimaciones utilizando MA3 son más estables ya que se utiliza información de los meses anteriores y por lo tanto se aumenta el tamaño de muestra efectivo para producir las estimaciones. Es importante tener en cuenta que si bien las estimaciones

utilizando MA3 son más estables, su interpretación es diferente debido a que estiman otros parámetros de la población.

Por ejemplo, la media móvil utilizando T meses para el cómputo de un total Y (e.g. total de ocupados) en el mes t viene dada por:

$$Y_{MA3,t} = \sum_{j=0}^{T-1} \frac{Y_{t-j}}{T}$$

Y la estimación de la misma utilizando los ponderadores w^{cre} es:

$$\hat{Y}_{MA3,t} = \sum_{j=0}^{T-1} \frac{\hat{Y}_{t-j}}{T}$$

Finalmente, la estimación de MA3 de la tasa de desempleo es computada como:

$$\hat{r}_{MA3,t} = \frac{\sum_{j=0}^{T-1} \hat{Y}_{1,t-j}}{\sum_{j=0}^{T-1} \hat{Y}_{2,t-j}}$$

8.6. Ponderadores trimestrales, semestrales y anuales

Como se dijo antes, la nueva metodología de la ECH se puede entender como dos encuestas en una:

- encuesta con paneles rotativos enfocada a obtener estimaciones más precisas de los indicadores de mercado laboral, en donde los ponderadores utilizan la calibración/regresión compuesta para computar los indicadores referentes al mercado laboral (e.g. tasa de desempleo, total ocupados, etc.) y que fueron descritos en las secciones anteriores.
- encuesta multipropósito con un diseño similar a la ECH 2019 y que es utilizada para computar el resto de los indicadores (e.g. ingresos, pobreza, condiciones de vida) con una periodicidad trimestral, semestral y anual.

Cada grupo de rotación g en su nacimiento (implantación) puede verse como una muestra "representativa" de la población debido a que los grupos de rotación en el marco muestral son conformados al azar dentro de cada estrato de diseño. A su vez, por el tipo de diseño muestral, y debido a que la tasa de muestreo por estrato de diseño es cercana a cero, se puede ver como encuesta cross-section similar a la ECH tradicional, pero con un tamaño de muestra esperado mensual menor al año 2019. En este caso, la determinación de los ponderadores se realiza de forma similar a los ponderadores mensuales utilizados para las estimaciones de los indicadores de mercado laboral, pero por medio de la calibración tradicional, es decir, utilizando como información auxiliar x únicamente proveniente de las proyecciones de población (conteo de personas por tramo de edad, sexo y departamento).

A continuación se presenta la metodología utilizada para el cómputo de los ponderadores trimestrales, la cual, es aplicable para el cálculo de los sistemas de ponderadores semestrales y anuales. La muestra de un trimestre queda conformada por los tres grupos de rotación en su nacimiento. Por ejemplo, la muestra de un trimestre Q cualquiera queda conformada por:

$$s^Q = \cup_{g=1}^3 s_g^b$$

Teniendo en cuenta el diseño muestral implementado, el ponderador del hogar k perteneciente al estrato de diseño h en la muestra de un trimestre Q cualquiera, es

$$w_k^0 = f_{hg}^{-1} \times 2$$

En el caso de un semestre, el ponderador original del hogar k queda definido como el inverso tasa de muestreo global en el estrato h al cual pertenece, es decir,

$$w_k^0 = f_h^{-1}.$$

Finalmente, el ponderador original anual del hogar k queda definido como

$$w_k^0 = f_h^{-1} \times 2^{-1}.$$

En una segunda etapa, los ponderadores originales de los hogares w^0 son ajustados por no respuesta utilizando clases de no respuesta al igual que para el caso de los ponderadores mensuales, con la diferencia de que en este caso, las clases de NR quedan definidas únicamente a nivel de estrato de diseño.

En una tercera etapa los ponderadores ajustados por no respuesta son modificados utilizando estimadores de calibración/regresión en donde las variables auxiliares corresponden a tramo de edad, sexo y departamento. Estos conteos poblacionales provienen de las proyecciones de población del INE. Las variables auxiliares utilizadas para la calibración son las mismas que el INE utilizó hasta el año 2019. A continuación se presenta una lista de esas variables

Información auxiliar demográfica

- 10 grupos de edad y sexo

- 0 a 14 años
- 15 a 29 años
- 30 a 49 años
- 50 a 64 años
- 65 años o más

- Departamento (población total)

- Hogares por departamento

Desde el año 2012 el INE utiliza “proyecciones” de hogares para la calibración de la ECH. Dicha proyección mantiene invariante el tamaño promedio del hogar del Censo del año 2011 y busca únicamente mantener estables las estimaciones de la cantidad de hogares por departamento. Este supuesto asume que la estructura de los hogares se mantiene estable a lo largo del tiempo. Esto se debe a que cambios en la forma de calibrar podrían causar un cambio de nivel en los principales indicadores que publica el INE, como ser, ingresos y pobreza. A su vez, teniendo en cuenta que el nuevo censo de población hogares y viviendas se realizará en 2023, los cambios en la ponderación y cálculo de los ponderadores anteriores se llevarán a cabo con información “verdadera” y no en base a proyecciones.

Al igual que con los ponderadores w^{cre} , las variables auxiliares x que se encuentran definidas a nivel de personas, son promediadas a nivel de hogar previo a la calibración. Finalmente, los ponderadores son redondeados al número entero más cercano.

9. Estimación de la varianza

9.1 Introducción

Una vez que el relevamiento de los datos ha concluido para los hogares y personas incluidas en la muestra y computado los ponderadores finales para los ER, los mismos son utilizados para realizar estimaciones puntuales de los distintos indicadores de interés de la encuesta. La ECH es una encuesta aleatoria y por lo tanto las inferencias acerca de la población deben tener en cuenta el error de muestreo. La varianza (error estándar al cuadrado) cuantifica la precisión de un estimador. En la producción de estadísticas oficiales es una buena práctica calcular los errores estándar de forma de poder añadir, a la estimación puntual del parámetro, una medida de la calidad de la misma para que sea utilizada e interpretada de forma correcta por parte de los usuarios.

Debido a que la ECH utiliza para seleccionar la muestra un diseño complejo, no existe un estimador insesgado de la varianza. Es importante notar, que la palabra "complejo" en los diseños muestrales no hace hincapié en la complejidad de la selección de la muestra, sino en la complejidad existente para poder obtener una estimación de la varianza que capte lo mejor posible todas las fuentes de variación de la estimación. De todas formas, existen una amplia gama de estimadores que intentan captar la mayor cantidad de fuentes de variabilidad posibles, los cuales, dependen de:

- La complejidad del diseño muestral utilizado para la selección de la muestra.
- El método utilizado para la construcción de los estimadores (i.e. los ponderadores de la muestra)
- El tipo o forma del parámetro de interés: lineal o no lineal.

Si bien, en algunos casos, existen métodos exactos para computar las varianzas de algunos estimadores, los mismos se encuentran muy acotados a ciertos diseños muestrales. Estos métodos exactos aplican a los muestreos aleatorios simples directos (estratificados o no) y a muestreos directos con probabilidades proporcionales al tamaño siempre y cuando el muestreo sea realizado con reposición.

La mayoría de las encuestas a hogares y personas realizadas por las Oficinas de Estadísticas, son generalmente llevadas a cabo de forma presencial, ya sea, por medio de encuestas del tipo cross-section (muestra independiente en cada uno de los periodos de referencia <e.g. mes>) o de paneles rotativos.

Cuando la encuesta es llevada a cabo de forma presencial es necesario que la muestra se encuentre lo menos geográficamente dispersa de forma de maximizar la recolección de los datos y minimizar los costos de relevamiento, mientras que por otra parte busca

obtener estimaciones confiables de los distintos indicadores que aborda. Para lograr esto se utilizan muestreos aleatorios, estratificados, por conglomerados y en varias etapas de selección. Por ejemplo, como ya se abordó en este documento, en una primera etapa se seleccionan zonas censales (conglomerados de viviendas) que se denominan unidades primarias de muestreo (UPM).

En la práctica, las UPM son generalmente seleccionadas sin reposición y con probabilidad proporcional al tamaño en función de la cantidad de viviendas en la UPM. Luego, en una segunda etapa, se seleccionan viviendas dentro de las UPM seleccionadas bajo un muestreo aleatorio simple con iguales probabilidades de selección para cada una de las viviendas que pertenecen a una misma UPM. Para estos tipos de diseños no existen métodos exactos para calcular las varianzas, lo que implica que se deba recurrir a distintas estrategias o métodos que aproximan de mejor forma a la variabilidad de las estimaciones.

Dentro de las distintas estrategias que existen para computar las estimaciones de los errores estándar, se presentan aquí de forma breve los métodos más utilizados en la práctica. Estos métodos se encuentran implementados en los distintos softwares que manejan base de datos provenientes de muestras seleccionadas bajo diseños complejos. Estos métodos o estrategias se pueden manejar de forma correcta tanto con parámetros lineales como no lineales. Dichos métodos son:

- Método del último conglomerado junto con linearización de Taylor
- Métodos de remuestreo: Jackknife y Bootstrap (entre otros)

El método del último conglomerado fue utilizado por parte del INE desde el 2014 hasta junio del 2021 y es utilizado ampliamente en la práctica para la estimación de las varianzas en diseños por conglomerados en una o varias etapas de selección en donde las UPM son seleccionadas con probabilidades proporcionales al tamaño.

El método del último conglomerado asume que la mayor variabilidad en la estimación proviene de la primera etapa de muestreo, es decir, en la selección de las UPM. En tanto, la linearización de Taylor es una técnica utilizada para aproximar la varianza de parámetros no lineales (como ser un ratio, e.g. tasa de desempleo). La idea es aproximar un estimador no lineal por medio de una función lineal. Una vez realizado lo anterior y teniendo en cuenta el diseño muestral utilizado se obtiene una aproximación de la varianza del estimador

A partir de julio de 2021, el INE abandona el método del último conglomerado y comienza a implementar métodos de remuestreo, más precisamente Bootstrap y su versión de Rao-Wu.

La idea general de los métodos de remuestreo es seleccionar un cantidad suficiente de submuestra (réplicas) de la muestra original y luego resumir las propiedades de un estimador a través de todas las réplicas. Independientemente del método utilizado (e.g. Bootstrap y Jackknife), en todos ellos se seleccionan únicamente submuestras o

réplicas dentro de las UPM incluidas en la muestra original, es decir, no se seleccionan submuestras para unidades (hogares o personas) dentro de la UPM a la que pertenecen. Lo anterior implica que todas las unidades dentro de una UPM son retenidas. Los ponderadores para las unidades incluidas en una réplica o submuestra son ajustados de distintas formas dependiendo del método de remuestreo utilizado.

9.2. Bootstrap Rao-Wu

Desde julio de 2021 la ECH utiliza el método de Bootstrap Rao-Wu. Este método fue originalmente propuesto para calcular estimaciones de la varianza de los estimadores para los diseños estratificados, por conglomerados y en varias etapas de selección, en donde las UPM son seleccionadas con probabilidad proporcional al tamaño y con reemplazo. Si bien, en la práctica y como es el caso de la ECH, las UPM son efectivamente seleccionadas sin reemplazo, asumir que el muestreo de las UPM fue con reemplazo es una aproximación de la varianza conservadora.

El primer paso para aplicar el método de Bootstrap Rao-Wu es seleccionar o generar muestras bootstrap.

Para cada uno de los estratos de diseño h se seleccionan m_h UPM bajo un muestreo aleatorio sin reposición (SIR) de la muestra original de n_h UPM. En el caso de la versión de Rao-Wu, $m_h = n_h - 1$. Este proceso es realizado B veces.

La cantidad de veces que la UPM j es seleccionada en la réplica b , se le denomina multiplicidad de la UPM y se denota como m_{hj}^b , el cual, se encuentra entre 0 y $n_h - 1$ y satisface que:

$$\sum_{j=1}^{n_h} m_{hj}^b = n_h - 1,$$

para cada una de las réplicas y estratos de diseño.

El segundo paso es generar B sistemas de ponderadores bootstrap, los cuales, se calculan aplicando el factor de multiplicidad a los ponderadores originales de la muestra. El ponderador del hogar k incluido en la UPM j perteneciente al estrato de diseño h para la réplica o muestra bootstrap b viene dado como:

$$w_{kjh}^b = \frac{n_h}{n_h - 1} m_{hj}^b w_{kjh} \quad (9.2)$$

Los B sistemas de ponderadores bootstrap pueden ser utilizados para calcular la varianza de cualquier parámetro de la población sin importar su forma. Para calcular la varianza de la estimación $\hat{\theta}$ de un parámetro cualquiera θ (e.g tasa de empleo) se realiza lo siguiente: utilizando los B sistemas de ponderadores bootstrap se calculan

B estimaciones $\hat{\theta}_{(1)}, \dots, \hat{\theta}_{(B)}$ de la misma forma en la que fue calculada la estimación del parámetro $\hat{\theta}$ utilizando los ponderadores originales. Luego, la varianza (error estándar al cuadrado) bootstrap se obtiene como:

$$\widehat{\text{Var}}(\hat{\theta}) = B^{-1} \times \sum_{b=1}^B (\hat{\theta}_{(b)} - \hat{\theta})^2$$

En teoría se deberían generar la mayor cantidad posible de réplicas bootstrap para obtener estimaciones estables de la varianza de los indicadores y para distintos dominios de la población. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, generar un número grande de réplicas bootstrap puede llegar a ser computacionalmente intensivo.

9.3. Ponderadores Bootstrap de la ECH

De forma de poder estimar correctamente la varianza de los estimadores, en teoría, cada uno de los ajustes realizados a los ponderadores finales w debería ser llevado a cabo en cada una de las muestras o réplicas Bootstrap. Actualmente, se aplican únicamente los factores de ajustes provenientes de la calibración ya sea compuesta o tradicional. Esto implica que el factor de ajuste por no respuesta no se tiene en cuenta en la variabilidad de las estimaciones.

Todos los meses la ECH genera 1000 sistemas de ponderadores Bootstrap de la siguiente forma:

1. Se parte de la muestra de elegibles respondientes del mes y se generan 1000 sistemas de ponderadores bootstrap utilizando la ecuación (9.2) con la diferencia que los ponderadores originales w son sustituidos por los ponderadores ajustados por no respuesta w^{nr} .
2. Para cada uno de los sistemas de ponderadores bootstrap se realiza la calibración compuesta o tradicional de la misma forma que fue descrita en el capítulo de ponderación. En el caso de la calibración compuesta, actualmente los conteos o benchmarks \hat{Z} se consideran fijos.

Esta decisión por sí sola provoca una subestimación en la varianza, pero la misma es de alguna forma compensada, ya que no se realizan réplicas bootstrap coordinadas (i.e. el factor de multiplicidad de una misma UPM que se encuentra en dos períodos es utilizado). Esto da como resultado que no se tenga en cuenta el solapamiento entre muestra y muestra. De todas formas, el INE se encuentra en proceso de generar un paquete en R que realice lo anterior.

10. Calidad de los datos

10.1. Introducción

Una vez realizada las estimaciones de los distintos indicadores que produce la ECH, el INE procede a evaluar la calidad de los mismos. Dicha evaluación se realiza en términos de la precisión que poseen las estimaciones que proporciona la encuesta. Esto es un insumo fundamental para que los usuarios/os puedan interpretar de forma correcta las estimaciones que están sujetas a error, producto de encuestar únicamente a una muestra de la población. A su vez, permite al INE tomar decisiones sobre qué indicadores (junto con sus aperturas) son confiables para computar y luego difundir.

La precisión en las encuestas por muestreo son tradicionalmente caracterizadas por dos componentes: sesgo (error sistemático) y varianza (error aleatorio). En las encuestas por muestreo las inferencias de la población son realizadas mirando únicamente una pequeña parte de la misma, es decir, en base a una muestra. El error causado por realizar conclusiones acerca de la población en base únicamente a una muestra es llamado error de muestreo. Algunos de los factores que contribuyen al error de muestreo es el tamaño de muestra, la variabilidad de las variables de interés, el diseño muestral utilizado y el método de estimación.

Por otra parte, los errores no muestrales (como lo indica su nombre) son aquellos que no son causados por los errores de muestreo. Por lo tanto, los errores no muestrales existen incluso en un censo. Los errores no muestrales pueden ocurrir en cualquier parte del proceso de vida de una encuesta. Por ejemplo en el diseño, la recolección, procesamiento y codificación de los datos, estimación, análisis y difusión de los datos. También los problemas de cobertura en el marco muestral y la no respuesta son errores no muestrales.

10.2. Indicadores de calidad asociados a los errores de muestreo

10.2.1. Error estándar

El error estándar es una medida numérica del error de muestreo que cuantifica qué tan distintas son las estimaciones entre todas las muestras potenciales que se podrían seleccionar de la población, utilizando el mismo diseño muestral y método de estimación.

El error estándar por ser una medida de variabilidad que depende de la unidad de la variable puede ser difícil de interpretar, pero puede ser utilizada para construir otras medidas de precisión más intuitivas, como ser, el coeficiente de variación. A su vez, el error estándar puede ser utilizado para realizar inferencias acerca de la población por

medio de la construcción de intervalos de confianza o para la realización de contrastes de hipótesis.

El error estándar (SE) se computa como la raíz cuadrada de la varianza del estimador. Obviamente, tanto la varianza y por ende el SE es desconocido y es estimado utilizando los datos de la propia muestra, i.e.

$$\widehat{SE} = \sqrt{\widehat{Var}}.$$

El error estándar depende del tamaño de muestra, la tasa de respuesta, el tamaño de la población (en menor medida), la variabilidad de las variables de interés, el diseño muestral utilizado para la selección de la muestra y del método de estimación.

Debido a la estabilidad que presentan los SE para los principales indicadores que presenta el INE en sus publicaciones, en el siguiente cuadro se presentan los errores estándar de las estimaciones de los cambios netos para el total de ocupados y desocupados. Es importante aclarar que los SE de los indicadores de mercado de trabajo son computados utilizando el promedio de los últimos tres meses disponibles (enero a marzo 2022) y se asume que los benchmarks de las variables compuestas de la calibración son fijas.

Cuadro 10.1: Error estándar para el cambio neto de un mes a otro del total de ocupados y desocupados (en miles)

| dominio | ocupados | desocupados |
|----------------|-----------------|--------------------|
| Total país | 3.3 | 4.6 |
| Montevideo | 2.4 | 2.8 |
| Interior | 2.3 | 3.6 |
| Hombres | 2.3 | 3.1 |
| Mujeres | 2.4 | 3.3 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

Cuadro 10.2: Error estándar para el nivel del total de ocupados y desocupados (en miles) por MA3

| Departamento | ocupados | desocupados |
|---------------------|-----------------|--------------------|
| Montevideo | 3.0 | 2.2 |
| Artigas | 0.9 | 0.6 |
| Canelones | 2.3 | 1.8 |
| Cerro Largo | 0.7 | 0.3 |
| Colonia | 0.6 | 0.5 |
| Durazno | 0.3 | 0.2 |
| Flores | 0.4 | 0.2 |
| Florida | 0.4 | 0.2 |
| Lavalleja | 0.7 | 0.5 |
| Maldonado | 0.9 | 0.4 |
| Paysandú | 1.0 | 0.7 |
| Río Negro | 0.7 | 0.5 |
| Rivera | 1.4 | 0.8 |
| Rocha | 0.7 | 0.5 |
| Salto | 0.8 | 0.7 |
| San José | 0.6 | 0.3 |
| Soriano | 0.6 | 0.5 |
| Tacurembó | 0.5 | 0.4 |
| Treinta y Tres | 0.5 | 0.4 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

10.2.2. Intervalos de confianza

El SE es utilizado como insumo para poder construir intervalos de confianza (IC), los cuales, permiten realizar inferencias, es decir, extrapolar la información a la población. Los IC son construidos alrededor de la estimación puntual del parámetro $\hat{\theta}$ y su amplitud depende no solo del $\widehat{SE}(\hat{\theta})$ sino también del nivel de confianza (e.g. 66%, 95%, 99%, etc.).

A modo de ejemplo, supongamos, que la tasa de empleo en un mes cualquiera la estimación se situó en 55% y su SE es de 0.5%. Por lo tanto, un IC al 66% para la

verdadera tasa de desempleo es 55% +/- 0.5%, es decir, entre 54.5% y 55.5%. De igual forma, un IC al 95% es 55% +/- 2 x 0.5%, es decir, entre 54% y 56%. En este último caso, el intervalo de confianza implica que si se seleccionan muchas muestras distintas y se aplicara el mismo método de estimación, se obtendrían distintos IC, pero aproximadamente el 95% de dichos IC contendría al verdadero valor de la tasa de empleo, el cual es obviamente desconocido.

10.2.3 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación (CV) es una medida descriptiva que es utilizada para describir la precisión de una estimación. El CV de una estimación se computa como el ratio entre el error estándar respecto a la estimación y usualmente es expresado en porcentajes. Mientras más pequeño el CV, más precisa es la estimación. Sin embargo, el CV presenta "problemas" cuando la estimación es cercana a cero. En dichos casos para evaluar la precisión de una estimación es conveniente acompañar al CV junto con el SE.

El INE utiliza el CV para definir la calidad de una estimación y si la misma es o no lo suficientemente estable para ser publicada. Para evaluar la calidad de la estimaciones respecto a la dimensión precisión y exactitud se emplea la siguiente escala de valoración:

- Excelente si el $CV < 5\%$
- Muy bueno si $5\% \leq CV < 10\%$
- Bueno si $10\% \leq CV < 15\%$
- Aceptable si $15\% \leq CV < 25\%$
- Utilizar con precaución si $25\% \leq CV < 35\%$
- No publicar si $CV \geq 35\%$

10.2.4. Efecto de diseño

El efecto de diseño (d_{eff}) es otra medida para evaluar el diseño muestral. El efecto de diseño se calcula como el cociente o ratio entre la varianza del diseño muestral utilizado y la varianza que se obtendría si se utilizara un muestreo aleatorio simple para un determinado estimador. También se puede utilizar para medir la ganancia o pérdida de la utilización de un método distinto de estimación (e.g. estimador calibrado vs estimador calibrado compuesto).

Se pueden calcular diferentes tipos de efectos de diseño con el objetivo de cuantificar cuánto contribuye cada componente a las precisiones de las estimaciones. En los

siguientes cuadros se presentan tres efectos de diseño para la estimación del total de ocupados y desocupados:

- **efecto de diseño sin ajustar:** es computado teniendo en cuenta el diseño muestral y los ponderadores originales
- **efecto de diseño ajustado simple:** es computado teniendo en cuenta el diseño muestral y los ponderadores calibrados utilizando únicamente información proveniente de las proyecciones de población.
- **efecto de diseño final:** es computado teniendo en cuenta el diseño muestral y los ponderadores calculados utilizando la calibración compuesta. En este caso, las estimaciones de los deff ajustados finales se computan asumiendo que los benchmarks de las variables compuestas son fijos.

Cuadro 10.3.: Efectos de diseño para el total de ocupados

| dominio | deff sin ajustar | deff ajustado simple | deff ajustado final |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Total país | 3.54 | 0.78 | 0.19 |
| Montevideo | 3.51 | 0.70 | 0.16 |
| Interior | 3.55 | 0.84 | 0.21 |
| Hombres | 2.90 | 0.69 | 0.17 |
| Mujeres | 2.19 | 0.88 | 0.23 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

Cuadro 10.4. : Efectos de diseño para el total de desocupados

| dominio | deff sin ajustar | deff ajustado simple | deff ajustado final |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Total país | 1.65 | 1.54 | 0.99 |
| Montevideo | 1.73 | 1.42 | 0.86 |
| Interior | 1.73 | 1.62 | 1.07 |
| Hombres | 1.50 | 1.48 | 0.98 |
| Mujeres | 1.37 | 1.41 | 0.96 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

10.3. Indicadores de los errores no muestrales

Los errores no muestrales o ajenos al muestreo ocurren durante todas las etapas de una encuesta realizada por muestreo. Los errores no muestrales pueden producir sesgos y aumentar los errores estándar de los indicadores que estima la ECH. En el caso teórico de que estos errores fueran "aleatorios" el único impacto que tendrían en las estimaciones sería un aumento en los errores estándar, pero las mismas seguirán siendo virtualmente insesgadas. Si bien existe una amplia gama de errores no muestrales, en esta sección sólo se tratarán aquellos ocasionados por problemas de cobertura y de no respuesta.

10.3.1. Errores de cobertura

Los errores de cobertura ocurren cuando el marco muestral utilizado para la selección de la muestra no contiene a todas las unidades de la población. El marco muestral utilizado para la selección de la muestra de la ECH corresponde al censo del año 2011 y el mismo ha sido actualizado por parte del INE en base a registros de construcción y otras fuentes de información. Si bien, estas actualizaciones intentan reducir los problemas de cobertura, los mismos no son eliminados completamente. A su vez, independientemente del marco muestral utilizado para seleccionar la muestra, los errores de cobertura ocurren en el relevamiento de campo. Por ejemplo, puede ocurrir que una vivienda particular efectivamente ocupada, sea clasificada como desocupada o de temporada.

Para poder cuantificar estos errores de cobertura el INE calcula las denominadas tasas de deslizamiento. Estas se definen como la diferencia relativa entre los tamaños o conteos provenientes de las proyecciones de población, respecto a las estimaciones de los mismos utilizando los ponderadores ajustados por no respuesta w^{nr} . Es importante tener en cuenta que las proyecciones de población utilizadas para calcular las tasas de deslizamiento también pueden contener errores debido a que las mismas son construidas en base a supuestos que pueden o no seguir cumpliéndose al momento de la realización de la encuesta.

A su vez la no respuesta puede producir aumento en las tasas de deslizamientos para algunas regiones y/o tramos de edad. Esto puede ocurrir si, por ejemplo, las personas más jóvenes son menos propensas a responder la encuesta. Si bien, este sesgo es corregido en la etapa de estimación utilizando los estimadores de calibración/regresión, el cálculo y monitoreo continuo de las tasas de deslizamiento son un insumo importante para la toma de decisiones por parte del INE en lo que respecta a definir, por ejemplo, estrategias focalizadas para maximizar las tasas de respuesta en el relevamiento de campo.

Cuadro 10.5.: Porcentaje de viviendas no elegibles en la muestra por departamento

| Departamento | % NE |
|---------------------|-------------|
| Montevideo | 11.4 |
| Artigas | 18.1 |
| Canelones | 13.6 |
| Cerro Largo | 26.0 |
| Colonia | 13.0 |
| Durazno | 19.6 |
| Flores | 10.0 |
| Florida | 10.3 |
| Lavalleja | 23.3 |
| Maldonado | 31.1 |
| Paysandú | 16.4 |
| Río Negro | 14.5 |
| Rivera | 11.9 |
| Rocha | 20.6 |
| Salto | 15.5 |
| San José | 14.4 |
| Soriano | 12.7 |
| Tacurembó | 14.9 |
| Treinta y Tres | 15.7 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

10.3.2. No respuesta

Una vez seleccionada la muestra y finalizado el relevamiento de los datos en campo, las unidades pueden clasificarse como : no elegibles (NE) y elegibles (E). Las unidades NE corresponden a viviendas en las cuales no reside un hogar particular. Ejemplos de viviendas NE son aquellas que se encuentran desocupadas, en construcción, de uso temporal, etc.

Por otra parte, en el caso de las unidades E una vez finalizado el relevamiento de campo, pueden ser clasificadas como: elegibles respondientes (ER) y elegibles no respondientes (ENR). La no respuesta puede ocurrir cuando se identifica un hogar E pero existe, por ejemplo, ausencia momentánea o temporal y rechazo. La magnitud del sesgo debido a la NR, es desconocido, pero se encuentra directamente relacionado entre las diferencias entre las características de los ER y ENR. Debido a que cuando la tasa de respuesta aumenta, es “esperable” que el sesgo también aumente, el INE realiza todos los intentos posibles para mantener las tasas de no respuesta lo más bajo posible. Generalmente la tasa de no respuesta (TNR) es más alta en el grupo de rotación de nacimiento. La TNR para los nacimientos se sitúa en promedio en 15%.

Por otra parte, los paneles, sufren la denominada atrición (no respuesta acumulativa). Esto implica que para un grupo de rotación en particular, la TNR aumente a medida que los subsecuentes completan el trayecto de los seis meses en la encuesta. En el siguiente cuadro se presenta la cantidad de ER por grupo de rotación y la tasa de atrición por grupo de rotación. Los datos corresponden a los últimos tres meses disponibles (enero a marzo 2022).

Cuadro 10.6.: cantidad de Elegibles Respondientes y tasa de atrición según mes de permanencia en la ECH

| mes dentro del GR | # ER | tasa de atrición (%) |
|-------------------|------|----------------------|
| 1 | 1929 | 0 |
| 2 | 1736 | 10 |
| 3 | 1671 | 13.4 |
| 4 | 1609 | 16.6 |
| 5 | 1500 | 22.2 |
| 6 | 1397 | 27.6 |

Fuente: INE, Encuesta Continua de Hogares

11. Módulos y sub-muestras de la ECH

El INE utiliza la ECH para la realización de otros estudios (proyectos especiales), los cuales generalmente son realizados en conjunto con otros organismos nacionales e internacionales. Estas encuestas específicas buscan reducir los costos de relevamiento utilizando la ECH como fuente primaria para la realización de la encuesta. Existen dos estrategias para la realización de los proyectos especiales y que dependen básicamente de las siguientes razones:

- La extensión del cuestionario.
- El tamaño de muestra efectivo necesario del proyecto para cumplir con los fines analíticos de la encuesta.
- El estudio se encuentra dirigido a una subpoblación en particular (dominio) que hace inviable la realización de una encuesta independiente debido a que la prevalencia de dicho dominio es relativamente baja en la población.

Para los estudios que necesitan únicamente relevar una batería reducida de preguntas y las mismas pueden ser respondidas por el informante calificado de la ECH, se procede a realizar la encuesta especial como un módulo (set) de preguntas extras en el formulario de la ECH. Este módulo puede ser aplicado a los hogares elegibles respondientes de un mes de estimación (i.e. a los 6 grupos de rotación) o a un subconjunto de los mismos, ya sea por un tema de costos, por ser un dominio específico de la población y/o por la sensibilidad del mismo, que hace que dichas preguntas deben ser relevadas de forma presencial (i.e en el nacimiento del grupo de rotación).

Otra estrategia implementada por el INE, es utilizar como "marco de muestreo" a los hogares que abandonan la ECH luego de la participación de seis meses. Esta estrategia es utilizada para aquellos proyectos en donde el cuestionario es demasiado largo para aplicarlo como un módulo y/o porque necesita ser respondido por un integrante al azar del hogar y no por el informante calificado. A su vez, independientemente de la estrategia, el estudio cuenta con información previamente relevada por la ECH de los hogares y personas (e.g. ingresos) que les permite realizar distintas aperturas con el fin de caracterizar los fenómenos de interés del proyecto especial.

Todas las estrategias mencionadas anteriormente permiten al país obtener información confiable a un menor costo en comparación con la realización de encuestas, utilizando muestras independientes, es decir, seleccionando una muestra aleatoria específica del marco muestral sin tener en cuenta si el hogar participa de la ECH.

12. Uso de los microdatos

El INE deja a disposición como es tradición los microdatos de la ECH para que los usuarios puedan realizar sus propias estimaciones. Los microdatos que se dejan a disposición de los usuarios son:

- **microdatos semestrales** con los hogares incluidos en el nacimiento de cada uno de los grupos de rotación y con las variables del formulario de implantación. En estos microdatos se cuentan con dos sistemas de ponderadores: uno trimestral y otro semestral. Estos microdatos semestrales pueden verse y por ende tratarse a la hora de realizar estimaciones como la tradicional ECH (pre-pandemia)
- **microdatos mensuales** para las personas de 14 o + años (PET) con ponderadores mensuales para todos los individuos incluidos en el mes de estimación (i.e. las personas de las muestras incluidas en los todos grupos de rotación que se encuentren en funcionamiento). Dichos microdatos permiten computar indicadores únicamente referidos al mercado de trabajo, aunque pueden ser fusionados con las bases de implantación (nacimiento del grupo rotación) para agregar variables de corte o segmentación de los indicadores de mercado laboral. En este punto es importante que las variables que se agreguen sean estables, al menos, durante la permanencia del hogar en la encuesta.

Si bien los microdatos semestrales poseen variables referidas al mercado de trabajo (correspondiente al nacimiento de cada grupo de rotación), las mismas no deben ser utilizadas para computar indicadores de mercado de trabajo. Aunque pueden ser usadas para caracterizar al hogar y a las personas en otras dimensiones que abarca el formulario de implantación de la ECH.

Independientemente de los microdatos que se utilicen, el insumo fundamental para producir las estimaciones son los ponderadores w que se encuentran anexados a los hogares y personas. Si bien para la realización de las estimaciones puntuales no es necesario contar con más información, es importante tener en cuenta que los ponderadores w no aportan información alguna de la calidad de la estimación, es decir, no permiten computar medidas de precisión "correctas" de las estimaciones como ser los errores estándar. Para los años 2018 y 2019 el INE dejó a disposición los estratos de diseño y las unidades primarias de muestreo para que los usuarios pudieran, al menos, capturar alguna de las fuentes de variabilidad de las estimaciones. En el caso del método del último conglomerado con dicha información disponible, permite únicamente capturar la variabilidad producto del diseño muestral.

Con la nueva metodología y de forma de poder brindar a los usuarios los insumos necesarios para poder computar los errores estándar el INE deja a disposición bases de datos con ponderadores bootstrap replicados. Dichos ponderadores replicados

tienen en cuenta las más importantes fuentes de variabilidad de las estimaciones, como ser, el diseño muestral y el la calibración de los ponderadores, ya sea compuesta o tradicional. La mayoría de los programas estadísticos (e.g. R o Stata) permiten incorporar al proceso de estimación una matriz de ponderadores replicados para computar los errores estándar de las estimaciones para la construcción posterior de intervalos de confianza y/o coeficientes de variación.

Cuando se está trabajando con una base de datos que proviene de una encuesta realizada por medio de una muestra aleatoria, la explotación o análisis se vuelve un poco más compleja desde el punto vista más teórico que computacional. Esto se debe a que todas las métricas de resumen que se calculen se encuentran sujetas a un error de muestreo (por el hecho de ver un subconjunto de la población). El error de muestreo es cuantificado por medio del error estándar. El error estándar cuantifica cómo varían las estimaciones entre muestra y muestra, es decir, intenta cuantificar el spread o variabilidad de las estimaciones. El error estándar intenta captar todas las fuentes de variación que afectan a la estimación, las cuales, no solo dependen de la naturaleza de la población (la cual no podemos controlar), sino que también dependen de la estrategia de selección utilizada para elegir a los individuos de la muestra (diseño muestral) y la metodología utilizada para construir los ponderadores.

En la siguiente sección se presenta como utilizar las matrices de ponderadores bootstrap replicados utilizando el software R y los paquetes [survey](#) y [srvyr](#).

12.1. Estimación del error estándar de las estimaciones de nivel

Las matrices de ponderadores replicados bootstrap que se dejan a disposición son útiles **únicamente** para calcular los errores estándar de las estimaciones de nivel, ya sea para las muestras mensuales de la PET o para las muestras que tiene en cuenta únicamente a los hogares al momento de la implantación. Cuando se habla de “estimación de nivel” se hace referencia a la estimación de un parámetro cualquiera en un momento del tiempo dado (e.g. ingreso promedio de los hogares en un trimestre, la proporción de hogares pobres en el segundo semestre, la tasa de desempleo en un mes, etc).

Para calcular las estimaciones de los SE se necesita trabajar con: los microdatos de interés y con el respectivo dataset que contiene los 1000 sistemas de ponderadores bootstrap. Si bien la mayoría de los softwares estadísticos son capaces de calcular SE con una matriz de ponderadores replicados, en este apartado, se muestra únicamente su implementación en el software libre R y para unos microdatos “genéricos”.

En R se puede utilizar el paquete [survey](#) o [srvyr](#), en donde el último es una implementación del primero que utiliza la lógica [dplyr](#). En esta sección se presentan unas líneas de código utilizando ambos paquetes.

Preparación del entorno de trabajo

```
library(tidyverse)
library(survey)
library(srvyr)
```

Importación de los dataset

Como primer paso se cargan los microdatos de la ECH y los pesos bootstrap replicados correspondientes. A modo de ejemplo, se utilizan nombres ficticios.

```
df = read_csv('dataset con los microdatos.csv')

pesos_boost = read_csv('dataset con los ponderadores rep.csv')
```

Los ponderadores o pesos bootstrap se encuentran definidos a nivel de hogar (ver capítulo 8) y los mismos se llaman en los microdatos públicos `wr1, ..., wr1000`. Teniendo en cuenta lo anterior, los ponderadores bootstrap son fusionados para todas las personas incluidas en la muestra `df`.

```
df = df %>% dplyr::left_join(pesos_boost)
```

Para indicarle al R que estamos trabajando una base de datos que es una muestra aleatoria debemos utilizar los paquetes `survey` o `srvyr` los cuales permite ponderar la muestra, es decir, realizar las estimaciones teniendo en cuenta el ponderador y también computar una medida de la variabilidad de dicha estimación (SE), la cual, debe ser utilizada para decidir si esa estimación es confiable o no. Se crea un nuevo objeto llamado `design_ech` para “indicarle “al R que estamos trabajando con una encuesta por muestreo aleatorio.

Posteriormente se define el diseño muestral indicando:

- los ponderadores `w` para realizar las estimaciones, los cuales, se encuentran contenidos en `df`
- el tipo de método de remuestreo
- variables contiene los pesos bootstrap replicados.

Utilizando el paquete `survey` el código es:

```
design_ech = svrepdesign(data = df,
                      type = "bootstrap",
```



```
weights =~ w,  
repweights = df %>%  
  dplyr::select(dplyr::starts_with("wr"))
```

En tanto utilizando el paquete `srvyr` el código es:

```
design_ech = df %>%  
  srvyr::as_survey_rep(type="bootstrap",  
                        weights=w,  
                        dplyr::select(dplyr::starts_with("wr"))
```

Dentro del objeto `design_ech` se tiene:

- El dataset con los microdatos de la ECH
- Información para realizar estimaciones puntuales de los parámetros, es decir, los ponderadores.
- Información para calcular los errores estándar de las estimaciones.

Los paquetes devuelven por defecto la estimación puntual del parámetro y la estimación del error estándar del mismo.

Supongamos que tenemos dos variables de interés $Y1$, $Y2$ y dos variables de corte o segmentación $X1$ y $X2$. Para calcular la estimaciones de totales se utiliza la función `svytotal` en el caso del paquete `survey`. Para el caso del paquete `srvyr` se utiliza `survey_total`. De forma general, las funciones del paquete `survey` comienzan con `svy` y las del paquete `srvyr` con `survey_`

Para la estimación de promedios o proporciones (si la variables es dummy/binaria) se utiliza la función `svymean` o `survey_mean`. De igual forma, para el cálculo de un ratio (e.g. tasa de desempleo) se utiliza la función `svyratio` o `survey_ratio`. En el caso del paquete `survey`, para indicar la variable a estimar se debe utilizar la interfaz fórmula (`~`). Si se quiere calcular más de una estimación de forma simultánea, las variables se separan con el símbolo `+`

La estimación puntual de la media de la variable $Y1$ se realiza como:

```
svymean(~ Y1, design_ech)
```

La estimación puntual de los totales de las variables $Y1$ y $Y2$ se realiza como:

```
svytotal(~ Y1+Y2, design_ech)
```

En tanto, utilizando el paquete `srvyr` las estimaciones anteriores se realizan como:

```
design_ech %>% dplyr::summarise(media_Y1 = srvyr::survey_mean(Y1),
                              tot_Y1 = srvyr::survey_total(Y1),
                              tot_Y2 = srvyr::survey_total(Y2))
```

Por otra parte, la estimación puntual del ratio entre Y1 y Y2 se realiza utilizando los paquetes `survey` y `srvyr` como:

```
svyratio(~ Y1, ~ Y2, design_ech)
```

```
design_ech %>% dplyr::summarise(ratio = srvyr::survey_ratio(Y1,Y2))
```

Para la estimación para distintas áreas o dominios de estimación se utiliza la función `svyby`. Por ejemplo, la estimación del total de las variables Y1 y Y2 segmentada por las variables X1 y X2 viene dada como:

```
svyby(~ Y1 + Y2, ~X1 +X2, design_ech, svytotal)
```

Y utilizando el paquete `srvyr` es:

```
design_ech %>% dplyr::group_by(X1, X2) %>%
  dplyr::summarise(tot_X1 = srvyr::survey_total(X1),
                  tot_X2 = srvyr::survey_total(X2))
```

Otras funciones de interés son:

- mediana = `svymedian()` - `survey_median()`
- Cuantiles = `svyquantile()` - `survey_quantile()`

12.2 Estimación del error estándar de la estimación de los cambios netos

Los cambios netos de las estimaciones entre dos períodos cualquiera también se encuentra sujeta a un error de muestreo. Los usuarios suelen estar interesados en ver si el cambio de un indicador es estadísticamente significativo o no (e.g. el cambio en la cantidad de ocupados de un mes a otro o el cambio de la proporción de las personas por debajo de la línea de pobreza de un año a otro).

Para el caso específico de los indicadores de mercado de trabajo se realiza en base a dos muestras que pueden tener hogares y personas en común, dependiendo del periodo del tiempo en el cual se está interesado en estimar el cambio neto. En este caso particular, la variabilidad de la estimación del cambio neto depende de la variabilidad de las estimaciones del nivel en cada uno de los períodos, del porcentaje de solapamiento R entre muestra y muestra y de la correlación ρ entre períodos. La correlación ρ se encuentra entre -1 y 1 , en donde 1 implica una correlación lineal perfecta.

Para el caso de los indicadores de mercado de trabajo los cuales deben ser computados utilizando las muestras mensuales de la ECH, la proporción de solapamiento es $R = 5/6$ para el caso de las estimaciones de un mes a otro (una vez que el panel se encuentra completamente operativo) y $R = 0$ para el caso de las estimaciones del cambio neto respecto al mismo mes del año anterior. En el caso de las muestras de la ECH que están compuestas únicamente por los grupos de rotación al momento del nacimiento y que son utilizadas para computar otros indicadores (e.g. proporción de personas por debajo de la línea de pobreza), al ser las mismas, independientes, $R = 0$ sin importar el período para el cual se quiere computar el cambio neto.

Si el interés recae en la estimación en los cambios netos de los indicadores del mercado de trabajo de un mes a otro, para el caso de los ocupados utilizar $\rho = 0.9$ es una buena aproximación. De igual forma, utilizar $\rho = 0.5$ para el caso de los desocupados.

Sea $\hat{\theta}_t$ y $\hat{\theta}_{t-1}$ las estimaciones en el mes t y $t - 1$, respectivamente. La estimación del error estándar (SE) del cambio neto $\hat{\Delta} = \hat{\theta}_t - \hat{\theta}_{t-1}$ es:

$$\widehat{SE}(\hat{\Delta}) = \sqrt{(1 - R\rho)} \sqrt{\widehat{SE}^2(\hat{\theta}_t) + \widehat{SE}^2(\hat{\theta}_{t-1})}$$

en donde los errores estándar de las estimaciones de $\hat{\theta}_t$ y $\hat{\theta}_{t-1}$ son computados utilizando los ponderadores replicados bootstrap disponibles con los microdatos (ver sección 12.1).

12.3. Estimación del error estándar para la estimación utilizando MA

La acumulación o el pool de muestras se utilizan en la práctica para obtener estimaciones más estables producto del aumento efectivo del tamaño de muestra. Esta estrategia es utilizada para aquellas áreas o dominios de estimación que tiene un tamaño de muestra pequeño para un mes de estimación cualquiera t . Por ejemplo, el INE, produce estimaciones de los indicadores de mercado laboral a nivel departamental y para los municipios de Montevideo utilizando medias móviles de los últimos 3 meses (MA3). En este caso, los diseño cross-section (muestras independientes) presentan mayores ventajas debido a que las unidades (hogares/personas) son distintas y por ende no existe correlación entre muestra y muestra. Para el caso de las encuestas que utilizan paneles rotativos y por ende existe solapamiento y correlación entre las muestras, las estimaciones utilizando MA3 no son tan eficientes en comparación con las muestras independientes.

El estimador de un parámetro cualquiera θ utilizando MA3 viene dado por:

$$\hat{\theta}_{(MA3)} = \frac{\sum_{t=1}^3 \hat{\theta}_t}{3}$$

y la estimación del error estándar viene dada por:

$$\widehat{SE}(\hat{\theta}_{(MA3)}) = \sqrt{1 + R\rho} \sqrt{3^{-1} \times \sum_{t=1}^3 \widehat{SE}^2(\hat{\theta}_{t-1})}$$

Anexo 1

Tamaño de muestra esperado y efectivo por GR al momento de nacimiento y tamaño de muestra efectivo mensual (seis GR) según estrato de diseño

| estrato de diseño | muestra esperado por GR nacimiento | ER nacimiento | ER panel mensual |
|--------------------------|---|----------------------|-------------------------|
| Total | 2035 | 1931 | 9843 |
| Montevideo Bajo | 120 | 107 | 527 |
| Montevideo Medio Bajo | 150 | 133 | 682 |
| Montevideo Medio | 200 | 188 | 975 |
| Montevideo Medio Alto | 190 | 181 | 974 |
| Montevideo Alto | 100 | 94 | 509 |
| Zona Metro 1 | 100 | 88 | 399 |
| Zona Metro 2 | 60 | 51 | 268 |
| Zona Metro 3 | 40 | 31 | 150 |
| Artigas Capital | 20 | 17 | 83 |
| Cerro Largo Capital | 30 | 30 | 138 |
| Treinta y Tres Capital | 20 | 21 | 114 |
| Rivera Capital | 40 | 41 | 166 |
| Canelones Capital | 10 | 10 | 47 |
| Maldonado Capital | 50 | 49 | 264 |
| Rocha capital | 20 | 20 | 97 |
| Maldonado San Carlos | 20 | 19 | 96 |
| Costa de Oro Norte | 20 | 19 | 88 |
| Maldonado Punta del Este | 20 | 20 | 90 |
| Paysandú Capital | 50 | 47 | 237 |
| Río Negro Capital | 20 | 20 | 103 |
| Salto Capital | 50 | 45 | 234 |
| Colonia Capital | 20 | 18 | 91 |
| Soriano Capital | 20 | 20 | 112 |
| San Jose Capital | 20 | 20 | 91 |

Metodología Encuesta Continua de Hogares 2021

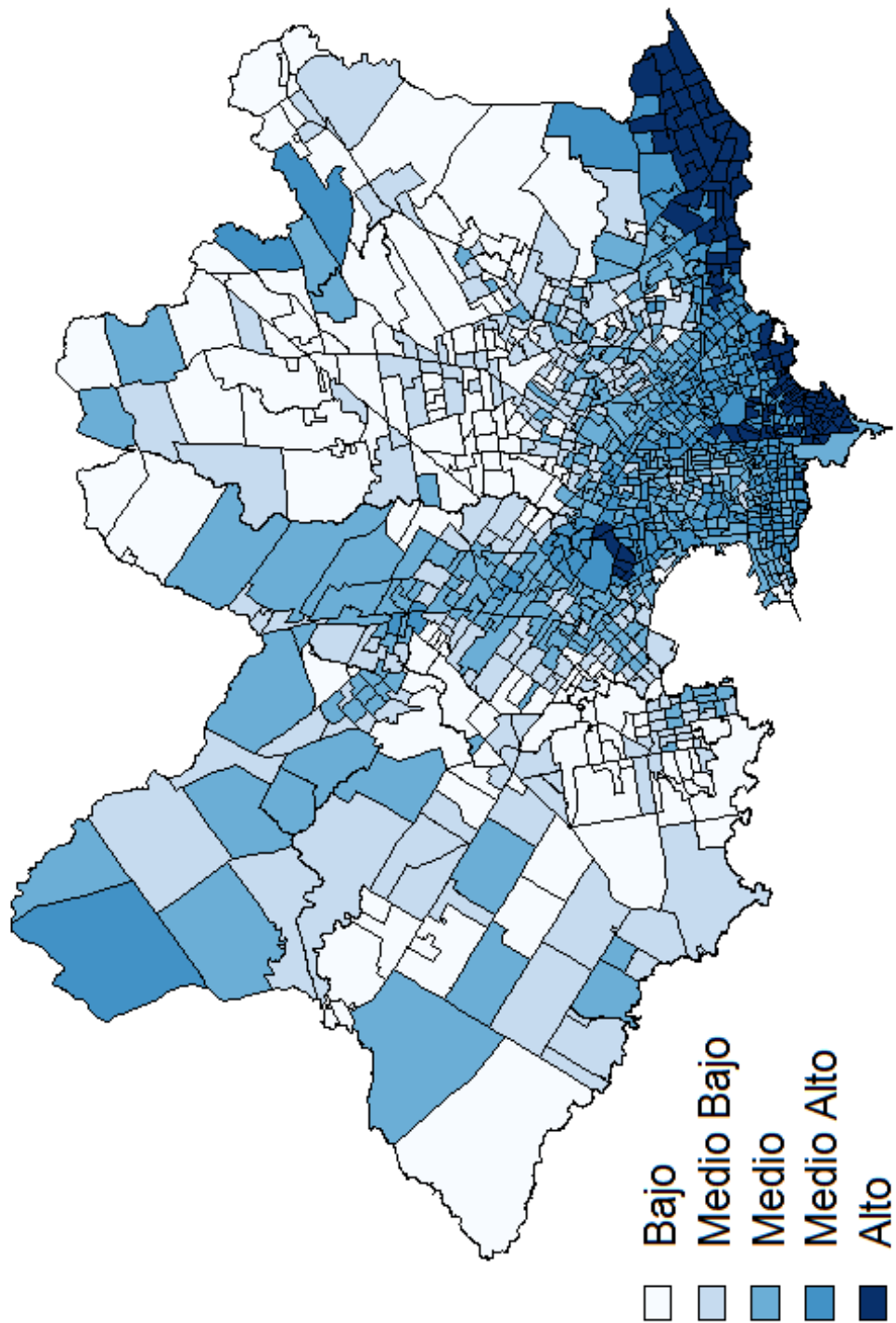
| | | | |
|--------------------------|----|----|-----|
| Durazno Capital | 20 | 20 | 120 |
| Tacuarembó Capital | 30 | 28 | 168 |
| Flores Capital | 20 | 20 | 94 |
| Florida Capital | 20 | 20 | 115 |
| Lavalleja Capital | 20 | 19 | 94 |
| Artigas entre 5 y 20 | 10 | 9 | 55 |
| Canelones entre 5 y 20 | 20 | 18 | 81 |
| Cerro Largo entre 5 y 20 | 10 | 10 | 37 |
| Colonia entre 5 y 20 | 40 | 38 | 205 |
| Durazno entre 5 y 20 | 10 | 10 | 60 |
| Florida entre 5 y 20 | 10 | 10 | 60 |
| Lavalleja entre 5 y 20 | 10 | 10 | 55 |
| Maldonado entre 5 y 20 | 10 | 9 | 48 |
| Paysandú entre 5 y 20 | 10 | 9 | 43 |
| Río Negro entre 5 y 20 | 10 | 10 | 40 |
| Rivera entre 5 y 20 | 10 | 9 | 31 |
| Rocha entre 5 y 20 | 20 | 18 | 93 |
| San José entre 5 y 20 | 10 | 10 | 59 |
| Soriano entre 5 y 20 | 10 | 10 | 56 |
| Tacuarembó entre 5 y 20 | 10 | 8 | 48 |
| Artigas menos de 5 | 10 | 9 | 50 |
| Canelones menos de 5 | 30 | 29 | 130 |
| Cerro Largo menos de 5 | 10 | 10 | 44 |
| Colonia menos de 5 | 10 | 9 | 47 |
| Durazno menos de 5 | 10 | 10 | 60 |
| Florida menos de 5 | 10 | 10 | 60 |
| Lavalleja menos de 5 | 10 | 11 | 46 |
| Maldonado menos de 5 | 10 | 9 | 55 |
| Paysandú menos de 5 | 10 | 9 | 44 |

Metodología Encuesta Continua de Hogares 2021

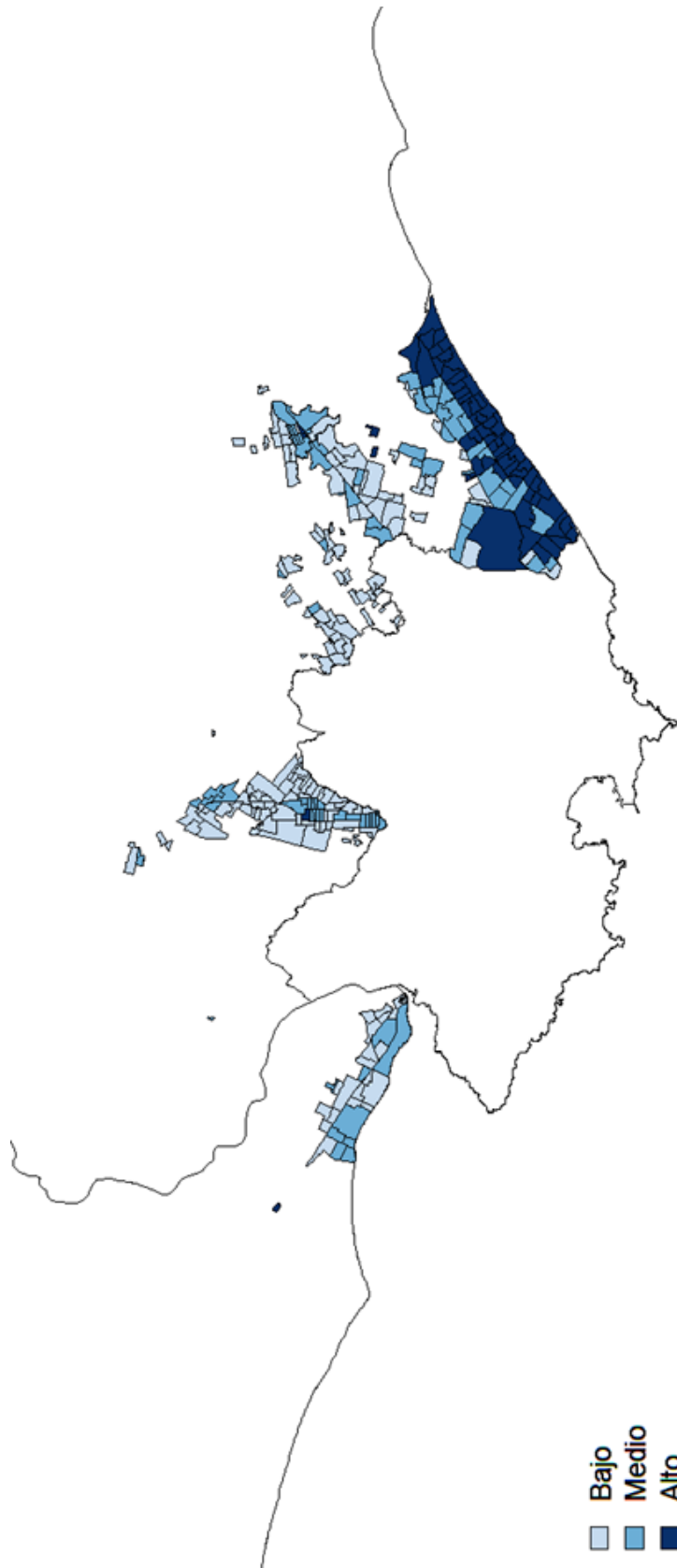
| | | | |
|----------------------------------|----|----|----|
| Río Negro menos de 5 | 10 | 9 | 43 |
| Rivera menos de 5 | 10 | 10 | 45 |
| Rocha menos de 5 | 10 | 10 | 43 |
| Salto menos de 5 | 10 | 9 | 53 |
| San José menos de 5 | 10 | 10 | 43 |
| Soriano menos de 5 | 10 | 11 | 52 |
| Tacuarembó menos de 5 | 10 | 10 | 59 |
| Treinta y Tres menos de 5 | 10 | 10 | 57 |
| Artigas rural | 5 | 4 | 22 |
| Canelones rural | 20 | 21 | 98 |
| Cerro Largo rural | 5 | 4 | 33 |
| Colonia rural | 5 | 5 | 29 |
| Durazno rural | 5 | 5 | 30 |
| Flores menos de 5 y rural | 5 | 8 | 42 |
| Florida rural | 5 | 5 | 37 |
| Lavalleja rural | 5 | 9 | 38 |
| Maldonado rural | 5 | 5 | 24 |
| Paysandu rural | 5 | 7 | 34 |
| Río Negro rural | 5 | 7 | 30 |
| Rivera rural | 5 | 7 | 29 |
| Rocha rural | 5 | 5 | 30 |
| Salto rural | 5 | 6 | 37 |
| San José rural | 5 | 5 | 23 |
| Soriano rural | 5 | 7 | 45 |
| Tacuarembó rural | 5 | 6 | 30 |
| Treinta y Tres rural | 5 | 7 | 33 |
| Maldonado Balneario entre 5 y 20 | 10 | 10 | 48 |
| Maldonado Balneario menos de 5 | 20 | 19 | 84 |
| Rocha Balneario | 10 | 10 | 39 |

Anexo 2

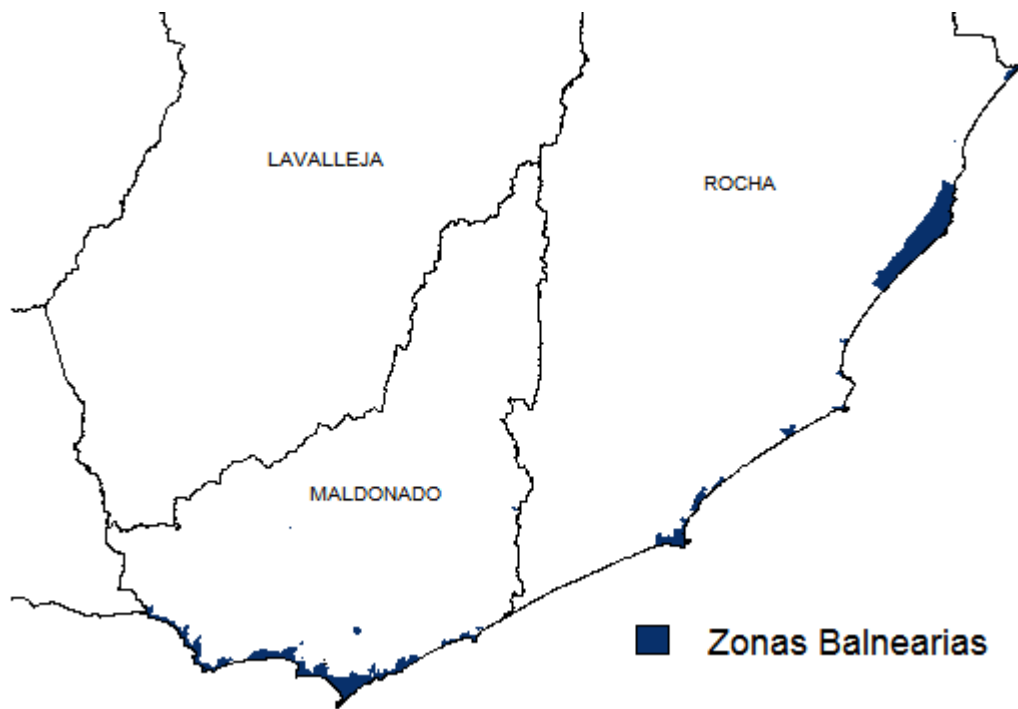
Mapa 1: Estratos socioeconómicos de Montevideo



Mapa 2: Estratos socioeconómicos de la Zona Metropolitana



Mapa 3: Estratos especiales (Zonas Balnearias)



Abreviaturas

| | |
|------|--|
| CRE | Estimador de regresión compuesto |
| CAPI | entrevistas personales por computadora |
| CATI | entrevistas telefónicas por computadora |
| CV | Coefficiente de Variación |
| DEFF | Efecto de diseño |
| E | Elegibles |
| ER | Elegibles Respondentes |
| ENR | Elegibles no respondentes |
| F | Marco muestral |
| GR | Grupo de Rotación |
| IC | Intervalo de Confianza |
| MA3 | Media móvil de los últimos 3 meses |
| MAR | Missing at random |
| NE | No elegibles |
| PET | Población en edad de trabajar (14 o +) |
| PPS | Muestreo Proporcional al tamaño |
| NR | No respuesta |
| R | tasa de solapamiento |
| RE | Estimador de regresión |
| SE | Error estándar |
| SI | Muestreo aleatorio simple sin reposición |
| SIR | Muestreo aleatorio simple con reposición |
| TNR | Tasa de no respuesta |
| TR | Tasa de respuesta |

U Universo de estudio

UPM Unidad primaria de muestreo

UUM Unidad ultima de muestreo

Glosario

Elegibles Respondentes: unidades de la población de interés que fueron seleccionadas en la muestra y respondieron a la encuesta. Se abrevia como ER

Elegibles No respondentes: unidades de la población de interés que fueron seleccionadas en la muestra y no respondieron a la encuesta. Se abrevia como ENR

Efecto de diseño: El efecto de diseño de un estimador es el cociente entre la varianza del estimador bajo el diseño muestral utilizado, respecto a la varianza del estimador si la muestra hubiera sido seleccionada bajo un muestreo aleatorio simple. Generalmente el efecto de diseño es desconocido y es estimado utilizando la propia muestra. El efecto de diseño proporciona una medida de la precisión ganada o perdida por utilizar un diseño muestral complejo en vez de utilizar un muestreo aleatorio simple. Si el efecto de diseño es mayor que uno, implica que el diseño muestral elegido para la realización de la encuesta, es menos eficiente que un muestreo aleatorio simple.

Muestreo en dos etapas: es el proceso de seleccionar una muestra en dos etapas o más, el cual, se realiza de forma jerárquica. Las unidades seleccionadas en la primera etapa se les llama unidades primarias de muestreo. Las unidades seleccionadas en una segunda etapa (también llamadas unidades de última etapa) son seleccionadas dentro de las unidades primarias de muestreo seleccionadas en la primera etapa.

No elegibles: unidades que fueron seleccionadas originalmente en la muestra pero no pertenecen al universo de estudio de la encuesta. En el caso de la ECH, una unidad no elegible puede ser una vivienda desocupada o de temporada. Se abrevia como NE.

Período de referencia: es la ventana temporal que se utiliza en la encuesta para que el informante responda acerca del status de ciertas características/variables, ya sea, de las personas o del hogar. Para el caso de mercado de trabajo, el período de referencia es la primera semana del mes; y para el caso de los ingresos es el mes anterior.

Probabilidad proporción al tamaño (PPS): es un método de muestreo el cual asigna probabilidades de inclusión en la muestra en función de una variable auxiliar de tamaño de la unidad. En el caso de la ECH las unidades primarias de muestreo son seleccionadas utilizando un diseño PPS en donde la variable auxiliar es la cantidad de viviendas particulares en la UPM.

Tasa de Actividad: es la proporción de personas que se encuentran activas (ocupadas o desocupadas) respecto a las personas que se encuentran en edad de trabajar. Usualmente se presenta como porcentaje y las mismas pueden ser calculadas para distintos grupos (e.g. sexo, región, nivel educativo, etc.)

Tasa de Desempleo: es la proporción de personas que se encuentran desocupadas respecto a las personas que se encuentran activas. Usualmente se presenta como

porcentaje y las mismas pueden ser calculadas para distintos grupos (e.g. sexo, región, nivel educativo, etc.)

Tasa de Empleo: es la proporción de personas que se encuentran empleadas respecto a las personas que se encuentran activas. Usualmente se presenta como porcentaje y las mismas pueden ser calculadas para distintos grupos (e.g. sexo, región, nivel educativo, etc.)

Tasa de muestreo: es el cociente entre el tamaño de muestra respecto al tamaño de la población. Las tasas de muestreo pueden variar según el estrato de diseño. Una tasa de muestreo de por ejemplo 0.10, implica que 1 de cada 10 hogares de la población son seleccionadas para participar en la encuesta.

Unidad Primaria de muestreo: las unidades seleccionadas en la primera etapa del diseño muestral son denominadas unidades primarias de muestreo. En el caso de la ECH las unidades primarias de muestreo son conglomerados o cluster de viviendas. Se abrevia UPM.

Varianza en el muestreo: mide la variabilidad o el spread entre las estimaciones de un parámetro, si se seleccionan todas las muestras posibles de la población. El mismo es calculado como el promedio de la distancia al cuadrado de cada estimación respecto al promedio de todas las estimaciones.

Bibliografía

Bocci, C., and Beaumont, J.-F. (2005). A Refinement of the Regression Composite Estimator in the Labour Force Survey. Household Survey Methods Division, Statistics Canada, Internal document.

Chen, E.J., and Liu, T.P. (2002). Choices of Alpha Value in Regression Composite Estimation for the Canadian Labour Force Survey: Impacts and Evaluation. Methodology Branch Working Paper, HSMD 2002-05E, Statistics Canada.

Efron B. (1982). The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans. SIAM [Society for Industrial and Applied Mathematics], Philadelphia.

Fuller, W.A., and Rao, J.N.K. (2001). A Regression Composite Estimator with Application to the Canadian Labour Force Survey. *Survey Methodology*, 27, 45-51.

Gambino, J., Kennedy, B. and Singh, M.P. (2001). Regression Composite Estimation for the Canadian Labour Force Survey: Evaluation and Implementation. *Survey Methodology*, 27, 65-74.

Hansen M. H., Hurwitz W. N., Madow W. G. (1953a). *Sample Survey Methods and Theory*, Volume I. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Hansen S., Benson G., Bowers A., Pennell B., Lin Y., Duffey B., Hu M., Hibben K. (2016). *Cross-cultural survey guidelines*. Tech. rep., Institute for Survey Research, University of Michigan

Horvitz, D. G.; Thompson, D. J. (1952) "A generalization of sampling without replacement from a finite universe", *Journal of the American Statistical Association*, 47, 663-685,

International Labor Office: Global employment trends for youth: 2011 update. International Labor Office, Geneva (2011)

Kalton, Graham & Flores Cervantes, Ismael. (2003). Weighting Methods.

Kish, L (1965) Survey sampling. New york: Wiley

Lemaître, G., and Dufour, J. (1987). An integrated method for weighting persons and families. Survey Methodology, 13, 199-207.

Lohr S. L. (1999). Sampling: Design and Analysis. Duxbury Press, Pacific Grove, CA.

Lumley, T. (2010). Complex Surveys. John Wiley & Sons, Inc., New York

Lumley, T. (2017) "survey: analysis of complex survey samples". R package version 3.32

Methodology of the Canadian Labour Force Survey (2017). Labour Statistics Division, Statistics Canada

OIT (2013) Informe de la Conferencia. 19ª Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo.

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA
URL <http://www.rstudio.com/>.

Rao J. N. K., Wu C. F. J. (1988). Resampling inference with complex survey data. Journal of the American Statistical Association 83:231-241.

Rao, J.N.K., Wu, C.F.J. and Yue, K. (1992). Some Recent Work on Resampling Methods for Complex Surveys. Survey Methodology, 18, 209-217.

Rao, J.N.K (2003). Small area estimation. New York: Willey

Rust K. F. (1985). Variance estimation for complex estimators in sample surveys. *Journal of Official Statistics* 1:381–397.

Sarndal C., Swensson B., Wretman J. (1992). *Model Assisted Survey Sampling*. Springer, New York.

Sarndal C. (2007). The calibration approach in survey theory and practice. *Survey Methodology* 33(2):99–119.

Singh, A.C., Kennedy, B., and Wu, S. (2001). Regression composite estimation for the Canadian Labour Force Survey with a rotating panel design. *Survey Methodology*, 27, 33-44.

Valliant, R., Dever, J.A., Kreuter, F. (2018) *Practical Tools for Designing and Weighting Survey Samples*. New York: Springer-Verlag