



9

Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes

Neus Canal Díaz



9.1. Introducción

Las técnicas de muestreo son un conjunto de técnicas estadísticas que estudian la forma de seleccionar una muestra representativa de la población, es decir, que represente lo más fielmente posible a la población a la que se pretende extrapolar o inferir los resultados de la investigación, asumiendo un error medible y determinado.

Cuando queremos estudiar alguna característica de una población para obtener el máximo de información veraz, se nos plantea un problema relacionado con la elección de los individuos. Puesto que no podemos estudiar a toda la población por varias razones (proceso largo y coste elevado, entre otros), debemos elegir estudiar una muestra que sea representativa y que nos permita extrapolar los resultados que obtengamos a la población de referencia. Sin embargo, debemos considerar que el empleo de técnicas de muestreo implica una serie de ventajas y limitaciones.

Entre las ventajas se incluyen una mayor eficiencia en términos económicos y mayor rapidez de obtención de resultados. Por ejemplo, si para realizar nuestro

121





estudio necesitamos una muestra de 'x' pacientes, considerando que ésta sea representativa de la población de estudio, y recogemos información acerca de 'x + 100', estamos derrochando más dinero y tiempo del necesario. Si empleamos sólo el tamaño muestral necesario, seleccionando la muestra de manera que represente lo más fielmente posible a la población, podremos obtener también mayor validez, puesto que el tiempo y dinero ahorrados se podrán emplear en recoger la información o variables del estudio con mayor precisión y fiabilidad, implicando una mayor validez interna final del estudio. Por otra parte, entre las limitaciones de las técnicas de muestreo se incluyen los errores que se pueden cometer, como son el error aleatorio y el error sistemático o sesgo, de los que hablaremos en este mismo capítulo.

9.2. Técnicas de muestreo

Como ya hemos mencionado, para que las conclusiones obtenidas a partir de una muestra sean válidas para una población, la muestra debe haberse seleccionado de forma que sea representativa de la población a la que se pretende aplicar la conclusión. Sin embargo, no existe un método de muestreo que garantice plenamente que una muestra sea representativa de la población que sometemos a estudio.

La mejor forma de asegurar la validez de las inferencias es seleccionar la muestra mediante una técnica aleatoria. A este tipo de muestreo se le denomina **muestreo probabilístico** y puede definirse como aquel en que todos los individuos de la población tienen una probabilidad de entrar a formar parte de la muestra (normalmente equiprobable, es decir, con la misma probabilidad).

Los diseños en que interviene el azar producen muestras representativas la mayoría de las veces, aunque no garantizan la representatividad de la población que sometemos a estudio. Aunque en muchos estudios no es posible obtenerla rigurosamente de esta forma, es importante seleccionarla intentando que sea lo más parecida posible a la población de interés. En este caso, el **muestreo no probabilístico** utiliza métodos en que no interviene el azar y por lo tanto, se desconoce la probabilidad asociada a cada individuo para formar parte de la muestra. Normalmente estos métodos se utilizan en estudios exploratorios o intencionales, en los cuales no es necesario proyectar los resultados. El inconveniente de este método es que no puede asegurarse la representatividad de la muestra.





9.3. Clasificación de los tipos de muestreo probabilístico

Como acabamos de explicar, el muestreo probabilístico es el que todos los individuos de la población a estudiar tienen una probabilidad conocida asociada al hecho de entrar en el estudio. Entre los métodos de muestreo probabilísticos más utilizados en investigación encontramos los siguientes: Muestreo aleatorio simple, estratificado, sistemático y muestreo en etapas múltiples. A continuación se describen las características de cada uno de los sistemas de muestreo.

9.3.1. Muestreo aleatorio simple

Se caracteriza porque cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser escogido para formar parte de la muestra. Una vez censado el marco de la población, se asigna un número a cada individuo o elemento y se elige aleatoriamente. La aleatorización puede realizarse mediante listas de números aleatorios generados por ordenador, aplicándolas para escoger de la población los individuos o sujetos que coincidan con los números obtenidos.

Este tipo de muestreo se caracteriza por su simplicidad y fácil comprensión, aunque también posee algunas limitaciones, ya que no siempre es posible disponer de un listado de todos los individuos que componen la población, generalmente cuando son poblaciones grandes. Si se seleccionan muestras pequeñas mediante este método pueden aparecer errores aleatorios, no representando la muestra adecuadamente a la población. Un ejemplo de muestreo aleatorio simple sería la elección de los individuos a través de la elección realizada totalmente al azar de un cierto número de DNI.

9.3.2. Muestreo estratificado

En este tipo de muestreo la población de estudio se divide en subgrupos o estratos, escogiendo posteriormente una muestra al azar de cada estrato. Esta división suele realizarse según una característica que pueda influir sobre los resultados del estudio. Por ejemplo, en el caso de seleccionar una muestra para evaluar la altura, dada la heterogeneidad entre hombres y mujeres, la variable de género podría ser una variable de estratificación. Si la estratificación se realiza respecto un carácter se denomina muestreo estratificado simple, y si se realiza respecto dos o más características se denomina muestreo estratificado compuesto.

Si tenemos constancia o suponemos a priori que la población de estudio presenta variabilidad de respuesta con respecto a alguna característica propia, deberemos tener en cuenta este tipo de muestreo, dado que se producen esti-





maciones más precisas cuanto más homogéneos sean los elementos del estrato y más heterogeneidad exista entre estratos. Así pues, entre las ventajas de este tipo de muestreo es que tiende a asegurar que la muestra represente adecuadamente a la población en función de la variable de estratificación seleccionada, sin embargo, debe conocerse la distribución de la población en las variables de estratificación, clara desventaja de este muestreo.

Para obtener la muestra en cada uno de los estratos pueden aplicarse diferentes fracciones de muestreo, pudiendo ser proporcional al tamaño en relación a la población, es decir, la distribución se realiza de acuerdo con el peso o tamaño de la población de cada estrato. Por ejemplo, si de los 5 millones de hipertensos españoles hay un 35% de pacientes que fuman, podemos estratificar de manera que en nuestra muestra queden representados al igual que en el total de la población, la misma proporción de hipertensos fumadores (35%) y de no fumadores (65%).

9.3.3. Muestreo sistemático

El muestreo sistemático es muy similar al muestreo aleatorio simple. La diferencia se obtiene en que en este tipo de muestreo se divide el total de la población de estudio entre el tamaño de la muestra, obteniendo una constante de muestreo (k). La primera unidad que formará parte de la muestra debe estar entre 1 y k y se elige al azar; a partir de esta unidad se van seleccionando sistemáticamente uno de los k individuos siguiendo un orden determinado. Por ejemplo, si obtenemos un valor de $k=10$ y seleccionamos al azar el número 6, deberíamos elegir todas las historias clínicas que finalizaran en «6»: «006», «016», «026» ... Es un método de muestreo muy sencillo de realizar y que cuando la población esta ordenada siguiendo una tendencia conocida, asegura una cobertura de unidades de todos los tipos. La principal limitación es que si la constante se asocia al fenómeno de interés puede cometerse un sesgo.

9.3.4. Muestreo en etapas múltiples

Consiste en empezar a muestrear por algo que no constituye el objeto de la investigación (unidades primarias), y obtener una muestra dentro de cada una de ellas (unidades secundarias). Pueden utilizarse sucesivamente tantas etapas como sean necesarias, y en cada una de ellas, una técnica de muestreo diferente. Este método de muestreo se utiliza cuando la población de referencia es muy amplia y dispersa, ya que facilita la realización del estudio. Principalmente, el muestreo en etapas múltiples se utiliza en estudios multicéntricos, donde debemos elegir





primero los hospitales y después de haberlos seleccionado, realizamos el muestreo de pacientes dentro del mismo.

9.3.5. Ventajas y desventajas de los distintos muestreos probabilísticos

Como ya hemos mencionado anteriormente, los diferentes métodos para captar a los sujetos a constituir la muestra, presentan una serie de ventajas y desventajas, que mostramos en resumen en la Tabla 3:

Método de Muestreo	Ventajas	Desventajas
Muestreo aleatorio simple	Sencillo y fácil comprensión. Cálculo rápido de medianas y varianzas.	En muestras pequeñas, puede no representar adecuadamente a la población.
Muestreo estratificado	Tiende a asegurar la representatividad de la población para las variables de estratificación. Estimaciones más precisas. Pueden aplicarse diferentes fracciones de muestreo dentro de cada estrato.	Debe conocerse la distribución en la población de las variables de estratificación.
Muestreo sistemático	De fácil aplicación. Si la población está ordenada asegura una cobertura de las unidades de todos los tipos.	Requiere un listado completo de la población. Si la constante de muestreo está relacionada al fenómeno de interés pueden encontrarse estimaciones sesgadas.
Muestreo en etapas múltiples	Resulta eficiente en muestras grandes y dispersas. No es necesario un listado de toda la población.	El error estándar es superior al cometido en el muestreo aleatorio simple o estratificado. El cálculo del error estándar es complicado.

Tabla 3. Métodos de muestreo. Ventajas e inconvenientes

9.4. Clasificación de los tipos de muestreo no probabilístico

Los procedimientos no probabilísticos son aquellos en los que no conocemos la probabilidad de que un elemento de la población pase a formar parte de





la muestra ya que la selección de los elementos muestrales dependen en gran medida del criterio o juicio del investigador. La muestra, en este caso, se selecciona mediante procedimientos no aleatorios. Los métodos anteriores (probabilísticos) no son mejores que los no probabilísticos sino que simplemente nos permiten calcular el error muestral que se está cometiendo. Los tipos de muestreo no probabilístico son: muestreo de conveniencia, muestreo discrecional y muestreo por cuotas, de los que pasaremos a explicar brevemente:

- o **Muestreo de conveniencia.**

El investigador decide qué individuos de la población pasan a formar parte de la muestra en función de la disponibilidad de los mismos (proximidad con el investigador, amistad, etc.).

- o **Muestreo discrecional.**

La selección de los individuos de la muestra es realizada por un experto que indica al investigador qué individuos de la población son los que más pueden contribuir al estudio. Este muestreo es adecuado si dentro de la población que queremos estudiar, existen individuos que no queremos que se nos escapen por utilizar un método totalmente aleatorio o de conveniencia.

- o **Muestreo por cuotas.**

Si se conocen las características de la población a estudiar, se elegirán los individuos respetando siempre ciertas cuotas por edad, género, zona de residencia, entre otras que habrán sido prefijadas.

9.5. Cálculo del tamaño muestral

Para determinar el tamaño muestral necesario para que los resultados de un estudio sean extrapolables a toda la población se deben considerar diferentes situaciones, en función del objetivo de nuestro estudio: determinación de parámetros y contraste de hipótesis.

En la determinación de parámetros nuestro objetivo será determinar mediante una muestra valores de nuestra población de interés, por ejemplo, determinar la proporción de pacientes con insuficiencia renal aguda; mientras que en el contraste de hipótesis nuestro objetivo estará encaminado a evaluar el resultado obtenido en nuestra muestra con respecto a hipótesis previas establecidas, por ejemplo, si la respuesta de un tratamiento nuevo es igual a la asociada a un tratamiento ya conocido. Veamos dos de las situaciones más comunes en el cálculo del tamaño muestral.





9.5.1. Determinación de parámetros

Supongamos que se desea hacer inferencia sobre un valor de la población como puede ser una proporción (por ejemplo: la prevalencia de diabetes en la población) o una media (ejemplo: la media de colesterol en la población).

o Para estimar una proporción

Para estimar una proporción debemos tener una idea aproximada del parámetro que queremos medir. Se puede obtener a partir de estudios pilotos o una revisión de la literatura. Generalmente, ante la imposibilidad de disponer de información de referencia se utiliza el valor de 0,5 (50%), proporción con la que se obtiene el tamaño muestral máximo necesario (llamado el criterio de la máxima indeterminación). Cuando queremos estimar una proporción, debemos elegir la precisión (e) que se quiere obtener para determinar el parámetro que queremos medir, de manera que ésta sea la oscilación mínima del valor a estimar, o lo que es lo mismo, decir su intervalo de confianza. El tamaño muestral necesario para la estimación de una proporción se obtendría como:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2}$$

$1-\alpha$: nivel de confianza deseado.

Z_{α} : valor de la distribución normal para el nivel de confianza $1-\alpha$.

p : proporción esperada ($q=1-p$).

e : precisión deseada.

Cuanto mayor es la precisión deseada, mayor es el tamaño muestral necesario para la estimación del parámetro. En el caso que la población que se desea estudiar sea finita y con un tamaño conocido (N) se utiliza la fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Veamos un ejemplo. Pretendemos estudiar la prevalencia de Diabetes Mellitus 2 y no conocemos el valor aproximado de la proporción de diabéticos en la población. Considerando un nivel de confianza al 95% y una precisión deseada del 6%, la muestra necesaria para nuestro objetivo sería de:

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,06^2} = 267$$





Si la población de la que pretendemos estudiar la prevalencia de DM en una cierta ciudad, donde viven 20000 habitantes (población finita), con el mismo nivel de confianza y precisión deseados que en el ejemplo anterior, necesitaríamos una muestra de:

$$n = \frac{20000 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,06^2 * (20000 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 264$$

Para poblaciones con un número de individuos elevado no es necesario disponer del total de la población, puesto que ambas fórmulas proporcionan el mismo tamaño muestral.

o **Para estimar una media**

En el caso de la estimación de una media, como puede ser el media del colesterol, se debe tener una idea de la varianza (S^2) de la distribución de la variable. Para la estimación de una media se calcula el tamaño muestral como:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times S^2}{e^2}$$

$1-\alpha$: nivel de confianza deseado.

Z_{α} : valor de la distribución normal para el nivel de confianza $1-\alpha$.

S: desviación estándar estimada.

e: precisión deseada.

Como en el caso anterior, el cálculo de la muestra en el caso de poblaciones finitas debe calcularse a partir de una nueva fórmula, aunque para poblaciones elevadas proporcionan también el mismo tamaño muestral.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * S^2}{e^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * S^2}$$

9.5.2. Contraste de hipótesis

En el caso de analizar la muestra mediante un contraste de hipótesis, se precisa conocer la magnitud de la diferencia a detectar, que tenga interés clínicamente relevante (se pueden comparar dos proporciones o dos medias), una idea aproximada de los parámetros de la variable que se quiere estudiar, el nivel de significación (riesgo de cometer un error tipo I), el poder estadístico ($1 -$ el riesgo de cometer un error tipo II) y la dirección de la hipótesis alternativa (unilateral o bilateral). Estos términos se verán explicados en el capítulo 10. Pruebas de contraste de hipótesis. Estimación puntual y por intervalos.

Veamos un ejemplo para la comparación de dos proporciones. Se pretende evaluar un nuevo tratamiento para el alivio del dolor. Sabemos por datos previos





que la eficacia del tratamiento habitual está alrededor del 70% y se considerará el nuevo fármaco clínicamente relevante si alivia el dolor en un 90%. Fijamos el riesgo en 0,05 y deseamos un poder estadístico del 80%:

$$n = \frac{[Z_{\alpha} * \sqrt{2p(1-p)} + Z_{\beta} * \sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)}]^2}{(p_1 - p_2)^2} = \frac{[1,645 * \sqrt{2 * 0,8(0,2)} + 0,842 * \sqrt{0,7(0,3) + 0,9(0,1)}]^2}{(0,7 - 0,9)^2} = 48$$

p_1 : valor de la proporción en el grupo de referencia

p_2 : valor de la proporción en el grupo del nuevo tratamiento

p : media de las dos proporciones p_1 y p_2

9.6. Estimación de una población a partir de una muestra. Intervalos de confianza

El hecho de trabajar con muestras introduce una fuente de variación en los resultados. Por ejemplo, seleccionamos una muestra representativa de 100 individuos, a partir de la cual se observa una media de edad y una desviación estándar (DE). Al repetir dicha experiencia en una nueva muestra de 100 individuos el resultado probablemente no sería idéntico al obtenido en la primera muestra, aunque no debería ser muy diferente. Lo mismo pasaría por cada muestra aleatoria de 100 individuos obtenida de la población. La media de la distribución de medias muestrales es la media poblacional (μ) y su desviación estándar (conocida como error estándar de la media EEM) tiene el valor S/\sqrt{n} (S desviación estándar de la muestra y n número de individuos de la muestra). No debe confundirse el significado del EEM con el de DE. La DE corresponde a la desviación estándar de la distribución de los valores individuales observados en los sujetos de la muestra, mientras que EEM es una medida de dispersión de la distribución de las medias muestrales.

Como hemos visto con el Teorema Central del Límite y mediante los valores asociados a la distribución normal estandarizada Z , aplicando las propiedades de la distribución Normal a la distribución de medias muestrales, puede decirse que el intervalo de $1,96 \times$ EEM alrededor de la media poblacional incluye el 95% de las medias obtenidas en muestras del mismo tamaño. Dado que los valores poblacionales μ y σ son desconocidos, puede decirse que la media poblacional tiene aproximadamente un 95% de probabilidades de encontrarse entre los límites de $1,96 \times$ EEM alrededor de la media observada. Estos intervalos se les denominan intervalos de confianza (IC) del 95%. La amplitud del intervalo será menor en cuanto mayor sea el tamaño de la muestra.

El intervalo de confianza para una media se obtendría como $X \pm Z_{\alpha} \times EEM$ y





para una proporción como $p \pm Z_{\alpha} \times EEP$ siendo $EEP = \sqrt{\frac{p^*(1-p)}{n}}$

Por ejemplo, supongamos que entre los 264 sujetos estudiados encontramos un 11% de diabéticos. Para estimar el verdadero porcentaje de pacientes diabéticos, asumiendo que la muestra es representativa de la población, debemos calcular el IC. El IC del 95% tiene por límites 7,1% y 14,8%, encontrando el verdadero porcentaje de diabéticos en la población de estudio entre el estos valores, con el 95% de confianza.

9.7. Errores y sesgos más frecuentes

Al seleccionar una muestra pueden cometerse dos tipos de errores: los errores aleatorios y los errores sistemáticos o sesgos. El **error aleatorio** corresponde a la diferencia entre el resultado obtenido a partir de la muestra y la realidad de la población. Realmente, siempre existe una diferencia entre el resultado obtenido de una muestra y el resultado que deberíamos haber obtenido de la población y es debida a no estudiar la población completa. El error aleatorio se debe en mayor parte al azar y no afecta a la validez interna del resultado, pero puede disminuir la probabilidad de encontrar relación entre las variables estudiadas. Aunque el error aleatorio no puede eliminarse a no ser que, como acabamos de citar, estudiemos toda la población; aumentando el tamaño de la muestra y la precisión de las mediciones puede disminuirse dicho error.

Los **errores sistemáticos** o sesgos son los errores que se cometen en el procedimiento del estudio. Los sesgos no se modifican al aumentar el tamaño muestral. La definición de los distintos tipos de sesgos se limita a los errores relacionados con la validez interna de los estudios. La distinción entre los diferentes tipos de sesgos es a menudo difícil de realizar, sin embargo se pueden definir tres tipos según el origen, tal como se presentan a continuación: sesgos de selección, sesgos de información y sesgos de confusión.

9.7.1. Sesgos de selección

Se refiere a la distorsión en la estimación del efecto derivada de la forma en que se han seleccionado los sujetos de la muestra. La muestra no refleja adecuadamente a la población, es decir, que la variable medida es diferente entre los pacientes participantes en el estudio y los no participantes (edad, sexo, ...). Dentro de los sesgos de selección existen algunas modalidades: sesgo de autoselección, sesgo de Berkson (o de admisión), ...

La prevención y el control de los sesgos deben realizarse mediante un diseño





cuidadosamente planteado, se deben identificar todos los posibles orígenes de sesgos e intentar controlarlos. El sesgo de selección no suele ser controlable en la fase de análisis.

9.7.2. Sesgos de seguimiento

Se cometen cuando no se observan por igual a ambos grupos de estudio, o si se pierden más sujetos de un grupo que de otro (no ocurrido al azar) a lo largo del estudio.

9.7.3. Sesgos de información

Aparecen cuando existen diferencias sistemáticas en la manera en que los datos sobre la exposición o el efecto son obtenidos en los diferentes grupos de estudio. Un ejemplo claro, puede ser el sesgo de observación en ensayos clínicos, que se evita mediante las técnicas de enmascaramiento o de ciego. Otro ejemplo de sesgo de información sería el que se comete al medir una variable continua redondeando las cifras (presión arterial) o cuando los sujetos son clasificados de forma equivocada respecto a la exposición o el efecto (mentira acerca el consumo de alcohol).

Los sesgos de información son difíciles de predecir y de cuantificar. Éstos se pueden reducir con unas definiciones claras y precisas de exposición y efecto. En el caso de producirse se debe intentar identificar la dirección y la magnitud de la influencia que puedan producir.

9.7.4. Sesgos de confusión

Los distintos grupos de pacientes difieren sistemáticamente entre ellos en el momento de iniciar el estudio, en términos de otras variables o factores distintos a la propia intervención del estudio (factor de confusión). Se presenta cuando el efecto de la intervención de estudio se confunde con el efecto de uno o más factores de confusión (edad, nivel de estudios, ...). El objetivo de la asignación al azar de los tratamientos en los estudios experimentales es lograr la formación de grupos homogéneos en lo que se refiere a todas las características que puedan influir en desarrollar el evento.

Los sesgos de confusión pueden prevenirse mediante el muestreo estratificado, usando el factor de confusión como variable de estratificación. A diferencia de los otros tipos de sesgos, éstos pueden corregirse en la fase del análisis, realizando un análisis separadamente para los diferentes subgrupos en función de los





posibles factores de confusión o ajustando dichas diferencias en la comparación entre grupos.

9.8. Consideraciones importantes

La importancia de un buen diseño incluye también el tipo de muestreo, que debe garantizar la selección de una muestra representativa de la población de estudio. El tamaño muestral tiene una importancia determinante puesto que un tamaño de muestra insuficiente puede desvirtuar los resultados de un estudio y un tamaño de muestra excesivo requiere del uso de recursos innecesarios y la posible exposición de un grupo de pacientes a un determinado riesgo sin que esto sea necesario.

Sin embargo, el caso del sesgo es más complejo puesto que podemos solucionarlo si nos damos cuenta a tiempo. Si éste tiene lugar durante el diseño y funcionamiento del estudio y no puede ser eliminado, deberemos considerar que nuestra investigación no apunta hacia lo que queremos demostrar. Otras veces no se han tenido en cuenta factores que podían influir en la respuesta y, sin tiempo de reacción, los valores obtenidos contienen un sesgo imposible de eliminar.

Es recomendable anticiparse a los posibles sesgos, es decir, evaluar conscientemente el estudio en la fase de diseño para tener en cuenta el máximo de factores que permitan la correcta estimación de los parámetros.