



FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONÓMICAS  
Y DE ADMINISTRACIÓN



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE  
ADMINISTRACIÓN

TRABAJO FINAL DE GRADO

---

## metaSurvey

Paquete de R para el procesamiento de encuestas por muestreo con  
generación de recetas mediante metaprogramación y estimación de  
varianzas.

---

*Estudiante:*  
Mauro Loprete

*Tutora:*  
Dra. Natalia da Silva

Trabajo final de grado presentado como requisito para la obtención  
del título Licenciado en Estadística

“*Blabla*”

Pepito

# Resumen

## **metaSurvey**

por Mauro Loprete

El trabajo presenta *metaSurvey*, un paquete de R diseñado para mejorar el procesamiento de encuestas por muestreo y la estimación de parámetros poblacionales. Utiliza meta-programación y técnicas de remuestreo para ofrecer resultados precisos, evaluar la incertidumbre y fomentar la reproducibilidad. A diferencia de otras bibliotecas, *metaSurvey* combina flexibilidad mediante meta-programación con las capacidades de procesamiento de encuestas del paquete *survey*. Los objetivos incluyen proporcionar una herramienta útil, incorporar técnicas de remuestreo para usuarios no expertos, permitir la generación de ‘recetas’ personalizadas, y fomentar la contribución de la comunidad. Se destaca como alternativa a paquetes propietarios, enfocándose en la transparencia y reproducibilidad para mejorar la confiabilidad de las estimaciones poblacionales.



## *Agradecimientos*

Acá le voy a agradecer a alguien?



# Table of contents

<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Descripción del proyecto</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Marco conceptual</b>	<b>7</b>
2.1. Inferencia en muestreo de poblaciones finitas . . . . .	7
2.1.1. Diseño muestral . . . . .	7
2.1.2. Probabilidades de inclusión y estimador de Horvitz-Thompson	8
2.1.3. Ponderación y estimadores más comunes . . . . .	9
2.1.4. Medidas de incertidumbre y errores estándar . . . . .	10
2.2. Desarrollo de paquetes en R . . . . .	11
2.2.1. ¿Por qué desarrollar un paquete en R? . . . . .	11
2.2.2. Elementos básicos de un paquete en R . . . . .	11
2.3. Paradigmas de programación en R . . . . .	12
2.3.1. Programación funcional . . . . .	13
2.3.2. Programación orientada a objetos . . . . .	13
2.3.3. Meta-programación . . . . .	14
<b>3. «««&lt; HEAD</b>	<b>15</b>
3.1. Inferencia en muestreo de poblaciones finitas . . . . .	15
3.1.1. Ejemplo Diseño Simple con remplazo . . . . .	16
<b>4. Antecedentes</b>	<b>19</b>
<b>5. Metodología</b>	<b>21</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>23</b>
6.1. ECH . . . . .	23
6.2. EAIH . . . . .	24
6.3. EPH . . . . .	26
<b>7. Infraestructura</b>	<b>29</b>
<b>8. Resultados</b>	<b>31</b>
<b>Appendices</b>	<b>33</b>
<b>Apendice aburrido de muestreo</b>	<b>33</b>





# List of Figures



# List of Tables



# Abrebiación

<b>LAH</b>	<b>L</b> ist <b>A</b> bbreviations <b>H</b> ere
<b>WSF</b>	<b>W</b> hat (it) <b>S</b> tands <b>F</b> or



# Notación

$a$	distance	m
$P$	power	W (J s <sup>1</sup> )
$\omega$	angular frequency	rad





*Acá va la dedicatoria*



# Descripción del proyecto



## Capítulo 1

# Introducción

### Note

Este capítulo está en proceso de validación. Cualquier comentario es bienvenido

Este documento presenta el desarrollo del paquete *metaSurvey* disponible en R ([R Core Team, 2023](#)). El objetivo principal de *metaSurvey* es permitir al usuario construir indicadores de manera reproducible y transparente, otorgándole un control total sobre el proceso de transformación de los microdatos a indicadores.

A lo largo del documento, se abordan varios conceptos clave para el desarrollo del paquete, como la meta-programación, conceptos de inferencia en muestreo de poblaciones finitas, esquemas de trabajo para desarrollar paquetes en R, entre otros. Se presentarán ejemplos de cómo utilizar el paquete *metaSurvey* para construir indicadores de mercado laboral a partir de los microdatos de la Encuesta Continua de Hogares (**ECH**) del Instituto Nacional de Estadística de Uruguay (INE) y, para demostrar su flexibilidad, se incluirá un ejemplo con la Encuesta Permanente de Hogares (**EPH**) del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina (INDEC).

La motivación principal detrás del desarrollo de *metaSurvey* fue la necesidad de contar con un paquete que permitiera al usuario tener un control total y transparente sobre el proceso de transformación de los microdatos a indicadores. En general, los paquetes existentes en R para el análisis de encuestas por muestreo son muy sensibles a la estructura y las variables que componen la encuesta. Un cambio en la estructura de la encuesta suele implicar una actualización del paquete utilizado para obtener los indicadores, lo que resulta poco flexible ante cambios en la estructura de la encuesta, que pueden ser frecuentes en la práctica. En las implementaciones actuales, el usuario cuenta con una función de alto nivel que actúa como una caja negra, donde no se permite modificar el código para adaptarlo a sus necesidades o entender cada paso que se realiza para obtener el indicador sin tener que leer el código fuente o la documentación adjunta.

El problema de sensibilidad a la estructura de la encuesta se puede observar en el paquete *ech* ([Detomasi, 2020](#)), donde existen funciones para crear variables de mercado laboral, educación o ingresos, pero estas funciones dependen de la existencia de ciertas variables en la encuesta, cuya estructura puede cambiar de una versión a otra de la encuesta. Sin revisar el cuerpo de la función, no se conoce el proceso de construcción de variables. Algo similar ocurre con el paquete *eph* ([Kozłowski et al., 2020](#)), donde se tienen funciones de alto nivel que no permiten modificar el código para adaptarlo a sus necesidades o entender cada paso que se realiza para obtener el indicador sin inspeccionar a fondo cómo se construyen las funciones del paquete.

Esta inspección del código fuente, como consultar el repositorio de GitHub del paquete o revisar la definición de la función, puede ser una tarea tediosa y no garantiza que el usuario pueda entender el proceso de construcción de variables. Esto se debe a que el código puede ser muy extenso o que el usuario no tenga el conocimiento suficiente para entender el código o se empleen ciertos frameworks que el usuario no conozca, como el uso de las librerías *dplyr* (Wickham et al., 2023) o *tidyr* (Wickham, Vaughan, et al., 2024), muy populares en R para el manejo de datos.

También puede ser difícil aislar el proceso de manipulación de la encuesta de la implementación específica de la función para manejar la forma de presentación, estructura del objeto a devolver, etc. Un claro ejemplo de esto puede verse en el paquete *tidycensus* (Walker & Herman, 2024), donde existe una función para obtener datos sobre la migración de la comunidad estadounidense, pero en la misma función también se encuentran pasos para mejorar la estructura del conjunto de datos a devolver. En este sentido, el usuario no puede aislar el proceso de recodificación/construcción de variables sobre variables originales y la obtención de datos geográficos y presentación.

En este sentido, es importante que el usuario pueda tener un control total sobre el proceso de transformación de los microdatos a indicadores, ya que esto permite que el usuario pueda validar y entender el proceso de construcción de indicadores, además de brindar una herramienta común libre de estilos de programación y definiendo con simples pasos el proceso de construcción de variables sintéticas, como recodificar variables creando grupos en base a criterios complejos, tratamiento de variables continuas como el ingreso salarial en base a metodología rigurosa. Es crucial que este proceso sea transparente y entendible para el usuario.

Además de estos problemas, en general, obtener la información histórica de indicadores es un proceso tedioso y propenso a errores, especialmente si proviene de encuestas donde su estructura y/o forma de preguntar o su codificación puede cambiar con el tiempo. Esto resulta en un proceso extenso y difícil de entender hasta llegar a la construcción de esta serie de indicadores. Muchas veces, diferentes usuarios hacen el mismo proceso de construcción de indicadores de manera independiente y sin comparar el código fuente o la metodología de construcción de indicadores, ya que cada uno utiliza su propio estilo de programación o hasta diferentes paquetes estadísticos, en su mayoría propietarios como SPSS, SAS o STATA, donde si bien el usuario puede compartir la sintaxis para su construcción, esta está ligada al software y depende de que el usuario tenga el software instalado con una licencia activa y pueda correr el código.

Una vez claro el proceso de creación de variables, también es importante tener en cuenta que al obtener indicadores se realiza un proceso de inferencia asociado al diseño muestral. Tener nociones básicas del mecanismo que permitió obtener estos resultados permite, además de reportar una estimación puntual, medir la incertidumbre asociada a nuestra estimación. Es decir, no es útil reportar una tasa de empleo del 4% si no se cuenta con un intervalo de confianza asociado o una estimación de su desviación estándar para medir la incertidumbre del estimador.

En este sentido, es importante que el usuario no experto tenga de forma nativa una forma de obtener estimaciones puntuales y sus errores asociados de manera sencilla. Esto permitirá, además de brindar resultados puntuales, hacer recomendaciones sobre la utilidad de la estimación en el caso de que se cuente con una variabilidad alta. En general, obtener la estimación una vez culminado el proceso de preprocesamiento es relativamente sencillo, pero puede ser que se reporte una estimación donde no exista

un tamaño de muestra suficiente para obtener una estimación confiable y/o que la variabilidad de la estimación sea alta y no sea recomendable su uso.

En este sentido, *metaSurvey* pretende ser una herramienta relevante para el trabajo con encuestas en ciencias sociales, buscando solucionar las limitaciones anteriormente mencionadas. Todo el proceso de transformación de los microdatos a indicadores se realiza a través de una serie de funciones que permiten al usuario tener un control total y transparente sobre el proceso de transformación de los microdatos a indicadores.

Además, *metaSurvey* permite que el usuario pueda realizar el proceso de transformación de los microdatos a indicadores de manera reproducible y transparente. El usuario puede compartir el código de una forma entendible, casi como un “recetario de cocina”.

El procedimiento aplicado a los datos utilizados para obtener los indicadores se realiza mediante lo que denominamos steps y recipes, conformando así una especie de camino transparente para la construcción de indicadores. Esto permite compartir en forma visual un DAG (Directed Acyclic Graph) que permite visualizar el proceso de construcción de indicadores sin tener que abrir un script de R. En complemento al proceso de creación de variables, *metaSurvey* permite que el usuario pueda obtener estimaciones puntuales y sus errores asociados de manera sencilla y brindar recomendaciones sobre la utilidad de la estimación en el caso de que se cuente con una variabilidad alta en la estimación, en base a recomendaciones a su coeficiente de variación o métricas similares.

El enfoque que permite la flexibilidad a la hora de construir los indicadores es la meta-programación. La meta-programación es un paradigma de programación que permite que un programa pueda modificar su estructura interna en tiempo de ejecución. En R, la meta-programación se realiza a través de las funciones `eval`, `parse`, `substitute`, `do.call` y `quote`, que permiten evaluar y parsear código de manera dinámica. En este sentido, *metaSurvey* utiliza la meta-programación para permitir que el usuario pueda modificar el código que se utiliza para transformar los microdatos a indicadores, teniendo funciones de alto nivel similares a las que se utilizan en el paquete `recipes` de la librería `tidymodels` (Kuhn et al., 2024).

En los siguientes capítulos se mencionarán conceptos clave para el desarrollo del paquete, como la meta-programación, conceptos de inferencia en muestreo de poblaciones finitas, esquema de trabajo para desarrollar paquetes en R, etc. A continuación, se mencionarán diferentes antecedentes y trabajos relacionados con el paquete *metaSurvey* donde se utiliza la meta-programación y herramientas en las que fue inspirado el paquete. Luego, se formalizarán diferentes conceptos sobre metodología para la estimación de parámetros poblacionales y su varianza y conceptos de meta-programación y cómo se utilizan en el desarrollo del paquete. Para finalizar, se presentarán ejemplos de cómo utilizar el paquete *metaSurvey* para construir indicadores de mercado laboral a partir de los microdatos de la **ECH** y para mostrar su flexibilidad, se incluirá un ejemplo con la **EPH**.





## Capítulo 2

# Marco conceptual

### ! Important

Este capítulo está en borrador. Revise la rama de desarrollo

El objetivo principal de este capítulo es presentar los conceptos básicos que se utilizarán a lo largo de este trabajo, en específico en las secciones de antecedentes y metodología. En primer lugar se presentara un marco básico de inferencia en muestreo de poblaciones finitas para luego presentar diferentes métodos de estimación de parámetros poblacionales y sus respectivos errores estándar en el contexto de diseños complejos. Luego, se presentarán los conceptos básicos de la programación funcional y orientada a objetos en R para luego enfocarnos en la meta-programación. Finalmente, se presentará un breve resumen de cómo crear un paquete en R, los componentes mínimos para su publicación en **CRAN** (repositorio donde se encuentran disponibles versiones estables de diferentes paquetes de R), y las herramientas que se pueden utilizar para su desarrollo.

## 2.1. Inferencia en muestreo de poblaciones finitas

Como fue mencionado anteriormente las encuestas por muestreo son la principal fuente de información para la construcción de indicadores sociodemográficos y económicos, en este sentido, es importante tener en cuenta la el marco teórico para realizar inferencia en el contexto de muestreo de poblaciones finitas. A continuación, se presentan los conceptos básicos de la inferencia en muestreo de poblaciones finitas.

### 2.1.1. Diseño muestral

El concepto de diseño muestral refiere al mecanismo mediante el cual determina propiedades estadísticas como puede ser la distribución en el muestreo, valores esperados y varianzas. En diseños sencillos es posible calcular esta función con facilidad mientras que en diseños mas complejos como pueden ser los multietapicos es necesario abordar el problema de otra forma.

La definición matemática se basa en que dado un universo  $U$  de  $N$  elementos (puede ser conocido o no)  $\{u_1, u_2, \dots, u_N\}$  y se considera un conjunto de tamaño  $n$  de elementos de  $U$  que se denota como  $s = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , el diseño muestral puede definirse de la siguiente forma:

$$Pr(S = s) = p(s)$$

Realizando un poco de inspección en la definición anterior se puede observar que el diseño muestral es una función de probabilidad que asigna una probabilidad a cada subconjunto de  $U$  de tamaño  $n$ . En este sentido, es posible definir el diseño muestral de diferentes formas, a continuación, se presentan las definiciones de diseño muestral más comunes.

■ **Diseño Aleatorio Simple (SI)**

El diseño aleatorio simple es el diseño más sencillo y se define de la siguiente forma:

$$p(s) = \frac{1}{\binom{N}{n}}$$

Donde  $\binom{N}{n}$  es el número de subconjuntos de  $U$  de tamaño  $n$ .

■ **Diseño Bernoulli (BE)**

El (BE) es un diseño que se utiliza cuando se desea seleccionar una muestra de tamaño  $n$  de un universo de tamaño  $N$  y se define de la siguiente forma.

Se considera una probabilidad de inclusión  $\pi$  para cada elemento de  $U$  y se define el diseño Bernoulli de la siguiente forma:

$$p(s) = \underbrace{\pi \pi \cdots \pi}_{n_s} \underbrace{(1 - \pi)(1 - \pi) \cdots (1 - \pi)}_{N - n_s} = \pi^{n_s} (1 - \pi)^{N - n_s}$$

Una diferencia fundamental entre el diseño Bernoulli (BE) y el diseño aleatorio simple es que en el BE el tamaño de muestra es aleatorio y su distribución es binomial, mientras que en el diseño aleatorio simple el tamaño de muestra es fijo.

■ **Diseño Estratificado (ST)**

El diseño estratificado es un diseño que se utiliza cuando se desea seleccionar una muestra de tamaño  $n$  de un universo de tamaño  $N$  y se define de la siguiente forma y se quiere dividir el universo en  $H$  estratos  $U_1, U_2, \dots, U_H$ . Dentro de cada estrato se selecciona una muestra de tamaño  $n_h$  y se define el diseño estratificado de la siguiente forma:

$$p(s) = \prod_{l=1}^H p(s_H)$$

Donde en cada estrato se puede utilizar un diseño diferente pero en general se utiliza el diseño aleatorio simple, mas conocido **STSI** (Stratified Simple Random Sampling). En este caso cada  $p_h(s_h)$  es el diseño aleatorio simple en el estrato  $h$ .

### 2.1.2. Probabilidades de inclusión y estimador de Horvitz-Thompson

Una vez definido el concepto de diseño muestral es posible definir la probabilidad de que un elemento de la población sea seleccionado en la muestra, esta probabilidad se conoce como probabilidad de inclusión y se define de la siguiente forma:

■ **Probabilidad de inclusión de primer orden**

$$\pi_k = Pr(u_k \in s) = Pr(I_k = 1)$$

Donde  $I_k$  es una variable aleatoria que toma el valor de 1 si el elemento  $u_k$  es seleccionado en la muestra y 0 en caso contrario. Definir estas variables indicadoras son de utilizada para entender el comportamiento de los estimadores bajo el diseño muestral y nos permite definir los estimadores en  $U$  y no en  $S$ . Es claro que  $I_k \sim \text{Bernoulli}(\pi_k)$  y  $E(I_k) = Pr(I_k) = \pi_k$ .

Esta probabilidad es importante ya que es la base para la construcción de estimadores insesgados y eficientes, en este sentido, es posible definir el estimador de Horvitz-Thompson para estimar un total  $t = \sum_U t_k$  que se define de la siguiente forma:

$$\hat{t}_y = \sum_{k=1}^N \frac{y_k}{\pi_k} \times I_k$$

Este estimador es propuesto por Horvitz y Thompson en 1952 y es un estimador insesgado, en el sentido de que  $E(\hat{t}_y) = t$  y es eficiente en el sentido de que  $Var(\hat{t}_y)$  es el menor posible entre los estimadores insesgados. Este estimador es muy utilizado en la práctica y es la base para la construcción de estimadores de totales, medias, proporciones, varianzas, entre otros. Para mas detalles sobre las propiedades de Horvitz-Thompson (**HT**) se puede consultar en ([Särndal et al., 2003](#)) y ([Horvitz & Thompson, 1952](#)).

### 2.1.3. Ponderación y estimadores más comunes

En general es utilizado el concepto de ponderador para realizar estimaciones de totales, medias, proporciones, varianzas, entre otros. En este sentido, es posible definir el ponderador inducido por el diseño muestral de la siguiente forma:

$$w_k = \frac{1}{\pi_k}$$

Este ponderador puede interpretarse como el número individuos que representa el individuo  $k$  en la población. Este valor es el que comunmente se publica junto a los microdatos y el estandar en los diferentes softwares para procesar encuestas. Junto al estimador de un total es posible definir el estimador de un promedio, proporción o razón en el contexto de la pi-expansión.

#### Estimador de un promedio

$$\hat{\bar{y}} = \frac{\sum_{k=1}^N w_k I_k y_k}{\sum_{k=1}^N w_k I_k}$$

Este estimador puede ser utilizados en encuestas de hogares, donde se desea estimar el ingreso promedio de los hogares de una región de forma anual, o mensual.

### Estimador de una proporción

$$\hat{p} = \frac{\sum_{k=1}^N I_k w_k y_k}{\sum_{k=1}^N w_k I_k} = \frac{\sum_{k=1}^N I_k w_k y_k}{\hat{N}}$$

Puede ser de interés estimar la proporción de hogares que tienen acceso a internet en una región, en este caso se puede utilizar el estimador de proporción.

### Estimador de una razón

Se quiere estimar la razón  $R = \frac{\sum_{k=1}^N y_k}{\sum_{k=1}^N z_k}$ . En este caso se puede definir el estimador de la razón de la siguiente forma:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{k=1}^N w_k y_k}{\sum_{k=1}^N w_k z_k} = \frac{\sum_{k=1}^N w_k y_k}{\hat{N}}$$

El estimador de razón es utilizado para construir variables de mercado de trabajo como la tasa de desempleo, tasa de ocupación, entre otros.

### Inferencia sobre el tamaño de la población

Una vez definidos los estimadores, podemos ver que los estimadores de medias y proporciones son un caso particular del estimador de razón. Un detalle no menor es que asumimos  $N$  fijo pero desconocido, por esto al realizar proporciones se ajusta el total sobre un estimador del tamaño de la población:

$$\hat{N} = \sum_{k=1}^N I_k w_k$$

Existen diseños denominados **auto-ponderados** donde por definición  $\sum_{k=1}^N w_k = N$ , en este caso particular el estimador de medias y proporciones es un caso particular del estimador de total, ya que el estadístico puede definirse de la siguiente forma:

$$\hat{y}_s = \frac{\sum_{k=1}^N I_k w_k y_k}{\sum_{k=1}^N w_k I_k} = \frac{\sum_{k=1}^N I_k w_k y_k}{N} = \frac{1}{N} \times \sum_{k=1}^N I_k w_k y_k = a \times \hat{t}_y$$

#### 2.1.4. Medidas de incertidumbre y errores estándar

Una vez definidos los estimadores es posible definir su variabilidad y definir un estimador de su varianza. En este sentido, es posible definir el estimador de la varianza de un estimador de un total, promedio, proporción, o razón. A continuación, se presenta el concepto general de la varianza de un estimador y estadísticos que cuantifican la variabilidad e incertidumbre de un estimador.

#### Momentos muestrales y estimadores de varianza

Dado el estadístico  $\theta$  podemos definir su varianza bajo el diseño muestral  $p(s)$

$$V(\hat{\theta}) = E((\theta - E(\theta))^2) = \sum_S p(s) (\hat{\theta}_s - E(\hat{\theta}_s))$$

Para realizar una estimación

El error estándar es una medida de la variabilidad de un estimador y se define de la siguiente forma:

## 2.2. Desarrollo de paquetes en R

R al ser un lenguaje de código abierto y además cuenta con una gran comunidad de usuarios, en diferentes áreas de investigación, ha permitido que se desarrollen una gran cantidad de paquetes que permiten realizar diferentes tareas de análisis de datos, visualización, modelado, entre otros. En este sentido, el desarrollo de paquetes en R es una tarea que se ha vuelto muy común entre los usuarios de R, ya que permite compartir código, documentación y datos de manera sencilla.

Para casi cualquier disciplina científica o en la industria se puede encontrar una comunidad de usuarios que desarrollan paquetes en R, en este sentido, el desarrollo de paquetes en R es una tarea que se ha vuelto muy común entre los usuarios de R y es muy sencillo de realizar. A continuación, se presentan los conceptos básicos para el desarrollo de paquetes en R.

### 2.2.1. ¿Por qué desarrollar un paquete en R?

Desarrollar un paquete en R tiene varias ventajas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- **Reutilización de código:** Es importante tener en cuenta que existe una comunidad que hace cosas similares a las que uno hace, por lo que es posible que alguien ya haya escrito una función que uno necesita. Por lo tanto, siempre es buena buscar si existe algún paquete que ya tenga las funcionalidades que se requieren.
- **Compartir código:** La comunidad de R es muy activa y siempre está dispuesta a compartir código, por esta razón es que se mantienen en constante desarrollo de paquetes.
- **Colaboración:** El trabajo colaborativo es esencial en el desarrollo de paquetes en R, ya que permite que diferentes personas puedan aportar con nuevas funcionalidades, correcciones de errores, entre otros.

### 2.2.2. Elementos básicos de un paquete en R

Para que nuestro conjunto de funciones, datos y documentación sea considerado un paquete en R, es necesario que cumpla con ciertos requisitos mínimos. A continuación, se presentan los componentes mínimos que debe tener un paquete en R para ser publicado en CRAN.

- **Directorio:** Un paquete en R debe estar contenido en un directorio que contenga al menos los siguientes archivos y directorios:
  - **R/:** Directorio que contiene los archivos con las funciones que se desean incluir en el paquete.

- [man/](#): Directorio que contiene los archivos con la documentación de las funciones que se encuentran en el directorio `R/`. En general se utiliza *Roxygen2* (Wickham, Danenberg, et al., 2024) para generar la documentación de las funciones.
  - [DESCRIPTION](#): Archivo que contiene la descripción del paquete, incluyendo el nombre, versión, descripción, autor, entre otros.
  - [NAMESPACE](#): Archivo que contiene la información sobre las funciones que se exportan y las dependencias del paquete.
  - [LICENSE](#): Archivo que contiene la licencia bajo la cual se distribuye el paquete.
  - [README.md](#): Archivo que contiene información general sobre el paquete.
- **Documentación**: La documentación de las funciones es un componente esencial de un paquete en R, ya que permite que los usuarios puedan entender el funcionamiento de las funciones que se encuentran en el paquete. La documentación de las funciones se realiza utilizando el sistema de documentación de R, que se basa en el uso de comentarios en el código fuente de las funciones.
  - **Pruebas**: Es importante que el paquete tenga pruebas que permitan verificar que las funciones se comportan de la manera esperada. Las pruebas se realizan utilizando el paquete *testthat* (Wickham, 2011) que permite realizar pruebas unitarias.
  - **Control de versiones**: Es importante que el paquete tenga un sistema de control de versiones que permita llevar un registro de los cambios que se realizan en el paquete. El sistema de control de versiones más utilizado en la comunidad de R es `git`.
  - **Licencia**: Es importante que el paquete tenga una licencia que permita a los usuarios utilizar, modificar y distribuir el paquete. La licencia más utilizada en la comunidad de R es la licencia MIT.

El proceso de subir un paquete a CRAN es un proceso que puede ser tedioso, ya que se deben cumplir con ciertos requisitos que son revisados por los mantenedores de CRAN, no es trivial y puede tomar tiempo, sin embargo, es un proceso que vale la pena ya que permite que el paquete sea utilizado por una gran cantidad de usuarios.

El proceso de chequeo fue automatizado con github actions, por lo que cada vez que se realiza un cambio en el repositorio, se ejecutan los chequeos de CRAN y se notifica si el paquete cumple con los requisitos para ser publicado en caso de que no cumpla con los requisitos se notifica el error y no puede ser incluido en la rama principal del repositorio hasta que se corrija el error.

Todo el proceso y código fuente del paquete se encuentra disponible en el [repositorio de github del paquete](#). En el caso que este interesado en colaborar con el desarrollo del paquete puede consultar la [guía de contribución](#)

## 2.3. Paradigmas de programación en R

R es un lenguaje de programación que permite realizar programación funcional y orientada a objetos, lo que permite que los usuarios puedan utilizar diferentes paradigmas de programación para resolver problemas. A continuación, se presentan los conceptos básicos de la programación funcional y orientada a objetos en R.

### 2.3.1. Programación funcional

La programación funcional es un paradigma de programación que se basa en el uso de funciones para resolver problemas. En R, las funciones son objetos de primera clase, lo que significa que se pueden utilizar como argumentos de otras funciones, se pueden asignar a variables, entre otros (Wickham, 2019, pp. 204–281). A continuación, se presentan los conceptos básicos de la programación funcional en R.

- **Funciones de orden superior:** En R, las funciones de orden superior son funciones que toman como argumento una o más funciones y/o retornan una función. Un ejemplo de una función de orden superior en R es la función `lapply` que toma como argumento una lista y una función y retorna una lista con los resultados de aplicar la función a cada elemento de la lista.
- **Funciones anónimas:** En R, las funciones anónimas son funciones que no tienen nombre y se crean utilizando la función `function`. Un ejemplo de una función anónima en R es la función `function(x) x^2` que toma como argumento `x` y retorna `x^2`.
- **Funciones puras:** En R, las funciones puras son funciones que no tienen efectos secundarios y retornan el mismo resultado para los mismos argumentos. Un ejemplo de una función pura en R es la función `sqrt` que toma como argumento un número y retorna la raíz cuadrada de ese número.

Este paradigma de programación es muy útil para realizar análisis de datos, ya que permite que los usuarios puedan utilizar funciones para realizar operaciones sobre los datos de manera sencilla y eficiente, dentro de `metaSurvey` no existe una presencia fuerte de programación funcional, sin embargo, se utilizan algunas funciones de orden superior para realizar operaciones sobre los datos.

### 2.3.2. Programación orientada a objetos

La programación orientada a objetos es un paradigma de programación que se basa en el uso de objetos para resolver problemas. En R, los objetos son instancias de clases que tienen atributos y métodos (Mailund, 2017; Wickham, 2019, pp. 285–370). A continuación, se presentan los conceptos básicos de la programación orientada a objetos en R.

- **Clases y objetos:** En R, las clases son plantillas que definen la estructura y el comportamiento de los objetos y los objetos son instancias de clases. En R, las clases se definen utilizando la función `setClass` y los objetos se crean utilizando la función `new`.
- **Atributos y métodos:** En R, los atributos son variables que almacenan información sobre el estado de un objeto y los métodos son funciones que permiten modificar el estado de un objeto. En R, los atributos se definen utilizando la función `setClass` y los métodos se definen utilizando la función `setMethod`.

Dentro de `metaSurvey` se utiliza la programación orientada a objetos para definir las clases de los objetos que se utilizan para representar los datos de las encuestas mediante una creación de una clase específica llamada `Survey` que permite además de almacenar los datos de la encuesta añadir atributos y métodos que permiten realizar operaciones sobre los datos de manera sencilla y eficiente.

De forma similar se modelan las clases [Step](#), [Recipe](#) y [Workflow](#) elementos cruciales en el ecosistema de metaSurvey donde se definen los pasos de preprocesamiento, recetas de preprocesamiento y flujos de trabajo respectivamente. En este caso particular se utiliza el paquete *R6* ([Chang, 2022](#)) que permite definir clases de manera sencilla y eficiente además de permitir la herencia de clases y la definición de métodos y atributos de manera sencilla.

### 2.3.3. Meta-programación

La meta-programación es un paradigma de programación que se basa en el uso de código para manipular código ([Thomas Mailund, 2017](#); [Wickham, 2019](#), pp. 373–500). En R, la meta-programación se realiza utilizando el sistema de metaprogramación de R que se basa en el uso de expresiones, llamadas y funciones. A continuación, se presentan los conceptos básicos de la meta-programación en R.

- **Expresiones:** En R, las expresiones son objetos que representan código y se crean utilizando la función `quote`. Un ejemplo de una expresión en R es la expresión `quote(x + y)` que representa el código `x + y`.
- **Llamadas:** En R, las llamadas son objetos que representan la aplicación de una función a sus argumentos y se crean utilizando la función `call`. Un ejemplo de una llamada en R es la llamada `call("sum", 1, 2, 3)` que representa la aplicación de la función `sum` a los argumentos 1, 2 y 3.
- **Funciones:** En R, las funciones son objetos que representan código y se crean utilizando la función `function`. Un ejemplo de una función en R es la función `function(x, y) x + y` que representa el código `x + y`.



## Capítulo 3

# « « « < HEAD

### 3.1. Inferencia en muestreo de poblaciones finitas

! Important

. Revise la rama de desarrollo

El objetivo de esta sección es brindar un contexto básico sobre encuestas por muestreo, para luego presentar diferentes métodos de estimación de parámetros poblacionales como la estimación de totales, medias, proporciones y sus respectivos errores estándar.

El elemento crucial en la Inferencia en muestreo de poblaciones finitas es que se asume que la población es finita y la aleatoriedad proviene de la selección de la muestra, por lo que es necesario considerar la probabilidad de selección de cada muestra posible. Es común escuchar el término *diseño* en el contexto de encuestas por muestreo, el diseño de muestreo es el mecanismo que se utiliza para seleccionar la muestra, existen diferentes tipos de diseños que se utilizan en la práctica, sin embargo nos enfocaremos en el proceso de construcción de ponderadores los cuales son fundamentales para realizar inferencia.

Supongamos que estamos interesados en estimar el total de una variable de interés  $y$  en una población finita, es decir, el total poblacional  $T_y = \sum_{i=1}^N y_i$ , donde  $y_i$  es el valor de la variable de interés para el individuo  $i$  de la población y  $N$  es el tamaño de la población. Si se selecciona una muestra de  $n$  elementos de la población, es posible estimar el total poblacional utilizando la siguiente fórmula:

$$\hat{T}_y = \sum_{i=1}^n y_i$$

Donde  $\hat{T}_y$  es el estimador del total poblacional,  $y_i$  es el valor de la variable de interés para el individuo  $i$  de la muestra y  $n$  es el tamaño de la muestra. Es importante tener en cuenta que el estimador del total poblacional depende del mecanismo de muestreo que se utilice, para esto debemos de mencionar la siguiente variable aleatoria:

Asumiendo un diseño concreto es decir, fijada  $p(s)$  podemos definir la variable (aleatoria) de pertenencia a la muestra  $s$  como:

$$I_k = \begin{cases} 1 & \text{si el individuo } k \text{ pertenece a la muestra } s \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

De esta forma es posible calcular la probabilidad de que el individuo  $k$  sea incluido en la muestra  $s$ , es decir  $\pi_k = E(I_k) = P(I_k = 1)$  ya que es una variable aleatoria del tipo Bernoulli con probabilidad de éxito  $\pi_k$ . Por lo que es estimar calcular total poblacional de la siguiente forma:

$$\hat{T}_y = \sum_{k=1}^n y_k = \sum_{k=1}^n y_i \times I_k = \sum_{k=1}^N$$

Este ultimo paso nos permite realizar el

Es decir, si consideramos una población de  $N$  elementos (donde  $N$  es finito y puede ser desconocido) y se selecciona una muestra  $s$  de  $n$  elementos. Cada individuo de la población tiene una probabilidad de ser seleccionado en la muestra, dependiendo el mecanismo de muestreo que se utilice. Cada muestra de  $n$  elementos tiene una probabilidad de ser seleccionada la que denominaremos función de diseño  $p(s)$ , por lo que es posible asignar una probabilidad de selección a cada individuo de la población, es decir contar aquellas veces que un individuo fue seleccionado en todas las posibles muestras de  $n$  elementos, esto se conoce como **probabilidad de inclusión de primer orden**.

Existen diseños sencillos donde es facil obtener la probabilidad de selección de cada individuo de la población, como el muestreo aleatorio simple (SI), muestreo sistemático (SY), muestreo estratificado, muestreo por conglomerados, entre otros. La utilización de uno u otro depende de la variable objetivo o grupo de variables que se desea estimar, aunque en la práctica se utilizan diseños complejos que combinan varios de estos diseños en varias etapas de selección.

Un ejemplo de este tipo de diseño puede ser la ECH donde se utiliza un muestreo aleatorio en dos etapas, donde en la primera etapa se seleccionan las unidades primarias de muestreo (UPM) correspondientes a conglomerados de manzanas (zonas censales). En la segunda etapa se seleccionan las unidades secundarias de muestreo (USM) correspondientes a viviendas dentro de las manzanas seleccionadas. Luego, se identifican los hogares seleccionados y los individuos que los componen son seleccionados en su totalidad para ser encuestados ([Instituto Nacional de Estadística, 2021](#)).

### 3.1.1. Ejemplo Diseño Simple con remplazo

Considerando una población de  $N$  elementos existen  $\binom{N}{n}$  maneras de seleccionar una muestra de  $n$  elementos, por lo que la probabilidad de seleccionar una muestra  $s$  de  $n$  elementos es:

$$P(S = s) = p(s) = 1/\binom{N}{n}$$

Una vez definida la función de diseño, es posible definir las probabilidades de inclusión de primer orden, es decir la probabilidad de que un individuo de la población sea seleccionado en la muestra, esta probabilidad se denota como  $\pi_i$  y se define como para el caso SI.

Si miramos a un individuo de la población, este puede ser seleccionado en la muestra si y solo si se encuentra en la muestra  $s$ , por lo que debemos de contar cuantas formas diferentes podemos seleccionar  $n - 1$  elementos de los  $N - 1$  restantes, por lo que la

probabilidad de inclusión de primer orden es, es decir  $\binom{N-1}{n-1}$ , por lo que la probabilidad de inclusión de primer orden es:

$$\pi_i = \frac{\binom{N-1}{n-1}}{\binom{N}{n}} = \frac{n}{N}$$

Una vez definida la probabilidad de inclusión de primer orden  
» » » > develop



## Capítulo 4

# Antecedentes



## Capítulo 5

# Metodología





## Capítulo 6

# Resultados

Acá va la viñeta [Use recipes](#)

### 6.1. ECH

```
library(magrittr)

metaSurvey::set_engine("data.table")
```

Engine: data.table

```
ech_meta = metaSurvey::load_survey(
  path = metaSurvey::load_survey_example("ech_2018.csv"),
  svy_type = "ech",
  svy_edition = "2018",
  svy_weight = "pesoano"
)

ech_meta_steps = ech_meta %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pea",
    pobpcoac %in% 2:5 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pet",
    pobpcoac != 1 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "po",
    pobpcoac == 2 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pd",
    pobpcoac %in% 3:5 ~ 1,
    .default = 0
  )
```

```
)
```

```
metaSurvey::view_graph(ech_meta_steps)
```

## 6.2. EAII

```
svy_example = metaSurvey::load_survey(
  svy_type = "eaii",
  svy_edition = "2019-2021",
  svy_weight = "w_trans",
  input = metaSurvey::load_survey_example("2019-2021.csv"),
  dec = ",",
)

# as.data.frame(svy_example)
# as.tibble(svy_example)

new_svy = svy_example %>%
  metaSurvey::step_recode(
    new_var = "realiza_innovacion",
    B1_1_1 == 1 ~ 1,
    B1_2_1 == 1 ~ 1,
    B1_3_1 == 1 ~ 1,
    B1_4_1 == 1 ~ 1,
    B1_5_1 == 1 ~ 1,
    B1_6_1 == 1 ~ 1,
    B1_7_1 == 1 ~ 1,
    B1_8_1 == 1 ~ 1,
    B1_9_1 == 1 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    new_var = "sector",
    data.table::between(Division, 10, 33) ~ "Industria",
    data.table::between(Division, 34, 99) ~ "Servicios",
    Division == "C1" ~ "Industria",
    Division == "C2" ~ "Servicios",
    Division == "E1" ~ "Servicios"
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    new_var = "innovativa",
    E1_1_1 == 1 ~ 1,
    E1_2_1 == 1 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    new_var = "tipo_actividad",
    B1_1_1 == 1 ~ "I + D Interna",
```

```

B1_2_1 == 1 ~ "I + D Externa",
B1_3_1 == 1 ~ "Bienes de Capital",
B1_4_1 == 1 ~ "Software",
B1_5_1 == 1 ~ "Propiedad Intelectual",
B1_6_1 == 1 ~ "Ingeniería",
B1_7_1 == 1 ~ "Capacitación",
B1_8_1 == 1 ~ "Marketing",
B1_9_1 == 1 ~ "Gestión",
  .default = "Otra"
) %>%
metaSurvey::step_recode(
  new_var = "tipo_innovacion",
  E1_1_1 == 1 ~ "Producto",
  E1_2_1 == 1 ~ "Proceso",
  .default = "Otra"
) %>%
metaSurvey::step_recode(
  new_var = "cant_traba_tramo",
  data.table::between(IG_4_1_3, 0, 4) ~ "1",
  data.table::between(IG_4_1_3, 5, 19) ~ "2",
  data.table::between(IG_4_1_3, 20, 99) ~ "3",
  IG_4_1_3 > 99 ~ "4"
) %>%
metaSurvey::step_recode(
  new_var = "ingreso_vta_pesos",
  data.table::between(IG_5_1_1_3, 0, 9942787) ~ "1",
  data.table::between(IG_5_1_1_3, 9942788, 49713934) ~ "2", # nolint
  data.table::between(IG_5_1_1_3, 49713935, 372854507) ~ "3", # nolint
  IG_5_1_1_3 > 372854507 ~ "4"
) %>%
metaSurvey::step_recode(
  new_var = "tamano",
  cant_traba_tramo == "1" & ingreso_vta_pesos == "1" ~ "Pequenas",
  cant_traba_tramo == "2" & ingreso_vta_pesos == "2" ~ "Pequenas",
  cant_traba_tramo == "2" & ingreso_vta_pesos == "1" ~ "Pequenas",
  cant_traba_tramo == "1" & ingreso_vta_pesos == "2" ~ "Pequenas",
  cant_traba_tramo == "3" & ingreso_vta_pesos == "3" ~ "Medianas",
  cant_traba_tramo == "3" & ingreso_vta_pesos == "2" ~ "Medianas",
  cant_traba_tramo == "3" & ingreso_vta_pesos == "1" ~ "Medianas",
  cant_traba_tramo == "1" & ingreso_vta_pesos == "3" ~ "Medianas",
  cant_traba_tramo == "2" & ingreso_vta_pesos == "3" ~ "Medianas",
  cant_traba_tramo == "4" & ingreso_vta_pesos == "4" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "4" & ingreso_vta_pesos == "3" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "4" & ingreso_vta_pesos == "2" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "4" & ingreso_vta_pesos == "1" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "1" & ingreso_vta_pesos == "4" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "2" & ingreso_vta_pesos == "4" ~ "Grandes",
  cant_traba_tramo == "3" & ingreso_vta_pesos == "4" ~ "Grandes"
) %>%
metaSurvey::step_compute(

```

```

        subsector = Division
    )

metaSurvey::get_metadata(new_svy)

Type: eaii
Edition: 2019-2021
Engine: data.table
Weight: w_trans
Steps:
- New group: realiza_innovacion
- New group: sector
- New group: innovativa
- New group: tipo_actividad
- New group: tipo_innovacion
- New group: cant_traba_tramo
- New group: ingreso_vta_pesos
- New group: tamaño
- New variable: subsector

metaSurvey::view_graph(new_svy)

```

### 6.3. EPH

```

ph2022_3 = metaSurvey::load_survey(
  path = metaSurvey::load_survey_example("eph2022_3.csv"),
  svy_type = "eph",
  svy_edition = "2022_3",
  svy_weight = "PONDERA"
) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pea",
    ESTADO %in% 1:2 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pet",
    ESTADO != 4 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "po",
    ESTADO == 1 ~ 1,
    .default = 0
  ) %>%
  metaSurvey::step_recode(
    "pd",
    ESTADO == 2 ~ 1,
    .default = 0
  )

```

```
)
```

```
metaSurvey::view_graph(ph2022_3)
```



## Capítulo 7

# Infraestructura

- Infra
- Docker
- Kubernetes
- Tests
- Envío a CRAN





## Capítulo 8

# Resultados



# Apendice aburrido de muestreo

- Chang, W. (2022). *R6: Encapsulated classes with reference semantics*.
- Detomasi, G. M. & R. (2020). *Ech: Caja de herramientas para procesar la encuesta continua de hogares*. <https://github.com/calcita/ech>
- Horvitz, D. G., & Thompson, D. J. (1952). A generalization of sampling without replacement from a finite universe. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 663–685. <https://doi.org/10.2307/2280784>
- Instituto Nacional de Estadística. (2021). *Metodología de la Encuesta Continua de Hogares Instituto Nacional de Estadística*. <https://www.ine.gub.uy>
- Kozłowski, D., Tiscornia, P., Weksler, G., Rosati, G., & Shokida, N. (2020). *Eph: Argentina's permanent household survey data and manipulation utilities*. <https://holatam.github.io/eph/>
- Kuhn, M., Wickham, H., & Hvitfeldt, E. (2024). *Recipes: Preprocessing and feature engineering steps for modeling*. <https://github.com/tidymodels/recipes>
- Mailund, T. (2017). *Advanced object-oriented programming in r: Statistical programming for data science, analysis and finance*. SPRINGER.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Särndal, C.-E., Swensson, B., & Wretman, J. (2003). *Model Assisted Survey Sampling*. Springer Science & Business Media.
- Thomas Mailund. (2017). *Metaprogramming in r* (1st ed.). Apress. <https://www.amazon.com/Metaprogramming-Advanced-Statistical-Programming-Analysis/dp/1484228804>
- Walker, K., & Herman, M. (2024). *Tidycensus: Load US census boundary and attribute data as 'tidyverse' and 'sf'-ready data frames*. <https://walker-data.com/tidycensus/>
- Wickham, H. (2011). Testthat: Get started with testing. *The R Journal*, 3, 510. [https://journal.r-project.org/archive/2011-1/RJournal\\_2011-1\\_Wickham.pdf](https://journal.r-project.org/archive/2011-1/RJournal_2011-1_Wickham.pdf)
- Wickham, H. (2019). *Advanced r, second edition*. CRC Press.
- Wickham, H., Danenberg, P., Csárdi, G., & Eugster, M. (2024). *roxygen2: In-Line Documentation for R*. <https://roxygen2.r-lib.org/>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *Dplyr: A grammar of data manipulation*. <https://dplyr.tidyverse.org>
- Wickham, H., Vaughan, D., & Girlich, M. (2024). *Tidyr: Tidy messy data*. <https://tidyr.tidyverse.org>