

DISEÑO MUESTRAL

Muestreo para ambos grados

El diseño muestral definido se enfocó en la representatividad de los estudiantes de tercer y sexto grado de educación primaria a nivel nacional. Se implementó una sola muestra general que incluye tanto a los estudiantes de tercero como a los de sexto grado. Esta decisión se tomó debido a que la correlación del número de estudiantes de tercero y sexto en cada escuela es extremadamente alta ($r=0,95$). Esto implica que las probabilidades de selección y las ponderaciones posteriores son prácticamente iguales entre la estrategia de generar una sola muestra o dos muestras separadas por grado. Es decir, no hay sesgos significativos en tomar una muestra que sirva para ambos grados o en tomar dos muestras separadas.

Sin embargo, con una sola muestra los errores de muestreo tienen alguna dependencia entre grados. Suponiendo que haya una correlación positiva entre los logros en tercero y sexto grado, un resultado elevado en tercer grado *por error de muestreo* corresponde a un resultado elevado en sexto. Se supone que los errores de muestreo serán pequeños y la consecuencia de correlación de error de muestreo entre grados no será importante.

El costo de levantamiento de datos es menor con una sola muestra. Esto ofrece la posibilidad de reducir costos, pero también de aumentar el tamaño de la muestra (número de escuelas) en ambos grados.

Estratificación general

Se implementó un diseño muestral con selección aleatoria sistemática dentro de estratos previamente definidos, de acuerdo al tamaño de las escuelas¹ y con sub estratificación por contexto y categoría de las escuelas. Los estratos definidos por tamaño de las escuelas fueron:

¹ La estratificación por tamaño de las escuelas permite hacer más homogéneas las probabilidades de selección y variar el método de muestreo de acuerdo al tamaño de las escuelas y el número de grupos a su interior.

- a) escuelas pequeñas (hasta 19 estudiantes como total entre ambos grados);
- b) escuelas con 20 o más estudiantes entre los dos grados y no más de un grupo por grado;
- c) escuelas con 20 o más estudiantes entre los dos grados y con dos grupos en uno o dos de los grados, pero no más de dos grupos en ningún grado; y
- d) escuelas con 20 o más estudiantes entre los dos grados y con tres o más grupos en uno o dos de los grados.

Es una muestra con selección trietápica: 1) se seleccionan escuelas de manera aleatoria dentro de los estratos, 2) se seleccionan grupos dentro de las escuelas y 3) se seleccionan todos los estudiantes de los grupos escogidos. Los criterios de selección del segundo paso (selección de grupos dentro de las escuelas) variaron según el estrato:

- para el estrato a) se seleccionaron todos los estudiantes de tercer y sexto grado de la escuela;
- para los estratos b) y c) se seleccionaron todos los grupos de tercer y sexto grado de la escuela; y
- para el estrato d) se seleccionaron, mediante muestreo aleatorio simple, dos grupos de cada grado.

Sub estratificación

En cada estrato general el muestreo de escuelas se hace con probabilidad proporcional al tamaño. Además de esto, se realiza un sub estratificación implícita por el contexto socioeconómico y cultural y la categoría de la escuela. Las definiciones de los sub estratos varían de acuerdo con los contextos y categorías que se observan.

Para el estrato de escuelas pequeñas (a) se definen 8 sub estratos. La gran mayoría de las escuelas son rurales y sus sub estratos se definen por contexto social: quintiles 1, 2, 3, 4 y 5. Además de estas, hay varias escuelas privadas pequeñas, algunas escuelas urbanas y unas pocas escuelas sin datos de contexto (otro).

- Otro
- Privado
- Rural quintil 1
- Rural quintil 2
- Rural quintil 3
- Rural quintil 4
- Rural quintil 5
- Urbano

Para las escuelas más grandes (b, c, d) se definen hasta 20 sub estratos: otros (los casos sin información de contexto y categoría), escuelas privadas, rurales y 16 sub estratos de escuelas urbanas dividiéndolas primero por contexto social (quintiles 1, 2, 3, 4 y 5) y dentro del quintil por categoría. En la siguiente lista el dígito refiere al quintil de contexto y la letra que sigue es la primera letra de la categoría.

- Otro
- Privado
- Rural
- Urbano1A (aprender)
- Urbano1T (tiempo completo y extendido)
- Urbano2A
- Urbano2P (práctica y habilitada de práctica)
- Urbano2T
- Urbano2U (urbana común)
- Urbano3A
- Urbano3P
- Urbano3T
- Urbano3U
- Urbano4P
- Urbano4T
- Urbano4U
- Urbano5P
- Urbano5T
- Urbano5U

Selección aleatoria sistemática

Al combinar los objetivos del muestreo con probabilidades proporcional a tamaño y la estratificación general y por sub estratos, el procedimiento para selección de escuelas es muestreo sistemático con arranque aleatorio. Las etapas son las siguientes:

- a) En cada estrato general (a-d) se ordena la lista de escuelas por sub estrato.
- b) Dentro del sub estrato se hace una aleatorización de orden.
- c) En la lista aparece el número de estudiantes, sumando tercero y sexto. Este es el criterio para selección con probabilidad proporcional al tamaño. Los números se acumulan generando intervalos más grandes para los centros más numerosos.
- d) Como se explicará más adelante, por cada estrato general está fijada una cuota muestral, o sea, el número de escuelas a seleccionar. Se divide el número de estudiantes total (el último número en la acumulación) por esta

cuota. Esto da un intervalo de selección. Se toma un número al azar en el intervalo que será el arranque aleatorio, la escuela cuyo intervalo contenga al arranque será la primera selección de escuela dentro del estrato. Para las siguientes selecciones simplemente se agrega el valor del intervalo al arranque y se comparan los resultados sucesivos con las acumulaciones de la lista.

e) Este proceso está implementado por el programa "ppss" en el paquete "pps" de R.

Análisis de los efectos de diseño

La determinación de las cuotas, es decir, los números de escuelas a tomar de cada estrato, tiene que hacerse en forma heurística porque intervienen diferentes criterios de precisión, costos y dependencias con características de la población que solo pueden estimarse o suponerse.

La precisión de los resultados depende en los tamaños de las muestras de estudiantes, grupos y escuelas, y estos corresponden a componentes distintas de variación. No es cierto que las variaciones a cualquier nivel o entre estratos sean homogéneas.

A partir de los datos del piloto se hizo una serie de análisis jerárquicos (HLM, Hierarchical Linear Modelling). La variable dependiente es la habilidad calculada en el piloto para cada prueba (θ) y la covariable es el índice de contexto socioeconómico y cultural calculado para el estudio piloto (ESCS). Hay análisis separados por LEN1, LEN2 y más, MAT1, MAT2 y más, correspondientes al θ de lectura, θ de matemática y a la presencia de 1 grupo o de 2 y más grupos por escuela. En cada caso hay un análisis de 2 o 3 niveles de θ , un análisis de θ con la covariable ESCS a nivel 1 y un análisis de θ con la covariable ESCS a nivel 1, 2 y 3.

El propósito de los análisis HLM es el de estimar el efecto del diseño de muestreo, que se define como el error de muestreo del diseño determinado, con estratificaciones y conglomeraciones, dividido por el error de muestreo de una muestra aleatoria simple del mismo tamaño total. La fórmula para calcular el efecto de diseño es: $DEF = 1 + ICC(n-1)$ donde ICC es el coeficiente de correlación intraclase y n es el tamaño de los conglomeraciones. Esto depende de tres factores:

- i) Los tamaños de las conglomeraciones (grupos, escuelas) utilizados en la muestra.
- ii) La correlación intraclase de la variable a estudiar (ICC) se determina como el cociente entre la varianza entre conglomeraciones (σ_p) y la varianza total ($\sigma_p + \sigma_e$), donde σ_e es la varianza dentro de los conglomerados.
- iii) El efecto que tiene la estratificación de reducir la variación efectiva entre conglomeraciones, o sea, de reducir la correlación intraclase.

En cuanto al primer factor, el tamaño de conglomeración varía entre los estratos generales.

Los promedios son:

- a) Escuelas pequeñas: 5 estudiantes.
- b) Escuelas más grandes con un grupo: 20 estudiantes.
- c) Escuelas de dos grupos: 43 estudiantes.
- d) Escuelas de tres y más grupos: 66 alumnos, para una selección de 44.

En cuanto al coeficiente de correlación intraclase, se puede referir al análisis HLM. Si se trata del theta por sí mismo, el coeficiente es 0,262 en LEN1, 0,251 en MAT1, 0,213 en LEN2 y más, y 0,262 en MAT2 y más.

Se considera que la introducción de la covariable ESCS aproxima la reducción de varianza entre escuelas. En este caso, los coeficientes para selección de escuelas vienen del ICC para escuela: 0,041 en LEN1, 0,064 en MAT1, 0,031 en LEN2 y más, y 0,043 en MAT2 y más. En el caso de escuelas con tres o más grupos, donde existe muestreo de dos grupos, es necesario sumar la mitad del efecto de grupo, esto da: 0,43 en LEN y 0,055 en MAT (esta reducción sustancial en varianza a nivel de escuela se debe a la fuerte correlación entre ESCS y theta, que es consistente con los resultados publicados en años pasados sobre diferencias por quintil sociocultural; no aparecen efectos grandes del grupo).

Combinando estas estimaciones, se tiene:

- a) Escuelas pequeñas. DEF = 1,16 para LEN, 1,25 para MAT.
- b) Escuelas más grandes con un grupo. DEF=1,58 para LEN, 1,82 para MAT.
- c) Escuelas de dos grupos. DEF= 2,30 para LEN, 2,80 para MAT.
- d) Escuelas de tres y más grupos. DEF= 2,83 para LEN, 3,34 para MAT.

Ponderaciones por estrato general

Con una muestra aleatoria simple de N observaciones, la precisión de X es igual a $\text{Var}(X)/n$. Suponiendo que en los estratos generales se tienen muestras de $n_1, n_2, n_3,$ y n_4 , y que la varianza de X es homogénea entre estratos, los tamaños de las poblaciones son $N_1, N_2, N_3,$ y N_4 con un total de N. Para obtener una estimación de la media de la población total se deben aplicar pesos a las medias estimadas de los estratos, y estos afectan el error de muestreo del total.

$$\bar{x} = \frac{N_1}{N} \bar{x}_1 + \frac{N_2}{N} \bar{x}_2 + \frac{N_3}{N} \bar{x}_3 + \frac{N_4}{N} \bar{x}_4$$
$$v(\bar{x}) = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2 \frac{v(x)}{n_i}$$

Cuotas por los estratos generales

En el cuadro A.1 se presenta un análisis de los requerimientos de muestreo para determinar las cuotas de muestreo considerando una muestra efectiva de 2.500 alumnos.

CUADRO A.1

REQUERIMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE CUOTAS

CÁLCULO		ESTRATO GENERAL				TOTAL	
		A.	B.	C.	D.		
a	Ni E3	2.568	9.602	19.130	17.509	48.809	
b	Ni E6	2.659	9.654	18.822	17.266	48.401	
c	Ni E3+E6	5.227	19.256	37.952	34.775	97.210	
d	Wi	0,0538	0,1981	0,3904	0,3577	1,0000	
e	DEF Len	1,160	1,580	2,300	2,830		
f	DEF Mat	1,250	1,820	2,800	3,340		
g	DEF promedio	1,205	1,700	2,550	3,085		
h	Estudiantes /escuela	5	20	44	44		
Muestra efectiva							
Muestra	i	2.500	134	495	976	894	2.499
	j		161	842	2.489	2.758	6.250
	k		32	42	57	63	194

i = submuestras efectivas; j = submuestras reales; k = número de escuelas.

Se supone que corresponde a cada uno de los grados, tercero o sexto, y que implica una precisión en términos de muestreo aleatorio simple. Los cálculos son:

- a) número de estudiantes en tercer grado, por estrato general;
- b) número de estudiantes en sexto grado, por estrato general;
- c) número de estudiantes en tercero sumado con el número de sexto;
- d) proporción de estudiantes (tercero + sexto) que pertenece a cada estrato (peso);
- e) efecto de diseño en lectura, por estrato;
- f) efecto de diseño en matemática, por estrato;
- g) efecto de diseño, promedio entre lectura y matemática;
- h) número aproximado de estudiantes a seleccionarse de cada escuela;
- i) (por caso) tamaño efectivo de la muestra total de estudiantes, y tamaño por estrato, multiplicando el total por los pesos de los estratos en la población;
- j) (por caso) tamaño requerido de la muestra de estudiantes, multiplicando los tamaños efectivos por estrato por los efectos de diseño; y
- k) (por caso) número de escuelas a seleccionar, dividiendo el tamaño requerido por el número aproximado de estudiantes por escuela.

Expansión del estrato tiempo completo

Para facilitar el análisis del grupo de escuelas de categoría tiempo completo se diseñó un método para ampliar la muestra de ellas. En la población hay 204 escuelas de tiempo completo. En la muestra original aparecen 23 escuelas de tiempo completo. Esta muestra se expandió hasta 80 escuelas de tiempo completo, seleccionadas con probabilidad proporcional al tamaño. La muestra completa de escuelas de tiempo completo puede analizarse por separado. También puede incorporarse en el análisis de la población, reduciéndose los pesos para que corresponda a la proporción original de la población.

Determinación de las ponderaciones

Dentro de cada estrato general (E361a19, E3620ymasG1, E3620ymasG2, E3620ymasG3ymas) el muestreo está hecho con probabilidades proporcionales al tamaño. En el análisis posterior de datos esto implica que la estimación correcta de la media del estrato por cualquier variable es la media de las medias de las unidades, es decir, las escuelas. En este sentido, el peso por cada escuela es simplemente "1". Posteriormente, cuando tienen datos de estudiantes en cada escuela (y a la vez se sabe el número de estudiantes) se puede trabajar con medias de escuela o se puede proporcionar el peso entre los estudiantes.

Ajuste por tamaños de muestra de los estratos generales

Hay pesos que tienen que aplicarse entre los estratos generales, porque las cuotas por estrato fueron determinadas por tamaños de muestra efectivos y existen diferencias en los métodos de selección y los efectos de diseño. Se toma como base el tamaño de la muestra, que es 194. Los pesos por escuela seleccionada en cada estrato deben ajustarse por arriba o por abajo hasta que las sumas de pesos sean proporcionales a los tamaños de las poblaciones TotE3+TotE6. Estos pesos ajustados son 0,323, 0,955, 1,295 y 1,102.

Ajuste correspondiente al sobremuestreo de escuelas tiempo completo

Las sobremuestras también se hicieron con probabilidades proporcionales al tamaño y, por lo tanto, implican estimaciones por promedio de promedios. Para incorporar estas escuelas en la muestra total hay una reducción del peso por un factor de (número de escuelas de tiempo completo en la muestra original) / (número de escuelas de tiempo completo en la original y la suplementaria). Esto se aplica a todas las escuelas de tiempo completo, originales y suplementarias.

ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA MUESTRAL DE LAS ESTIMACIONES

Dado el tipo de muestreo complejo, se necesita aplicar metodologías de replicaciones para la estimación de la varianza muestral de cada una de las estimaciones que se realicen.

Para estimar la varianza muestral en las estimaciones se utilizó una metodología llamada estimador de varianza de réplicas repetidas balanceadas (BRR, por sus siglas en inglés). En particular, se utilizó una variante de este procedimiento conocido como el método de Fay, el cual es utilizado en las evaluaciones de PISA. La versión que se construyó para Aristas sigue paso a paso la metodología propuesta por PISA (OCDE, 2015: 123-125).

La metodología consiste en los siguientes pasos:

- Se agrupan a las escuelas de la muestra en pares tomando como base a los estratos y los sub estratos. En el caso de que el número de escuelas en el estrato sea impar, se forma una triplete con los últimos tres centros.
- Cada par de escuelas es numerada de forma secuencial, de 1 a H; en la literatura se refieren también a estos pares como estratos de varianza, zonas o pseudo estratos.
- El diseño que se aplicó para sacar la muestra garantiza en gran medida que cada pseudo estrato contiene escuelas similares a nivel de estrato y sub estrato.
- Se calcula un conjunto de 160 pesos repetidos de la siguiente forma:
 - Dentro de cada pseudo estrato se sortea de forma aleatoria una escuela, a los pesos de los estudiantes de ese centro se los multiplica por 1,5, mientras que a los pesos de los estudiantes del otro centro se los multiplica por 0,5.
 - En el caso de que el pseudo estrato sea una triplete, a los pesos de los estudiantes de la escuela sorteada se los multiplica por 1,7071, mientras que a los pesos de los estudiantes de los dos centros restantes se los multiplica por 0,6464.
 - Los dos pasos anteriores se repiten 160 veces. Se simularon varios escenarios para ver la estabilidad del estimador de la varianza: con 160 réplicas el estimador ya se estabiliza.
 - El estimador de la varianza del estimador X^* se calcula de la siguiente forma:

$$VBRR = \frac{1}{K(1-c)^2} \sum_{t=1}^{t=K} (X_t^* - X^*)^2$$

donde c es la corrección de Fay (1,5 en nuestro caso), K es el número de réplicas y X_t^* es el estimador aplicando el peso repetido t .

Extraído de: [Anexos Aristas 2017. Informe de resultados de tercero y sexto de Educación Primaria](#)

Fecha de actualización: **30 de octubre de 2018**