



UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA (UOC)
MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA DE DATOS (*Data Science*)

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

ÁREA: INFORMÁTICA, MULTIMEDIA Y TELECOMUNICACIÓN

Predicción de panel attrition con Machine Learning: El caso de la Encuesta Financiera de las Familias

Autor: Carlos Luis Gento de Celis

Tutor: Jordi Escayola Mansilla

Profesor: Antonio Lozano Bagén

Madrid, 29 de diciembre de 2023

Créditos/Copyright



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada
3.0 España de Creative Commons.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	Predecir panel attrition con Machine Learning: Un análisis con la Encuesta Financiera de las Familias
Nombre del autor:	Carlos Luis Gento de Celis
Nombre del colaborador/a docente:	Jordi Escayola Mansilla
Nombre del PRA:	Antonio Lozano Bagén
Fecha de entrega (mm/aaaa):	10/2023
Titulación o programa:	Máster Universitario en Ciencia de Datos
Área del Trabajo Final:	Informática, Multimedia y Telecomunicación
Idioma del trabajo:	Español
Palabras clave	predictive models, machine learning, panel attrition

Resumen

La Encuesta Financiera de las Familias (EFF) es una encuesta bienal cuyo objetivo es recoger información sobre la situación económico-financiera de los hogares que residen en España, y su evolución a lo largo del tiempo. Para ello, los hogares seleccionados pueden participar en hasta cuatro olas consecutivas de la encuesta. Sin embargo, hay hogares que abandonan el estudio antes de tiempo. Aunque estos abandonos no interrumpen el estudio, sí podrían afectar a sus resultados si el número de abandonos es demasiado grande, o si se concentra en colectivos específicos de la población. Es importante analizar las causas de estos abandonos y desarrollar herramientas que puedan evitarlos.

Este documento, en primer lugar, analiza las características de los hogares que participaron en la Encuesta Financiera de las Familias (EFF) en sus ediciones de 2017 y 2020, y si participaron en las olas de 2020 y de 2022. A continuación, plantea una serie de modelos de predicción basados en métodos de Machine Learning y evalúa su capacidad para predecir si un hogar abandonará la EFF en 2020 o en 2022. Finalmente, interpreta los resultados del modelo que mejor ha funcionado.

Palabras clave: predictive models, panel attrition, machine learning, household surveys

Abstract

The Spanish Survey of Household Finances (EFF) is a biennial survey whose goal is to collect information about the economical and financial situation of households in Spain, and its evolution through time. To do so, selected households may take part in up to four consecutive waves of this survey. However, some households cease their participation prematurely. Although withdrawals do not interrupt the research study, they might affect its results if the number of withdrawals is too high, or if it is more likely to happen for certain groups of people. It is important to analyse the causes of this phenomenon and develop tools to prevent it.

Firstly, this paper analyses the characteristics of households that responded to the EFF in its editions of 2017 and 2020, and their participation during the 2020 or 2022 waves. Next, a series of predictive models based on machine learning methods are considered and evaluated for the exercise of predicting panel attrition in the EFF. Finally, it interprets the results of the most successful model.

Key words: predictive models, panel attrition, machine learning, longitudinal surveys, household surveys

Índice general

Resumen	v
Abstract	vii
Índice	1
1. Introducción	3
2. Objetivos del proyecto, planificación y motivación personal	7
2.1. Objetivos del proyecto	7
2.2. Planificación del proyecto	8
2.3. Motivación personal	8
3. Panel Attrition: Causas, predicción y machine learning	11
3.1. Causas del panel attrition, tratamiento y métodos adaptativos y reactivos	11
3.2. Predicción de Panel Attrition con machine learning	12
4. Datos y metodología	15
4.1. Datos: La Encuesta Financiera de las Familias	15
4.2. Metodología	19
5. Resultados	25
5.1. Análisis exploratorio de los datos	25
5.2. Evaluación de modelos	32
6. Conclusiones y futuras líneas de trabajo	35
Bibliografía	37

Capítulo 1

Introducción

Las encuestas son una forma de recolección de datos que se fundamenta en plantear preguntas relevantes a una muestra de unidades muestrales, y utilizar sus respuestas para entender a una población en su conjunto. Desde una perspectiva temporal, hay dos tipos de encuestas: las de sección cruzada, y las longitudinales o panel. Las encuestas de sección cruzada realizan sus preguntas a las unidades muestrales en un momento concreto del tiempo, mientras que las longitudinales plantean sus preguntas de manera repetida a las mismas unidades muestrales durante un período de tiempo (semanas, meses, años...). En este documento nos vamos a centrar en las encuestas longitudinales.

La dimensión temporal de las encuestas longitudinales las convierten en una herramienta muy útil para poder analizar relaciones causales, ya que recogen cambios de opiniones, comportamientos o estados de los mismos encuestados panel a lo largo del tiempo. Sin embargo, la calidad de esos análisis depende de la cooperación exitosa y continuada de dichos encuestados durante las sucesivas ediciones u olas de la encuesta. El abandono prematuro y acumulado en el tiempo de participantes en un panel se conoce como **Panel Attrition** ([Watson and Wooden \(2009\)](#)).

Conceptualmente, las causas del Panel Attrition pueden clasificarse en tres categorías secuenciales: no-localización, no-contacto y no-cooperación ([Lepkowski et al. \(2002\)](#)). La no-localización se refiere a no conseguir localizar a los panelistas durante el período de campo. Esto suele ocurrir por cambios o errores en la información de contacto recogida durante la ola anterior (direcciones de residencia, teléfonos o email). Si un participante panel cambia de residencia o cambia de número de teléfono, es más costoso o incluso inviable localizarle.

La segunda causa es el no-contacto, que es el hecho de, después de localizar exitosamente al panelista, no conseguir establecer un contacto. Para que esto suceda, es necesario que el intento de contacto por parte de los encuestadores coincida temporalmente con la disponibilidad del panelista. Esto depende completamente del método de recolección de los datos. Por ejemplo,

en una entrevista personal, el panelista debe estar en su residencia justo en el mismo momento en el que el entrevistador hace la visita al hogar.

Finalmente, después de establecer el contacto, es necesario convencer al panelista para que vuelva a participar otra vez en la encuesta. La falta de cooperación en encuestas en general se ha analizado bastante en la literatura, y suelen destacar factores como las características demográficas de los encuestados o la temática de la encuesta (para un desarrollo más detallado, puede consultarse [Groves et al. \(1992\)](#)). Sin embargo, en el caso de las encuestas longitudinales, los encuestados tienen experiencia previa por haber participado anteriormente, y este hecho puede potenciar el efecto de factores como la duración de la entrevista, la carga cognitiva por pensar las respuestas o la fatiga por haber participado en varias ediciones anteriores ([Laurie et al. \(1999\)](#), [Watson and Wooden \(2009\)](#), [Lynn \(2018\)](#)).

Con respecto a las consecuencias del Panel Attrition, [Lynn \(2018\)](#) destaca dos principales problemas. Por un lado, si la tasa de attrition es alta, el tamaño de la muestra se reducirá drásticamente con el paso de las olas, lo que provocará que la precisión de los estimadores de la encuesta sea muy baja, y además limitará o incluso imposibilitará el análisis de subgrupos dentro de la muestra. Por otro lado, si el Panel Attrition no es aleatorio, y por tanto los panelistas que abandonan la encuesta son sistemáticamente diferentes a los que se mantienen, existe el riesgo de introducir un sesgo de no-respuesta en los estimadores.

Tradicionalmente, los efectos del Panel Attrition se han mitigado con el uso de métodos de imputación múltiple ([Rubin \(1987\)](#)), reponderando de pesos muestrales ([Groves et al. \(2009\)](#)) e introduciendo muestras de refresco para sustituir a las unidades muestrales perdidas ([Hirano et al. \(1998\)](#)). Pero en las últimas décadas se ha extendido el uso de los diseños adaptativos y reactivos (adaptive and responsive designs, [Groves and Heeringa \(2006\)](#), [Wagner \(2008\)](#), [Schouten et al. \(2017\)](#), [Tourangeau et al. \(2017\)](#)). La idea detrás de estos diseños se fundamenta en utilizar toda la información que se genera durante la elaboración de encuestas (respuestas al cuestionario, paradata u observaciones de los entrevistadores) para diseñar implementaciones informadas cuyo objetivo sea mejorar la calidad de los datos, reducir los costes, o ambos. Por ejemplo, se han utilizado para revisar incentivos a participar para grupos concretos de encuestados [Mcgonagle et al. \(2022\)](#) o revisar el orden de las preguntas ([Early et al. \(2017\)](#)). En este sentido, las encuestas longitudinales ofrecen una gran oportunidad para estos diseños porque contienen mucha información tanto de los trabajos de campo que se estén desarrollando, como los que se realizaron en olas anteriores. Por ejemplo, en [Kreuter and Müller \(2015\)](#) utilizan los registros de llamadas a panelistas en ediciones anteriores para optimizar las estrategias de contacto en las ediciones siguientes.

Dentro de este contexto de los diseños adaptativos y reactivos, en las últimas décadas se ha desarrollado el uso algoritmos de Machine Learning en la metodología de encuestas ([Buskirk](#)

et al. (2018), Kern et al. (2019)). Y de manera particular, han presentado resultados prometedores a la hora de predecir resultados de participación en los trabajos de campo, especialmente los modelos basados en árboles de decisión (Kern et al. (2019), Kern et al. (2021), Liu (2020)). En el contexto de Panel Attrition, en Beste et al. (2023) utilizaron información de ediciones pasadas de una encuesta a hogares en alemania para entrenar un Random Forest e identificar hogares panelistas con una baja propensión a participar. Luego, utilizaron esa información para crear un diseño experimental en la siguiente ola de la encuesta, en el cual se asignaba un incentivo monetario adicional a la mitad de esos hogares. Sus resultados mostraron incrementos en las tasas de respuesta de los hogares tratados, y animaron a sus responsables a seguir utilizando este diseño adaptativo en futuras ediciones.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es adaptar la implementación de machine learning vista en Beste et al. (2023) para predecir la participación de los hogares panel en el contexto de la Encuesta Financiera de las Familias (EFF). En cada uno de estos artículos se utiliza información sobre hogares que participaron en olas pasadas de dos encuestas, y se utiliza esa información para predecir una variable binaria de participación o no participación en una ola posterior. El rendimiento de todos los modelos se compara con un modelo de referencia, que es una regresión logística. En el caso de este proyecto, utilizamos datos de las olas 4, 5, 6 y 7 de la EFF (que se corresponden con los años 2011, 2014, 2017 y 2020) para entrenar varios modelos de machine learning. A continuación, utilizamos dichos modelos para predecir la participación de los hogares panel en la ola 8 (que se corresponde con el año 2022), y comparamos su rendimiento con respecto a un modelo de regresión logística.

El resto de este documento se organiza de la siguiente manera. En el siguiente capítulo se exponen los objetivos, la planificación y las motivaciones personales de este proyecto. En el tercer capítulo se presenta la EFF, los datos que se han utilizado y la metodología aplicada. En el cuarto capítulo se presentan los resultados de la implementación descrita en el tercer capítulo, junto con los desafíos encontrados durante el proceso. Finalmente, el último capítulo contiene las conclusiones obtenidas de los resultados del proyecto y reflexiones sobre cuáles podrían ser los próximos pasos para continuar con este proyecto en el futuro.

Capítulo 2

Objetivos del proyecto, planificación y motivación personal

2.1. Objetivos del proyecto

Este proyecto se contextualiza dentro del marco de la metodología de encuestas. En concreto, se centra en las encuestas longitudinales a hogares, y dentro de ese campo pone el foco en la predicción de la participación de los hogares en olas posteriores a su primera colaboración. La encuesta elegida para el proyecto es la Encuesta Financiera de las Familias (EFF), una encuesta de referencia para investigaciones sobre finanzas de los hogares.

El **objetivo principal** de este proyecto es desarrollar un modelo de predicción basado en métodos de machine learning que ayude a predecir si un hogar que ha participado en al menos una ola de la EFF volverá a hacerlo en olas posteriores.

Para poder desarrollar ese modelo, es necesario completar una serie de **objetivos secundarios**. Estos objetivos se agruparán en 5 fases:

1. Hacer una revisión del estado del arte sobre el Panel Attrition y las metodologías de Machine Learning aplicadas a su predicción.
2. Recolección de datos. Preferentemente, obtener un conjunto de datos que contenga:
 - a) Las respuestas de los hogares al cuestionario de la EFF.
 - b) Paradata sobre el proceso de creación de la encuesta.
 - c) Características de los entrevistadores.
3. Análisis exploratorio de los datos. Identificar patrones dentro de los datos que puedan estar relacionados con el panel attrition.

4. Preprocesar los datos para entrenar modelos de machine learning.
5. Modelado y evaluación de modelos de predicción basados en métodos de machine learning.
6. Interpretación del mejor modelo y redacción de conclusiones.

2.2. Planificación del proyecto

La planificación de este proyecto se va a dividir en 5 fases. La asignación temporal a cada una de ellas se ha realizado de acuerdo a la estructura de contenidos del Plan Docente y al calendario de la asignatura.

1. Fase 1: Contiene la definición del proyecto y la planificación del TFM. Abarca las dos primeras semanas del proyecto, del 27 de septiembre al 10 de octubre.
2. Fase 2: Contiene las tareas de la revisión de la literatura y la caracterización del panel attrition de la EFF. Abarcará desde el 11 de octubre al 23 de octubre.
3. Fase 3: Contiene las tareas de recolección de datos, análisis exploratorio de dichos datos, preprocesamiento para entrenar los modelos de machine learning, modelado y evaluación de los modelos de predicción, y la interpretación de los modelos y la redacción de conclusiones. Esta fase es la más duradera y abarcará desde el 17 de octubre al 19 de diciembre.
4. Fase 4: En esta fase se procederá a la redacción de la memoria del TFM y la preparación de una presentación audiovisual sobre el proyecto. Abarcará desde el 20 de diciembre al 18 de enero.
5. Fase 5: En esta fase final se procederá a la defensa del TFM. Esa etapa abarcará desde el 22 de enero hasta el 4 de febrero.

En la figura [2.1](#) puede observarse la distribución temporal y el tiempo dedicado a cada tarea en un diagrama de Gantt.

2.3. Motivación personal

Trabajo para el Banco de España, y formo parte del equipo que elabora la Encuesta Financiera de las Familias (EFF) desde principios de 2015. He participado en la elaboración de sus cuatro últimas ediciones (EFF2014, EFF2017, EFF2020 y EFF2022) y con los años he adquirido cada vez más interés por la metodología de encuestas y el potencial que tienen para recoger

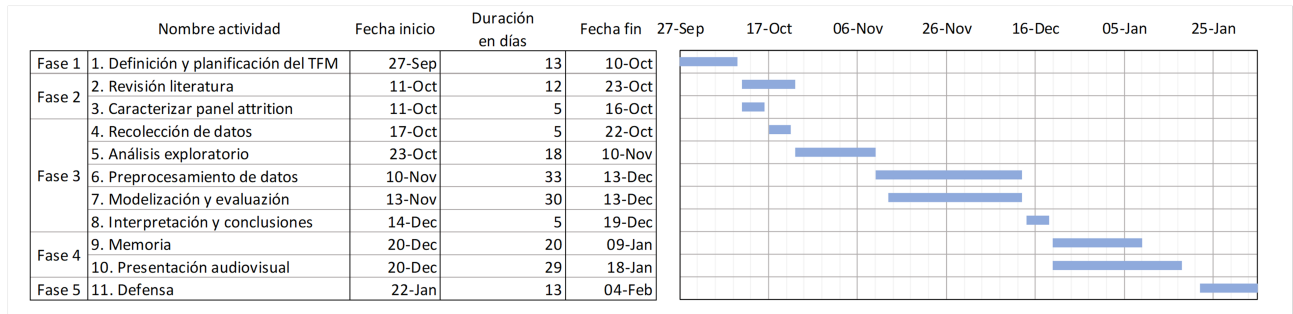


Figura 2.1: Planificación de las actividades del TFM

información sobre fenómenos que de otra manera serían difíciles de captar. La EFF es una fuente de información de referencia en el campo de las finanzas de los hogares, y el aumento del interés que se ha generado en los últimos años hace más importante realizar trabajos y esfuerzos para garantizar e incluso mejorar la calidad de sus datos. En ese sentido, la gran cantidad de parámetros que se generan durante cada ola ofrecen muchas oportunidades para aprender sobre todo el proceso, y también mejorarlo.

Por otro lado, en los últimos años ha aumentado la variedad de formatos en los que recibimos los datos, tomando una gran relevancia los audios de las entrevistas y los comentarios de texto escritos por los entrevistadores. Los métodos y las herramientas desarrolladas en el campo de la ciencia de datos abren un mundo de posibilidades para poder analizar toda esa información, y que hace apenas unos años no eramos capaces ni de imaginar. Es un buen momento y una gran oportunidad para trabajar en este campo.

Finalmente, sobre el Panel Attrition, considero que la etapa más importante de la elaboración de la EFF es el trabajo de campo. En ella se contacta a los hogares, se les convence para participar en la encuesta y se realizan las entrevistas. Marca el devenir las siguientes etapas, y también el nivel de calidad de los datos. Por esa razón, es importante conseguir la colaboración de los hogares. Especialmente la de los hogares panel, ya que representan una proporción importante de la muestra, y no convencerlos puede llegar a ser muy costoso. Y es un área que en la EFF no se ha podido explorar hasta. Es una gran oportunidad para aprender.

Capítulo 3

Panel Attrition: Causas, predicción y machine learning

3.1. Causas del panel attrition, tratamiento y métodos adaptativos y reactivos

Conceptualmente, las causas del panel attrition pueden clasificarse en tres categorías secuenciales ([Lepkowski et al. \(2002\)](#)): no-localización, no-contacto y no-cooperación.

La no-localización se refiere a no conseguir localizar a los hogares panelistas durante el período de campo. Esto suele ocurrir por cambios o errores en la información de contacto recogida durante la ola anterior (direcciones de residencia, teléfonos o email) ([Couper and Ofstedal \(2009\)](#)). Algunos factores que pueden contribuir al éxito o fracaso en la localización son el método de recolección de datos, la propensión a los cambios de localización de los encuestados entre diferentes olas, el tiempo transcurrido entre olas o el presupuesto ([Lynn \(2009\)](#)).

La segunda causa es el no-contacto. Se trata de, tras localizar exitosamente al panelista, no conseguir establecer un contacto. Para que haya contacto exitoso, es necesario que el intento de contacto por parte de los encuestadores coincida temporalmente con la disponibilidad del panelista. Esto depende completamente del método de recolección de los datos. Por ejemplo, en una entrevista personal, el panelista debe estar en su residencia justo en el mismo momento en el que el entrevistador hace la visita al hogar.

Finalmente, después de establecer el contacto, es necesario convencer al panelista para que vuelva a participar otra vez en la encuesta. La falta de cooperación es una preocupación común en todo tipo de encuestas, y suelen destacar factores como las características socio-demográficas de los encuestados o la temática de la encuesta ([Groves et al. \(1992\)](#)). En el caso particular de las encuestas longitudinales, los encuestados además tienen experiencia previa por haber

participado en ediciones pasadas, y esto puede potenciar el efecto de factores como la duración de la entrevista, la carga cognitiva de pensar las respuestas o la fatiga por haber participado en ediciones anteriores (Laurie et al. (1999), Watson and Wooden (2009), Lynn (2018)).

Con respecto a las consecuencias del Panel Attrition, Lynn (2018) destaca dos principales problemas. Por un lado, si la tasa de attrition es alta, el tamaño de la muestra se reducirá drásticamente con el paso de las olas, lo que provocará que la precisión de los estimadores de la encuesta sea muy baja, y además limitará o incluso imposibilitará el análisis de subgrupos dentro de la muestra. Por otro lado, si el Panel Attrition no es aleatorio, y por tanto los panelistas que abandonan la encuesta son sistemáticamente diferentes a los que se mantienen, existe el riesgo de introducir un sesgo de no-respuesta en los estimadores.

Tradicionalmente, los efectos del Panel Attrition se han mitigado con la implementación de métodos de imputación múltiple (Rubin (1987)), reponderando los pesos muestrales (Groves et al. (2009)) e introduciendo muestras de refresco para sustituir a las unidades muestrales perdidas (Hirano et al. (1998)). Pero en las últimas décadas se ha extendido el uso de los llamados diseños adaptativos y reactivos (adaptive and responsive designs, Groves and Heeringa (2006), Wagner (2008), Schouten et al. (2017), Tourangeau et al. (2017)). Estos diseños se fundamentan en utilizar toda la información que se genera durante la elaboración de encuestas (respuestas al cuestionario, paradata, observaciones de los entrevistadores, información de olas pasadas...) para diseñar implementaciones informadas cuyo objetivo sea mejorar la calidad de los datos, reducir los costes, o ambos. Por ejemplo, se han utilizado para revisar incentivos a participar para grupos concretos de encuestados McGonagle et al. (2022), revisar el orden de las preguntas (Early et al. (2017)) o utilizar los registros de llamadas a panelistas en ediciones anteriores para optimizar las estrategias de contacto en las ediciones siguientes (Kreuter and Müller (2015)).

Dentro de este contexto de diseños adaptativos y reactivos, en las últimas décadas destaca el desarrollo del uso de algoritmos de machine learning en la metodología de encuestas, y en particular para predecir no-respuesta y panel attrition (Buskirk et al. (2018), Kern et al. (2019)). Se comenta con más detalle en el siguiente apartado.

3.2. Predicción de Panel Attrition con machine learning

Los modelos utilizados en metodología de encuestas pueden clasificarse en dos categorías según sus objetivos: modelos para explicar, y modelos para predecir. Los modelos explicativos utilizan toda la información disponible para explorar las relaciones entre diferentes variables observadas, identificar causalidad entre ellas y realizar ejercicios de inferencia y contrastes de hipótesis. Los modelos predictivos, en cambio, buscan predecir o clasificar con precisión

el valor de ciertas variables para escenarios que todavía no han ocurrido. Por construcción, sólo utilizan la información disponible antes de que ocurra el suceso a predecir. Aunque los modelos basados en métodos de machine learning pueden ser utilizados para ambas tareas, son particularmente interesantes para realizar tareas de predicción. En [Buskirk et al. \(2018\)](#) destacan particularmente la flexibilidad de los modelos de machine learning con respecto a otros modelos tradicionales utilizados en la metodología de encuestas, como la regresión logística o los mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Para muchos algoritmos de machine learning no es necesario hacer supuestos sobre las distribuciones de las variables, hacer una especificación explícita de las relaciones entre variables antes de estimar los modelos, y además soportan el uso de un gran número de variables. Esto les permite detectar patrones y relaciones complejas entre variables y los convierte en una herramienta muy útil para realizar tareas de predicción.

En el contexto de la predicción del panel attrition, muchos estudios comparan el rendimiento de modelos de machine learning con el de modelos que se han utilizado tradicionalmente para analizar panel attrition, generalmente una regresión logística o Logit de efectos principales, es decir, sin considerar interacciones entre variables ni relaciones no lineales. En [Kern et al. \(2019\)](#) y [Kern et al. \(2021\)](#) utilizan datos de dos paneles de hogares en Alemania para comparar el rendimiento de un Logit con varios modelos basados en árboles de decisión. Los resultados son prometedores ya que todos los modelos basados en árboles mostraron mejores rendimientos que el Logit, y destacan por su facilidad para ser interpretados. Sin embargo, estos resultados no parecen ser extrapolables a todo tipo de encuestas. Otro ejemplo prometedor puede verse en [Beste et al. \(2023\)](#). Este estudio se divide en dos partes. En primer lugar, se utiliza información de ediciones pasadas de una encuesta a hogares en Alemania para comparar, de nuevo, el rendimiento de un Logit con un algoritmo k-nearest neighbours (kNN), un árbol de clasificación (CART), un Random Forest (RF) y un Gradient Boosting Machine (GBM). El modelo que ofreció mejores resultados fue el Random Forest. Y en la segunda parte, utilizaron ese modelo de Random Forest para identificar hogares panelistas con una baja propensión a participar en la edición siguiente de la encuesta. Esa información les sirvió para crear un diseño experimental en el cual se asignaba un incentivo monetario adicional a la mitad de esos hogares. Sus resultados del experimento mostraron incrementos en las tasas de respuesta de los hogares tratados, y animaron a sus responsables a seguir utilizando este diseño adaptativo en futuras ediciones.

Aunque sin duda estos resultados son prometedores, es importante recalcar que deben ser contextualizados y valorados para cada caso de análisis. Por ejemplo, en [Liu \(2020\)](#) se utiliza un panel de individuos en Estados Unidos para predecir la participación de panelistas en la segunda edición de dicha encuesta, y se compara de nuevo el rendimiento de un Logit con los de un Random Forest (RF), un modelo de Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) y un LASSO.

Sólo el LASSO mostró una mejora con respecto al modelo de regresión logística. Otro ejemplo puede verse en [Jankowsky and Schroeders \(2022\)](#). En este estudio se compara el rendimiento de un modelo Logit con el de un modelo GBM (Gradient Boosting Machine) en dos encuestas con diseños bastante diferentes (una encuesta es en EEUU y la otra en alemania, una se ha realizado cada nueve años y la otra anualmente, una es telefónica y la otra es una entrevista presencial...). Para ambas encuestas apenas se observa que el GBM mejore los resultados de la regresión logística.

Como resumen, podemos decir que los algoritmos de machine learning poseen características que los hacen atractivos como herramientas de apoyo para el desarrollo de diseños adaptativos y reactivos en el área de la metodología de encuestas, y en particular para predecir. De manera particular, algunos modelos, especialmente los basados en árboles de decisión, han mostrado buenos resultados a la hora de predecir la participación de panelistas en futuras ediciones de encuestas longitudinales. Sin embargo, es importante recalcar que estos resultados no son necesariamente generalizables a cualquier tipo de encuestas, y su uso debe ser valorado para cada caso en particular.

Capítulo 4

Datos y metodología

4.1. Datos: La Encuesta Financiera de las Familias

Para este proyecto se van a utilizar los datos de la Encuesta Financiera de las Familias (EFF). La EFF es una encuesta oficial a hogares elaborada por el Banco de España y está incluida en el Plan Estadístico Nacional. Su primera edición se realizó en el año 2002, y se ha producido de manera trienal hasta el año 2020. Desde entonces, se produce de manera bienal.

El objetivo de la EFF es recabar información sobre las condiciones financieras de los hogares residentes en España. Su cuestionario principal está compuesto por nueve secciones. Las secciones 1 y 6 recogen información sociodemográfica individualizada de todos los miembros del hogar y también información individualizada sobre la situación laboral y los ingresos de cada miembro del hogar mayor de 16 años. El resto de secciones recogen información detallada sobre los activos, deudas, gastos y uso de medios de pago del hogar en su conjunto, y contienen módulos específicos que recogen información individualizada de ciertos elementos patrimoniales si el hogar los posee, como propiedades inmobiliarias, negocios gestionados por cuenta propia o planes de pensiones. Los hogares formados por más miembros mayores de edad y que posean más elementos patrimoniales responderán a más preguntas. Por poner un ejemplo con números, en la EFF2017 a cada hogar se le plantearon entre 137 y 594 preguntas, siendo la mediana de 259 preguntas ([Barceló et al. \(2021\)](#)).

La EFF es la única fuente estadística que permite relacionar información sobre activos, deudas, ingresos y gastos de los hogares españoles. Esto permite analizar las decisiones de inversión y financiación de las familias y conocer su situación patrimonial, y gracias a ello tener un mayor conocimiento de la economía española y poder utilizarlo para hacer un diseño adecuado de políticas públicas. Por nombrar algunos ejemplos de estudios realizados con la EFF, se ha utilizado para cuantificar el ahorro adicional generado para los partícipes en planes de pensiones de empresa ([Gómez and Villanueva \(2022\)](#)), para caracterizar cómo afectó la

pandemia del Covid-19 a la situación patrimonial de los trabajadores más afectados por dicha crisis ([Alvargonzález et al. \(2020\)](#)) o para analizar las diferencias en aceptación y uso de tarjetas de crédito y banca online entre diferentes grupos de hogares desde el año 2002 ([Crespo et al. \(2023\)](#))).

El diseño de la muestra de la EFF tiene dos características importantes: un sobremuestreo de hogares ricos y un componente longitudinal o panel. El sobremuestreo de ricos¹ garantiza poder analizar con suficiente precisión el comportamiento de los hogares de la parte alta de la distribución de riqueza. Este detalle es importante porque la distribución de la riqueza entre los hogares es asimétrica, por lo que sólo unos pocos hogares, especialmente los más ricos, son los que invierten en ciertos activos. Por otro lado, el componente panel indica que se vuelve a entrevistar a hogares que participaron en ediciones anteriores. Esto permite monitorearles durante períodos de hasta diez años, y observar los cambios en las variables de interés de la encuesta. El número máximo de ediciones en las que un hogar puede participar en la EFF es de cuatro olas consecutivas. Si cesa su participación antes de completar sus cuatro ediciones, se descarta de la muestra y no vuelve a ser contactado en olas posteriores. Finalmente, para sustituir a los hogares descartados del panel rotatorio y mantener la representatividad de la muestra, en cada nueva ola de la EFF se añade una nueva muestra de refresco a la muestra panel.

Volviendo a los datos, en este proyecto se utiliza información que proviene tanto de las respuestas al cuestionario de la EFF, como del paradata recopilado durante la producción de los datos. En la figura 4.1. puede observarse un resumen de este proceso. La producción de la EFF se divide en dos grandes fases: Campo y Post-Campo. Durante el Campo se contacta con los hogares, se realizan las entrevistas personales, se procesan los datos y se realiza parte de la revisión de los mismos. En el Post-Campo se termina el proceso de revisión, se evalúa el grado de no-respuesta de los datos de cada hogar para eliminar las entrevistas con poco contenido informativo, y se procede a la imputación de la no-respuesta. Tras este último proceso, se obtienen los datos finales.

A continuación se hace una breve descripción de los aspectos más relevantes de las subfases y que son importantes para la selección de variables para este estudio.

- **Contacto y cooperación:** Se envía una carta a los hogares para informar sobre su selección para la encuesta y que una persona les visitará personalmente en su domicilio para hacerles una entrevista personal. El contacto puede requerir varias visitas, ya que es necesario que algún miembro del hogar esté físicamente en su hogar cuando tenga

¹La muestra de la EFF es seleccionada por el Instituto Nacional de Estadística, en colaboración con la Agencia Tributaria, a partir de las declaraciones individuales más recientes en el Impuesto sobre el Patrimonio. Para una descripción más detallada del proceso, puede consultarse [Barceló et al. \(2021\)](#).

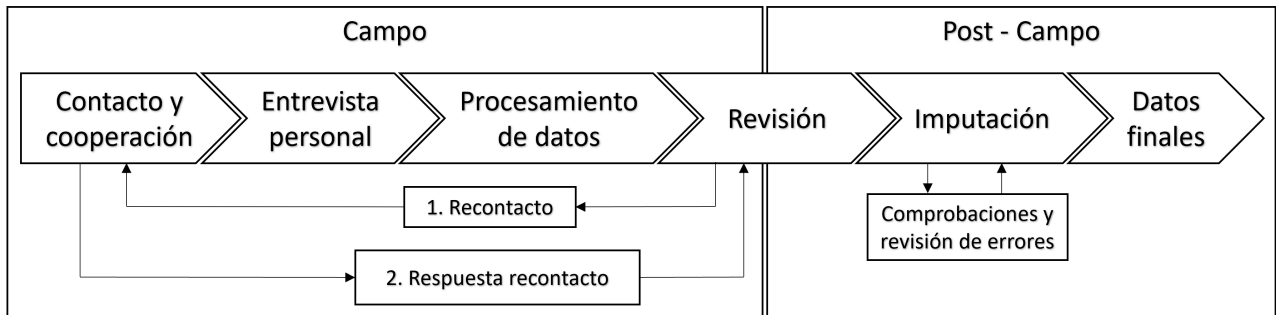


Figura 4.1: Fases de la creación de datos de la EFF

lugar la visita presencial. La información sobre cada intento (fecha y hora, resultado...) se recoge en un ordenador. Antes de establecer el contacto, los entrevistadores rellenan un cuestionario que recoge información sobre las características del barrio y del edificio en el que vive el hogar. Los entrevistadores también llevan documentación sobre la encuesta que pueden utilizar para intentar convencer al hogar, como por ejemplo un folleto con noticias de prensa en las que se ha hablado de la EFF.

- **Entrevista personal:** Se realiza una entrevista personal a la persona con más conocimiento de las finanzas del hogar, que se denomina Persona de Referencia o PR. La PR puede ser miembro del hogar, o un representante del mismo, denominado proxy, siempre y cuando sea la persona con mayor conocimiento de las finanzas del hogar. También pueden participar otros miembros del hogar. Las entrevistas suelen durar entre una hora y hora y media (Barceló et al. (2021)). Antes de empezar la entrevista, se pide a la PR su consentimiento para que algunas partes de la misma puedan ser grabadas en audio por motivos de calidad de los datos. La entrevista puede realizarse aunque no haya grabación. Los entrevistadores recogen las respuestas en un ordenador o una tablet (CAPI), y también pueden anotar en comentarios de texto todos los detalles que consideren importantes para la revisión. La PR puede decidir no contestar a ciertas preguntas. Su valor se asignará como missing, y se imputará más adelante. Las cantidades monetarias pueden responderse en valor puntual, o dentro de un rango de valores. Tras la entrevista, y sin la presencia de los hogares, los entrevistadores rellenan un cuestionario con información sobre el desarrollo de la entrevista, en el que por ejemplo se recoge el nivel de comprensión de la PR a las preguntas, el nivel de interés mostrado por la PR o cuántas personas han participado en la entrevista.
- **Procesamiento de datos:** Los ordenadores y servidores de la empresa de campo procesan los datos recogidos durante el contacto con los hogares y durante las entrevistas. Se crean tres ficheros, uno con las respuestas al cuestionario, uno con la información de los

contactos con cada hogar, y finalmente uno con la información del paradata recogido por el ordenador durante la entrevista².

- **Revisión:** Un equipo de personas revisa individualmente todas las entrevistas y corrige los errores que puedan detectarse. Si hay información relevante que se ha recogido erróneamente o se ha omitido, se contacta de nuevo con el hogar para corregirlo o recuperar esa información. Este recontacto se hace por teléfono. Toda la información sobre la revisión (cambios sobre variables, recontactos...) se recoge en una aplicación informática y puede ser exportada en ficheros de diversos formatos (csv, excel...).
- **Imputación:** Se analiza la proporción de preguntas sin responder dentro de cada entrevista (no-respuesta), y se eliminan las que no superen ciertos umbrales de calidad. Todas las variables que contienen no-respuesta se imputan mediante técnicas de imputación múltiple³. Se crean 5 ficheros con datos imputados.

Con respecto a los procedimientos de Contacto y Entrevista personal, es necesario mencionar que algunos elementos tuvieron que modificarse durante la EFF2020, ya que el campo tuvo lugar entre noviembre de 2020 y junio de 2021, y se vio afectado por la pandemia del Covid-19. Durante esa ola, los entrevistadores siguieron visitando personalmente a los hogares para conseguir su colaboración⁴, pero siempre respetando las medidas de distanciamiento social. Las entrevistas se realizaron de manera telefónica asistida por una tablet (CATI). El resto de procedimientos se mantuvieron como en otras ediciones.

Para la elaboración de este proyecto se utiliza la información recopilada durante las olas de la EFF2017, EFF2020 y EFF2022⁵. Estas ediciones son las únicas que cuentan con la información más detallada de paradata y de las características de los entrevistadores. En ediciones anteriores esta información o no está disponible, o contiene errores de medida que no son fácilmente corregibles. A pesar de esto, es posible identificar en cuántas ediciones ha participado cada hogar, por lo que es posible utilizar información que se remonta hasta la edición de la EFF2011. Los ficheros de datos que se han utilizado durante este proyecto son:

- **Fichero de trabajo:** Registro de hogares con entrevistas válidas. Contiene la información de las respuestas de los hogares, incluyendo las correcciones y ediciones de la revisión. Se indican los datos que deben ser imputados. También incluye variables auxiliares generadas

²También se crea un fichero con los comentarios de texto recogidos por los entrevistadores durante la entrevista, pero no se ha podido incluir en este estudio por falta de tiempo.

³Los métodos de imputación múltiple utilizados en la EFF pueden consultarse en [Barceló \(2006\)](#).

⁴Durante el principio del campo, algunos hogares panel fueron contactados sólo por teléfono, pero a las pocas semanas se decidió establecer la visita personal como el procedimiento estándar.

⁵En el momento de escribir este documento, la EFF2022 se encontraba en pleno proceso de imputación, por lo que el equipo del Banco de España ya conocía los resultados de participación de esa ola y era posible utilizarlos para este proyecto.

para el proceso de imputación (características del hogar, de los miembros, del municipio...) y contadores de no respuesta de cada entrevista. Es el fichero que se utiliza para imputar.

- **Fichero de datos imputados:** Registro de hogares que contiene las respuestas al cuestionario después de haber imputado los datos con no-respuesta de los hogares. Por simplicidad, sólo utilizaremos uno de los conjuntos de datos de la imputación multiple. Sólo contiene variables imputadas e indicadores de las características del hogar.
- **Fichero de contactos:** Registro de hogares contactados durante una ola de la EFF. Contiene información sobre el número de intentos de contacto con cada hogar, la fecha en que se produjo, el resultado de cada uno de ellos (aplazamientos, rechazos...) y las respuestas al cuestionario de vecindario rellenado por los entrevistadores.
- **Fichero de revisión:** Registro de hogares e incidencias que contiene información sobre el proceso de revisión y los recontactos. Para cada hogar hay varios registros. Uno contiene información general sobre el proceso de revisión (por ejemplo, si se ha realizado un recontacto), y el resto de registros son incidencias en los datos que se detectado (por ejemplo, si se ha omitido una propiedad inmobiliaria, se abrirá un registro indicando esa incidencia y cómo se ha solucionado).
- **Censo de entrevistadores:** Registro de entrevistadores que contiene la información disponible sobre los entrevistadores que han participado desde la EFF2014 a la EFF2022.
- **Fichero de paradata:** Registro con información sobre las pantallas del software CAPI que se utilizó durante la entrevista. Para cada hogar, contiene información detallada de la interacción del entrevistador con el ordenador durante la entrevista. En concreto, contiene el flujo de pantallas que se visualizaron en el ordenador en cada entrevista, y para cada pantalla se registra la fecha y hora en la que entró, si se seleccionó volver a la pantalla anterior, el tiempo que se pasó en esa pantalla o incluso si se seleccionó parar la entrevista en esa pantalla.

4.2. Metodología

Tomando como referencia las estrategias de investigación propuestas en [Oates et al. \(2022\)](#), en este proyecto se presenta un 'Caso de estudio'. Se busca tener un conocimiento profundo sobre la participación de los hogares panel en el caso específico de la EFF, y buscar un modelo para predecirla.

La metodología de este proyecto se fundamenta en cuatro pilares. En primer lugar, en la recopilación de los datos de las entrevistas y los entrevistadores que participaron en las olas EFF2017, EFF2020 y EFF2022. El segundo pilar es la realización de un análisis descriptivo de un conjunto de variables con potencial para explicar la Attrition. En tercer lugar, en el

entrenamiento de varios modelos basados en métodos de machine learning con datos de la EFF2017 y la EFF2020, y evaluar su rendimiento para predecir la participación de los hogares panel en la EFF2022. Para este ejercicio se adapta la implementación hecha en [Beste et al. \(2023\)](#) al caso de la EFF. Finalmente, se realiza una valoración de los resultados obtenidos y qué pasos podrían darse en el futuro para seguir desarrollando este proyecto.

El resto de esta sección se divide en tres apartados. En primer lugar se da una breve descripción del proceso de recopilación de los datos. En el siguiente apartado se define la variable dependiente *Attrition* y también las variables que se van a utilizar como predictores de los modelos. Finalmente, se cierra este capítulo con la descripción de la estrategia de entrenamiento y validación de los modelos.

Recopilación de datos

Como acabamos de comprobar, en la EFF hay, por un lado, información sobre las entrevistas a los hogares repartida en varios ficheros para cada ola en la que han participado; y por otro lado, información sobre los entrevistadores que han colaborado en la EFF recogidas en un censo. La unidad de análisis de este estudio son hogares que ya han participado al menos una vez en alguna edición de la EFF, y que son elegibles para ser entrevistados en la siguiente edición. Por tanto, para cada ola se selecciona sólo a los hogares que han participado como máximo en tres ediciones, ya que los que han participado en la cuarta son eliminados de la muestra de cara a la siguiente edición. Los datos de una ola en concreto se utilizan como variables explicativas en los modelos, y como variable objetivo se extraerá el estatus de participación de ese mismo hogar del fichero de contactos de la ola siguiente. La vinculación de la información entre ambas ediciones se realiza a través de un identificador común que tienen los hogares en los ficheros de datos de ambas olas.

Por otro lado, la vinculación con la información del censo de entrevistadores se realiza a través de un identificador único que tiene cada entrevistador y que permanece inalterable a lo largo de las olas. Para cada hogar se conoce el identificador de la persona que realizó la entrevista en cada una de las olas en las que participó.

Variable *Attrition* y predictores

El objetivo del estudio es encontrar un modelo para predecir si un hogar que ha participado en la ola t de la EFF no volverá a participar en la siguiente ola $t + 1$. Para ello, se define la variable *Attrition* como una variable dicotómica que toma valor 0 si el hogar vuelve a participar, y valor 1 si no vuelve a participar:

$$Attrition = \begin{cases} 0 & \text{el hogar participa en la ola } t + 1 \\ 1 & \text{el hogar no participa en la ola } t + 1 \end{cases} \quad (4.1)$$

En el cuadro 4.1 puede observarse que, en las olas de 2020 y 2022, la mayoría de los hogares panel volvieron a participar. Aunque parezca que sólo un ligero desbalance entre las observaciones de cada clase de Attrition, durante los primeros entrenamientos y evaluaciones de los modelos se comprobó que las predicciones se asignaban masivamente a la clase mayoritaria ($Attrition = 0$). Para evitar esto, y dado el tamaño limitado de la muestra, previo al entrenamiento se procede al balanceo de la clase Attrition realizando un sobre-muestreo de dicha clase usando el algoritmo SMOTE (Syntetic Monirity Over-sampling Technique, [Chawla et al. \(2002\)](#)).

Attrition	EFF2020	EFF2022
Participa (attrition = 0)	3830	3974
No participa (attrition = 1)	2107	1531

Cuadro 4.1: *Distribución de Attrition en EFF2020 y EFF2022*

En el otro lado de un modelo de predicción se encuentran las variables que se eligen como predictores. Por definición, estas variables deben contener información conocida y observable antes de que se produzca el fenómeno que se quiere predecir. En ese sentido, para predecir *Attrition* en $t + 1$ se utilizan como predictores variables que se corresponden con la ola anterior, la ola t . La selección de estas variables se ha inspirado en la realizada por [Beste et al. \(2023\)](#) y [Kern et al. \(2021\)](#), y adicionalmente se han incluido otras variables de interés para la EFF, como por ejemplo si un hogar se ha recontactado durante la revisión o si la entrevista se realizó con un proxy. La selección final de 57 variables explicativas utilizadas en este estudio puede consultarse en el cuadro 4.2.

Entrenamiento, validación y test de modelos de machine learning

La estrategia de entrenamiento y validación utilizada en este proyecto se inspira en la implementada en [Beste et al. \(2023\)](#). Se entrenan cuatro modelos de predicción basados en algoritmos de machine learning, y se compara su rendimiento con un modelo de referencia que se utiliza tradicionalmente para analizar Panel Attrition. Este modelo base es una Regresión Logística o Logit de efectos primarios (sin interacciones entre variables y sin especificaciones no lineales). Los modelos de machine learning que se entrenan y evalúan son un árbol de decisión (CART), un Random Forest (RF), un eXtreme Gradient Boosting (XGBOOST) y un Naive Bayes (NB). La elección de estos modelos se fundamenta, por un lado, en los buenos

resultados que han mostrado para predecir panel attrition en otras encuestas para hogares ([Kern et al. \(2019\)](#), [Kern et al. \(2021\)](#), [Beste et al. \(2023\)](#)) y, por otro lado, en que estos modelos son fácilmente interpretables en comparación con otros algoritmos de machine learning, como pueden ser las máquinas de soporte vectorial(SVM) o las redes neuronales. Esto facilita que sean utilizados para diseños adaptativos y reactivos.

Con respecto al proceso de entrenamiento y evaluación, a la hora de elegir los conjuntos de entrenamiento, validación y test, se tiene en cuenta el uso que se querría dar al algoritmo en la práctica. El objetivo es predecir qué hogares tienen más probabilidad de abandonar el estudio en la ola siguiente antes de que ésta tenga lugar. Por un lado, Eso implica establecer un criterio de separación temporal entre los conjuntos de entrenamiento y test, y asegurar que en los predictores de los modelos sólo se incluye información conocida ex-ante. En ese sentido, siguiendo la idea propuesta en [Beste et al. \(2023\)](#), utilizaremos exclusivamente información disponible en una ola concreta para predecir el resultado de la participación en la siguiente. Por esa razón, para el entrenamiento y la validación de los modelos, se utiliza la información recopilada en la EFF2017 para predecir la participación en EFF2020, y para el ejercicio del test se utiliza la información recopilada en la EFF2020 para predecir la participación en la EFF2022.

Para el tuning de los hiperparámetros de los modelos, se sigue una estrategia de k-fold cross-validation para los conjuntos de entrenamiento y validación, con $k=5$. Con respecto a los valores específicos de los hiperparámetros, como no existe certeza sobre cuáles son los valores más adecuados, se considera un rango bastante amplio para cada hiperparámetro de todos los algoritmos. Para los modelos Logit y CART se utiliza un algoritmo de búsqueda de red (grid search) para probar cada combinación de hiperparámetros. Con respecto a los algoritmos RF y XGBOOST, dados los elevados tiempos y costes de ejecución de cada uno, se utiliza un algoritmo de búsqueda aleatoria (random search) con 2500 iteraciones. Aunque no se prueben todos los valores de los hiperparámetros, se ha comprobado que la búsqueda aleatoria es una alternativa válida en contextos de alta dimensionalidad de hiperparámetros ([Bergstra and Bengio \(2012\)](#)). Finalmente, a la hora de seleccionar las mejores combinaciones de modelos, la métrica que se busca maximizar es la ROC AUC.

Fuente de información	Variables
Características del hogar	Número de adultos con empleo, Número de adultos jubilados, Propietario vivienda principal, Tamaño del hogar, Tiene otras propiedades, Tiene joyas, Posee negocios, Posee cuentas para pagos, Posee acciones que cotizan, Posee acciones que no cotizan, Posee renta fija, Posee fondos de inversión, Posee cuentas para no pagos, Posee planes de pensiones, Les deben dinero, Poseen vehículos, Percentil de renta, Percentil de riqueza Bruta, Pareja vive en el hogar, Poseen otros activos financieros, Tienen deuda, Tienen ingresos de activos, Hijos viven en el hogar, Nivel de satisfacción con la vida
Características PR	Nivel de satisfacción con la vida, Es panel, Nivel educativo, Estado de salud, Edad, Estado Civil - Casada, Estado Civil - Viuda, Sexo, Situación laboral - Asalariado, Situación laboral - Jubilado, Situación laboral - Inactivo
Valoraciones FI	Recelo tras la entrevista, Edificio Unifamiliar, Barreras - portero automático, Barreras - Sin barreras, Entendimiento de las preguntas por parte de PR, Interés de PR, Razones colaborar - Interesado en estos estudios, Razones para colaborar - Lo lleva el BdE, Razones para colaborar - Relevancia de la encuesta, Razones - Favor al entrevistador, Razones - Dar su opinión, Razones - Otras
Paradata	PR consiente grabar la entrevista, Hogar recontactado, Número de olas en las que se ha participado, Tamaño del municipio, Entrevista con proxy, Número de miembros del hogar que participan en la entrevista, Porcentaje de preguntas monetarias respondidas en valor puntual, Porcentaje de preguntas monetarias respondidas (incluye intervalos), Número de variables con valores missing, Duración de la entrevista (en segundos)

Cuadro 4.2: Selección de variables para entrenar los modelos de predicción

Capítulo 5

Resultados

5.1. Análisis exploratorio de los datos

El objetivo del análisis exploratorio de datos es investigar las características de los datos que se van a utilizar. Por un lado, se observan las características particulares de cada variable, y por otro las relaciones que existan entre ellas, y de manera especial la que tienen con la variable Attrition. Esta información es importante porque ayuda a identificar y tratar rasgos de las variables que pueden afectar a los modelos de machine learning que se quieren entrenar.

Como veremos a continuación, en este proyecto se ha manejado una gran cantidad de datos de gran diversidad de origen y formato. El análisis exploratorio de toda esa información es muy amplio y no es posible incluir todo el trabajo en esta sección. Por esa razón, sólo se muestran resultados que son de interés para el análisis del panel attrition, o resultados que han ayudado a la toma de decisiones para la selección o transformación de variables para los modelos de predicción.

Este análisis se separa en cuatro bloques. El primero describe la gran cantidad de datos que se generan en la EFF y el proceso de filtrado que se ha realizado para este proyecto. Los otros tres bloques abordan tres temas que preocupan a los productores de encuestas porque suelen afectar a la participación de los panelistas: la experiencia en la encuesta y las entrevistas, la persona que responde a la encuesta, y las características de los hogares.

Número de registros y variables

Una sola edición de la EFF produce una gran cantidad de datos. El Cuadro [5.1](#) muestra el número de registros y variables disponibles en cada uno de los ficheros utilizados en este proyecto. Estos números incluyen a todos hogares contactados y a todas variables generadas

durante la producción de datos de la EFF en sus ediciones de 2017, 2020 y 2022¹. Tras realizar el filtrado de hogares elegibles para el estudio, se obtiene que los hogares de la EFF2017 elegibles para la EFF2020 son 5,937² y los hogares elegibles de la EFF2020 para la EFF2022 son 5,505. Con respecto al censo de entrevistadores, sus números incluyen a los 260 entrevistadores que han participado en las ediciones de 2014, 2017, 2020 y 2022. Tras filtrar por las ediciones de 2017 y 2020, se obtiene que en la EFF2017 participaron 69 entrevistadores, mientras que en la EFF2020 participaron 65 entrevistadores, de los cuales 25 personas también participaron en la EFF2017.

Nombre del fichero	EFF2017		EFF2020	
	Registros	Variables	Registros	Variables
Fichero de trabajo	6,413	6,103	6,313	6,497
Fichero de datos imputados	6,413	659	6,313	787
Fichero de contactos	14,456	640	15,457	636
Fichero de revisión	44,760	22	35,217	51
Fichero paradata	2,807,091	13	3,121,437	12

EFF2022		
	Registros	Variables
Fichero de contactos	15,182	636

Censo de entrevistadores		
	Registros	Variables
	260	56

Cuadro 5.1: *Número de registros y variables de los ficheros de datos*

En el cuadro 5.1 también puede observarse que hay ficheros que almacenan más de 6,000 variables. Esto supone un problema de dimensionalidad ya que hay más variables que registros en los datos. Sin embargo, hay cuatro maneras para reducir drásticamente el número de variables a manejar sin perder información relevante, y obtener las variables mencionadas en el cuadro 4.2. La primera es que la inmensa mayoría de variables almacenan las respuestas al cuestionario principal de la EFF. En el segundo párrafo de la sección 4.1 se comentó que el número de preguntas que se formulan depende del número de miembros del hogar, sus edades, y los activos y deudas que posea el hogar, y que en la EFF2017 se plantearon entre 137 y 594 preguntas a cada hogar. Como los modelos de predicción requieren de variables que contengan datos para todos los registros, es posible descartar muchas variables por no tener valores para todos los hogares.

¹De la EFF2022 sólo se utiliza el fichero de contactos ya que sólo se necesita la información sobre la participación de los hogares panel en dicha edición.

²Originalmente se identificaron 5938 hogares de la EFF2017 elegibles para la EFF2020. Pero uno de esos hogares no tenía registros en el fichero de paradata, y se eliminó del conjunto de datos final.

La segunda razón para descartar variables es que muchas no son informativas en su estado original y necesitan ser combinadas con otras para poder obtener información interpretable, o se utilizan como apoyo para la imputación. Por ejemplo, la información sobre cantidades monetarias se recoge en cuatro variables que permiten declarar valores en intervalos a los hogares que no quieran o no puedan dar un valor puntual ([Barceló et al. \(2021\)](#)). Esto se utiliza en la imputación para estimar valores puntuales dentro del rango declarado por el hogar. Al usar el fichero de datos imputados para entrenar los modelos, todas esas variables auxiliares se descartan.

En tercer lugar, hay variables duplicadas porque están almacenadas en varios ficheros de datos, por lo que sólo es necesario extraerlas de uno de esos ficheros. Por ejemplo, todas las variables que aparecen en el fichero de datos imputados también aparecen en el fichero de trabajo. Del fichero de trabajo se extraen indicadores de no-respuesta y otras variables de interés que no aparecen en el fichero de datos imputados, y de éste último se extraen las variables con los valores missing imputados.

Finalmente, para que los modelos de predicción puedan aplicarse tanto para datos de la EFF2017 como para la EFF2020, sólo se seleccionan las variables que estaban disponibles en ambas olas. Esta tarea ha requerido una gran dedicación de esfuerzo y tiempo, ya que en algunos ficheros se detectaron variables que no mantuvieron su nomenclatura, el tipo de dato almacenado o la codificación de los datos entre diferentes olas. Para asegurar la homogeneidad, se ha revisado de manera individualizada la nomenclatura y la codificación de cada variable para ambas ediciones de la EFF.

La experiencia en la encuesta y las entrevistas

En la sección [3.1](#) se comentó que los hogares panel poseen experiencia previa sobre la encuesta que puede afectar a su participación en olas posteriores. Esta experiencia puede abarcar varias ediciones, pero también puede ser informativo observar datos sobre la ola más reciente. En este apartado se muestran dos breves piezas de análisis. Primero se analiza cómo fue la proporción de abandonos en 2020 para cuatro variables que dan información sobre la experiencia de los hogares en 2017, y a continuación se comenta un ajuste necesario en la duración de las entrevistas por la detección de valores atípicos.

En la figura [5.1](#) hay cuatro gráficos de mekko que muestran cómo fue la participación en la EFF2020 de hogares elegibles de la EFF2017 según su ola de entrada en la EFF, si consintieron grabar la entrevista de la EFF2017, si dicha entrevista se realizó con un proxy, y el nivel de recelo que mostraron después de realizarla. Los gráficos de mekko son gráficos de columnas apiladas 100 % en los que la anchura de cada columna muestra la proporción de hogares que hay de una categoría dentro de la muestra. Las regiones superiores o rojas de cada columna

muestran la proporción de hogares que no participaron en la EFF2020, mientras que las regiones inferiores o azules muestran la proporción de hogares que sí participaron.

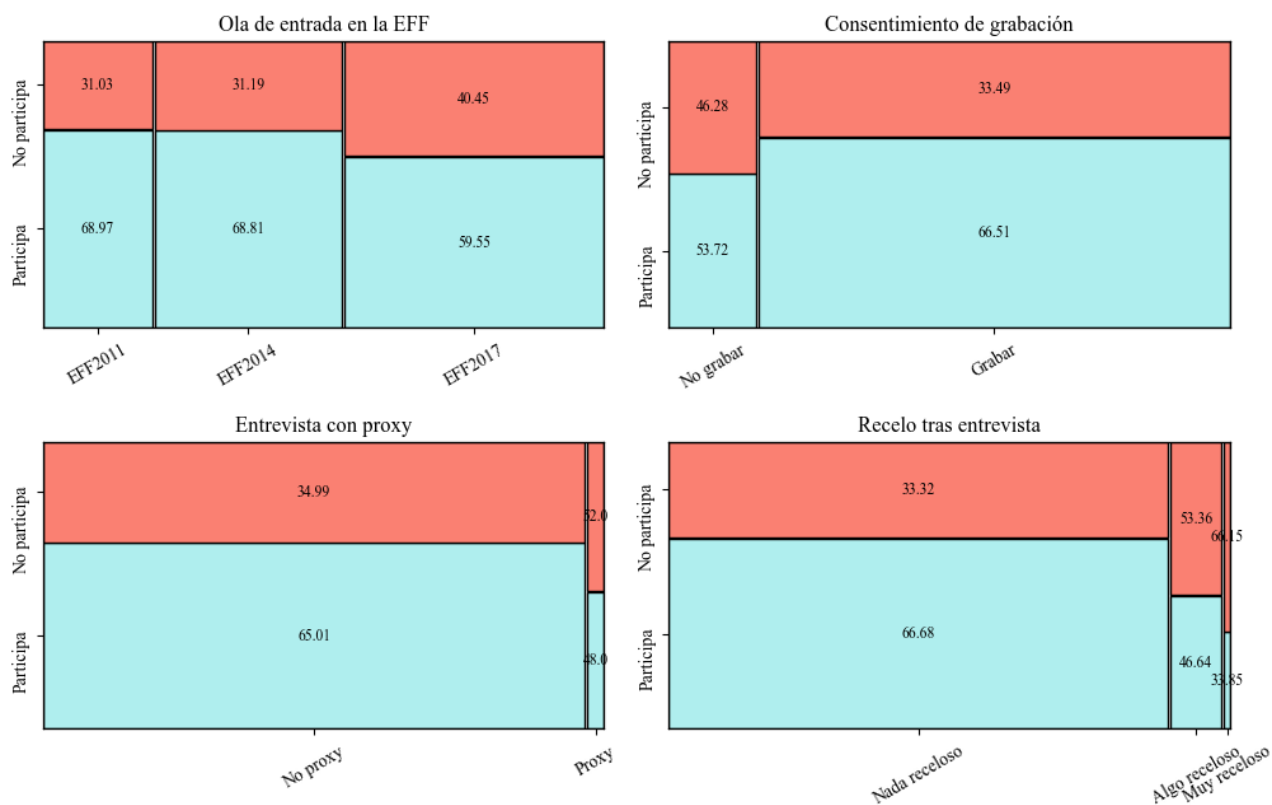


Figura 5.1: Participación en EFF2020 por experiencia en la EFF y en la entrevista de EFF2017

En la figura superior izquierda de la figura 5.1 se observa que la proporción de abandono de hogares que participaron por primera vez en 2017 es mayor que la de los que lo hicieron por primera vez en 2014 o en 2011, y entre estas dos últimas la proporción es similar. Esto sugiere que los hogares que van a participar en su segunda ola podrían ser más complicados de retener que los que llevan más tiempo. Por otro lado, la figura superior derecha muestra que la proporción de no participación es mayor entre los hogares que no consintieron grabar la entrevista en 2017. Esto puede ser una señal de recelo hacia la encuesta, lo que puede dificultar la participación en las siguientes ediciones. En ese sentido también es interesante ver si los hogares se mostraban recelosos tras la entrevista, que es lo que se observa en la figura inferior derecha. La gran mayoría de hogares no se mostraron recelosos tras la entrevista, pero se observa que la proporción de hogares que no participaron en la EFF2020 es mayor a medida que aumenta el nivel de recelo. Finalmente, en la figura inferior izquierda, se ve que la proporción de abandonos en 2020 fue mayor entre los hogares que hicieron la entrevista con proxy en 2017. Una situación que ha ocurrido bastantes veces en la EFF y que puede encajar con un abandono es el de un hogar

formado por personas muy mayores en el que quien lleva las finanzas y termina respondiendo a la entrevista es un hijo o un familiar. Muchos de estos familiares se muestran muy recelosos y, comprensiblemente, quieren que no se moleste a sus familiares. En este tipo de situaciones puede ser más importante volver a convencer a estos familiares que a los propios miembros del hogar, ya que al final son ellos quienes conocen la información del hogar.

Algunos de estos resultados son obvios y pueden parecer poco útiles porque es razonable pensar que un hogar que se mostró receloso durante la entrevista seguramente será más complicado de convencer para volver a participar en la siguiente edición. Sin embargo, para un entrevistador que está a punto de entrevistar a un hogar, puede ser muy útil saber si ese hogar se mostró receloso tras la anterior entrevista. A la hora convencer al hogar puede centrarse más en utilizar argumentos relacionados con la confidencialidad y la seguridad de los datos y no tanto en hablar de la relevancia de la encuesta o del eco que ha tenido en los medios de comunicación. Estos resultados pueden servir para justificar este tipo de análisis y encontrar qué información puede ayudar al trabajo de los entrevistadores.

La otra pieza de análisis de este apartado tiene que ver con la detección de valores atípicos en la duración de las entrevistas. En el entrenamiento de los modelos de la sección 5.2 se ha utilizado la duración total de la entrevista en segundos. Este valor se obtiene del fichero *paradata* calculando, para cada hogar, la suma de los segundos que pasaron en cada pantalla del CAPI durante la entrevista. Al analizar la distribución de las duraciones se encontraron valores atípicos que indicaban que hubo entrevistas que duraron más de 20 horas, cuando las entrevistas suelen durar entre una hora y hora y media ([Barceló et al. \(2021\)](#)).

Como las pantallas del CAPI suelen estar asociadas o a una única pregunta del cuestionario o a los textos de introducción de cada sección, y esa información está recogida en el fichero de *paradata*, se calcularon las duraciones en cada una de las nueve secciones de la EFF. La figura 5.2 contiene los gráficos *box-plot* de las duraciones de las 9 secciones del cuestionario de la EFF2017. Estos gráficos son muy útiles para poder detectar valores atípicos. En la figura 5.2 se ve que hay valores atípicos en todas las secciones, y que algunos son particularmente altos, especialmente en la sección 9. Se sospecha que los entrevistadores no cerraron bien la aplicación del ordenador o la tablet al tomar un descanso, al interrumpir una entrevista, o al terminarla.

Para tratar estos valores atípicos, se decide imputar las duraciones de cada sección cuyo valor está por encima del percentil 99.9 de la duración de dicha sección. Se utiliza el algoritmo *kNN* (*k-nearest neighbors*) con $k=5$ y distancia euclídea. Las características utilizadas para la imputación son, para cada sección, el número de preguntas que se formulan una sola vez, el número total de preguntas formuladas, el número de veces que se vuelve a una pantalla anterior, el número de paradas, el número de preguntas categóricas con 1-4 opciones de respuesta, 5-9 opciones de respuesta o más de diez opciones de respuesta, y el tiempo pasado en preguntas

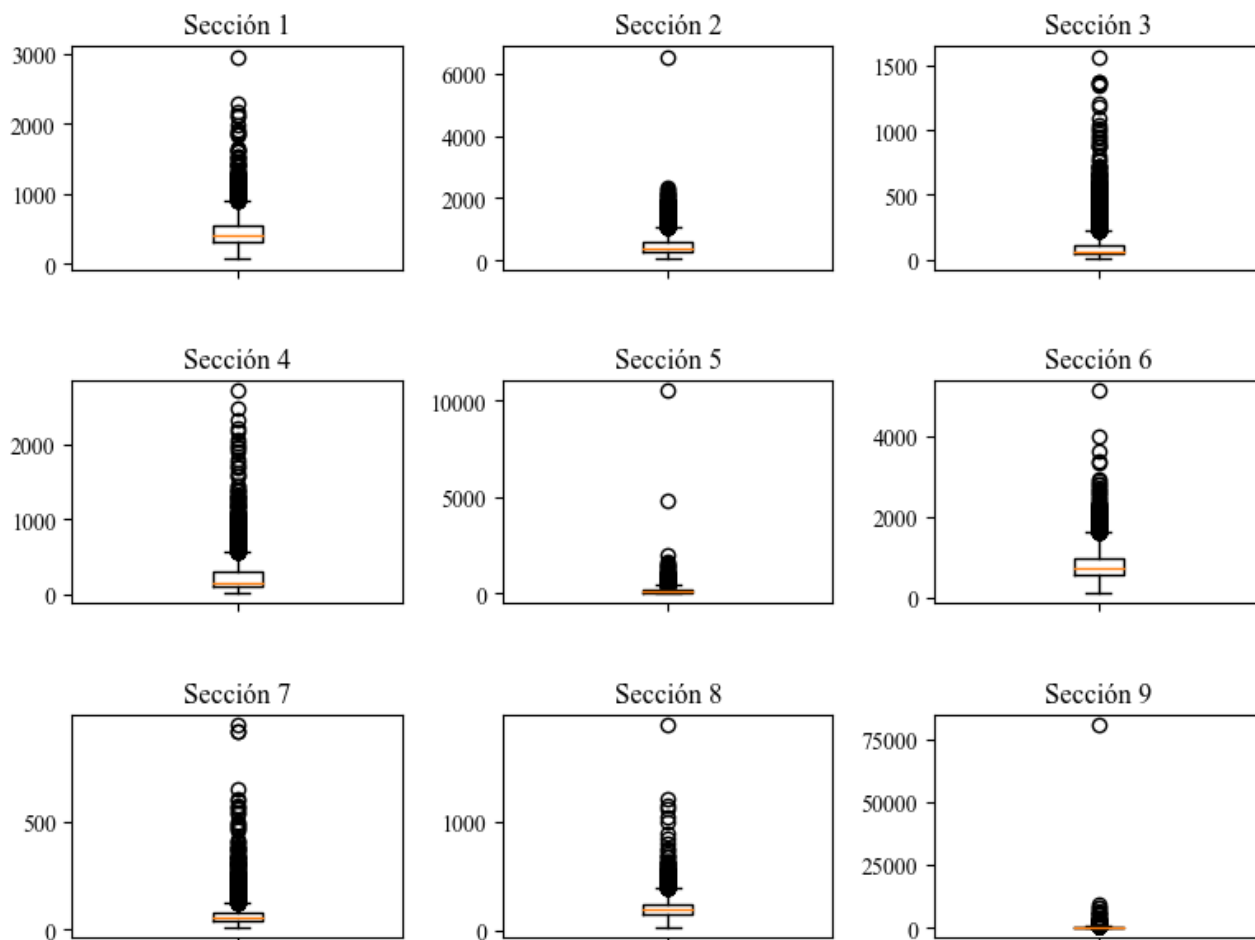


Figura 5.2: Duración por sección del cuestionario en la EFF2017

monetarias. Entonces, la duración total se calcula como la suma de las duraciones de todas las secciones. Este procedimiento se implementa por separado para las duraciones de cada ola.

Características y comportamiento de PR en la EFF2017

Características hogar

En la figura 4.1 presenta cuatro gráficos de mekko que presentan las proporciones de hogares panel que vuelven a participar (región azul) frente a los que no vuelven a hacerlo (región roja) para las variables de número de olas en las que se ha participado (arriba a la izquierda), el nivel de recelo después de la entrevista (arriba a la derecha), el estado de salud reportado por la PR (abajo a la izquierda) y la edad de la PR (abajo a la derecha).

En la figura puede observarse que la proporción de abandono de los hogares que han parti-

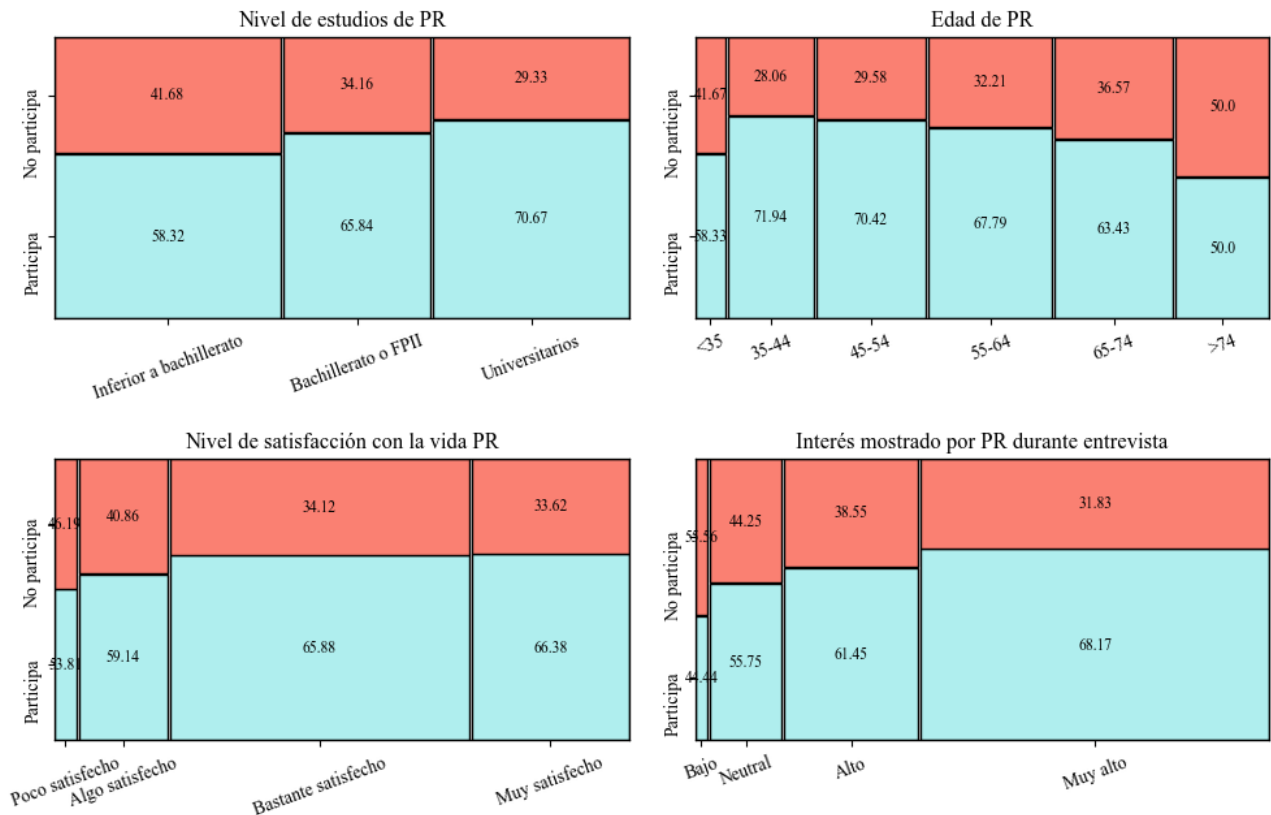


Figura 5.3: Características y actitudes del PR

cionado sólo una ola es mayor que la de los que han participado en más de una. Este resultado sugiere que los hogares que llevan menos tiempo en la encuesta podrían ser más complicados de retener, y que podría ser interesante hacer un análisis enfocado en este tipo de hogares.

El segundo resultado a destacar es el del recelo mostrado por el hogar tras la entrevista. Recordemos que en la EFF se hacen preguntas que pueden considerarse delicadas, como por ejemplo si se poseen joyas, o cuál es el saldo que el hogar tiene en su cuenta corriente. Puede ser comprensible que se genere recelo. Este se mide con tres niveles: nada receloso, algo receloso y muy receloso. En el gráfico se observa que la proporción de hogares que abandonan la EFF aumenta con el nivel de recelo. Este resultado es bastante obvio, pero es muy importante resaltarlo porque a un entrevistador podría resultarles muy útil saber si el hogar con el que está a punto de contactar se mostró muy receloso después de hacer la entrevista en la ola anterior, y en su estrategia de contacto y de ganar la cooperación podría hacer más énfasis en los aspectos de la encuesta que causan más recelo.

Finalmente, los dos gráficos de la parte de inferior hacen referencia a características de la PR. En el de la izquierda se observa que la proporción de hogares que abandona la encuesta

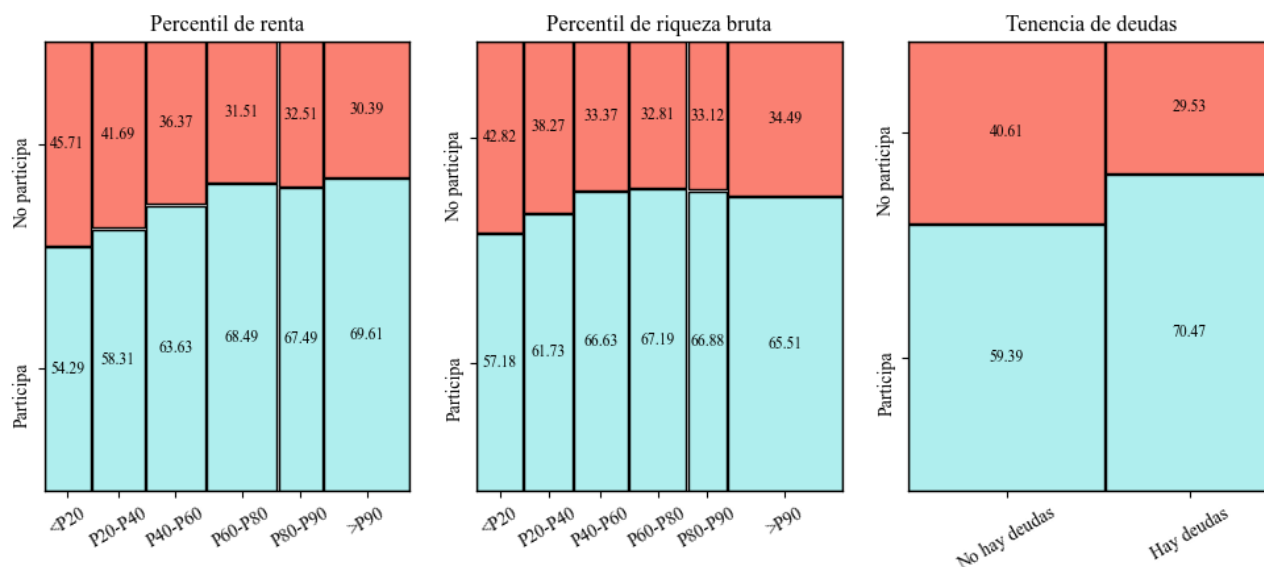


Figura 5.4: Características del hogar

es mayor cuando menor es el nivel de salud que reporta la PR. De nuevo, esto puede parecer algo obvio porque alguien que tiene peor salud seguramente o quiera gastar su tiempo en realizar una encuesta. Pero, de nuevo, la estrategia de contacto y de ganar la cooperación de un entrevistador puede adaptarse si ya saben que van a ver a alguien que seguramente tenga mala salud, ya sea ofreciendo hacer la entrevista en varias sesiones, o en un ambiente en el que la PR se muestre más cómoda.

Finalmente, el último gráfico muestra el nivel de interés que mostró la PR durante la entrevista durante la edición anterior. Se observa que la proporción de hogares que vuelven a participar es mayor cuanto mayor es el interés que mostraron durante la ola anterior. De nuevo, se trata de un resultado obvio. Pero, al igual que con el nivel de recelo, este podría ser un dato que podría ser muy útil para el entrevistador cuando esté preparando su estrategia de contacto con el hogar.

5.2. Evaluación de modelos

El cuadro 4.3 contiene los resultados del rendimiento de los modelos entrenados sobre el conjunto de test, es decir, los resultados para predecir la no participación de los panelistas en la EFF2022. Las métricas de evaluación que se utilizan son Accuracy, Precision, Recall, F1 y ROC AUC. La métrica de referencia que utilizamos para la evaluación es la ROC AUC, que se encuentra en la parte derecha del cuadro. Esta métrica mide el rendimiento entre la tasa de

falsos positivos y falsos negativos. Toma valores de 0.5 a 1, con 1 siendo un predictor perfecto, y 0.5 el que se obtendría con una estimación realizada de manera aleatoria.

Modelo	Accuracy	Precision	Recall	F1	ROC AUC
Logit	0,6556	0,3749	0,3573	0,3659	0,5959
CART	0,6434	0,3338	0,2835	0,3066	0,5521
Random Forest	0,6489	0,3529	0,3148	0,3328	0,5821
XGBooster	0,6718	0,3772	0,2769	0,3194	0,5911
Naive Bayes	0,6254	0,3504	0,4063	0,3763	0,5798

Cuadro 5.2: Métricas de evaluación de los modelos de predicción en el conjunto de test

El modelo de referencia de este estudio, el Logit, presenta una ROC AUC de 0,5959. Se considera que un valor inferior a 0,6 es un resultado malo, por lo que el modelo Logit no es un buen predictor. Con respecto a los otros modelos, observamos que el CART y el Naïve Bayes presentan valores más bajos que el Logit, de 0,5521 y 0,5798 respectivamente. El Random Forest y el XGBooster, en cambio, presentan valores de 0,5821 y 0,5911 respectivamente, que son ligeramente superiores al del modelo Logit.

De estos resultados podemos ver que los modelos de Random Forest y XGBooster mejoran al Logit de referencia. Y entre estos dos, el Random Forest presenta valores un poco más altos en Accuracy y en Precision, y el XGBooster es mejor en Recall y F1. Aun así, es necesario recalcar que el valor de ROC AUC sigue estando por debajo de 0,6, por lo que, aunque se mejore el rendimiento con respecto al modelo Logit, los resultados de los test son malos.

Estos resultados indican que hay modelos de machine learning que mejoran en rendimiento de la predicción con respecto a un Logit. Sin embargo, las métricas señalan que el rendimiento del mejor modelo es regular. La pregunta que hay que preguntarse entonces es, ¿por qué no está funcionando bien la predicción?

Una de las causas puede ser el overfitting, es decir, que los modelos no son capaces de generalizar bien porque se han adaptado demasiado bien a los datos con los que han sido entrenados, y por tanto su rendimiento no es bueno cuando se les presenta con datos nuevos. una manera de comprobar esto es haciendo el ejercicio predicción sobre los datos de entrenamiento con estos mismos modelos, y ver cómo son esos resultados. Estos resultados pueden verse en el cuadro 4.4.

Como era de esperar, los resultados de las predicciones de los modelos sobre los datos de entrenamiento son mejores que los que se observan con respecto a los datos test. En este caso, el modelo que presenta mejor rendimiento es el Random Forest, con una métrica de ROC AUC de 0,6726, ligeramente superior a la del XGBooster. El resto de métricas del Random Forest también son ligeramente mejores que las del XGBooster. Sin embargo, esta métrica de ROC AUC está entre 0,6 y 0,75, que lo clasifica como un test regular.

Modelo	Accuracy	Precision	Recall	F1	ROC AUC
Logit	0,6389	0,4905	0,4518	0,4704	0,6517
CART	0,6126	0,4594	0,5178	0,4868	0,6188
Random Forest	0,6596	0,5223	0,4770	0,4986	0,6726
XGBooster	0,6544	0,5144	0,4675	0,4898	0,6722
Naive Bayes	0,6251	0,4741	0,5178	0,4950	0,6435

Cuadro 5.3: Métricas de evaluación de los modelos de predicción en el conjunto de entrenamiento

Continuando con el Random Forest, una ventaja de los modelos basados en árboles con respecto a otros modelos es que pueden ser interpretados. En el caso del Radom Forest, es posible consultar qué variables han tenido más peso a la hora de clasificar la participación de los hogares. Aunque los resultados de la predicción del training no sean buenos, merece la pena echarle un ojo por los patrones que haya podido detectar. El cuadro 4.5 presenta las 10 variables con más importancia en el modelo de Random Forest.

Variable	Importancia
PR es panel	0,0822
Interés PR	0,0790
Razones para colaborar - Relevancia de la encuesta	0,0605
Ratio amplio	0,0594
Poseen vehículos	0,0539
Tienen deuda	0,0496
Situación laboral - Asalariado	0,0475
Razones colaborar - Interesado en estos estudios	0,0380
Posee planes de pensiones	0,0353
PR consiente grabar la entrevista	0,0348

Cuadro 5.4: Selección de variables para entrenar los modelos de predicción

La importancia de una variable en el Random Forest mide el peso relativo que ha tenido una variable concreta a la hora de crear las ramificaciones de los diferentes árboles de decisiones que va generando el Random Forest durante su entrenamiento. En este caso de la participación en la EFF2020, las tres variables que más importancia tuvieron fueron que la PR fuera panel, que la PR mostrase interés durante la entrevista, y que el entrevistador indicase que el hogar colaboró por la relevancia de la encuesta. También es interesante destacar la variable ratio amplio, que es un indicador de la no-respuesta del hogar a la hora de facilitar cantidades monetarias³. Finalmente, otra variable que es importante para hacer la clasificación es si la PR consintió que se grabase la entrevista.

³El ratio amplio se define como el cociente entre el número de preguntas en euros respondidas por el hogar, ya fuera como valor puntual o como intervalos, sobre el número total de preguntas planteadas. Cuando mayor es su valor, más información ha facilitado el hogar.

Capítulo 6

Conclusiones y futuras líneas de trabajo

En este Trabajo de Final de Master se ha intentado aplicar la implementación de [Beste et al. \(2023\)](#) para predecir la no participación de hogares panel en encuestas longitudinales en olas futuras al caso de la Encuesta Financiera de las Familias. Para ello, se ha usado un modelo de Regresión Logística como referencia, y se han entrenado modelos CART, Random Forest, XGBooster y Naïve Bayes. El conjunto de predictores está formado por variables que potencialmente pueden explicar la participación de un hogar en la edición siguiente de la encuesta, como por ejemplo el interés mostrado por la persona que respondió a la encuesta, el nivel de recelo que mostró durante la entrevista, su nivel de salud o si consintió que la entrevista fuese grabada.

Los modelos de Random Forest y XGBooster presentaron mejores rendimientos que el modelo de referencia Logit en todas las métricas de evaluación consideradas, pero el valor de ROC AUC del mejor de los modelos no superó el valor de 0.6, lo cual lo clasifica como un predictor malo. Para intentar aprender sobre cómo se ha hecho la predicción, se hizo el ejercicio de usar los mismos modelos para hacer la predicción con el conjunto de entrenamiento. El modelo que funcionó mejor fue el Random Forest, pero su ROC AUC no superó el valor de 0.7, que lo clasifica como un predictor regular. Al observar las variables que más importancia tuvieron durante el entrenamiento del Random Forest destabacan que la persona que contestó a la entrevista a ya formase parte del hogar desde al menos dos ediciones antes, el valor del interés que mostró también era importante, y que el entrevistador considerase que el hogar participó por la relevancia de la encuesta.

A partir de los resultados que se han visto en este proyecto, se plantean las siguientes reflexiones y los posibles pasos que se podrían dar en el futuro para este proyecto:

1. La exploración de los datos sugiere que las variables seleccionadas para entrenar los mo-

delos de predicción guardan cierta relación con la variable de attrition. Pero no son suficientes para predecir bien si un hogar panel dejará de participar en la ola siguiente. Tal y como hemos comentado al principio de este capítulo, la EFF genera una gran cantidad de variables, y se hizo un filtrado inicial basado en las implementaciones de Beste et al. (2023) y Kern et al. (2021). Es posible que haya **variables que no se han incluido, y que tengan poder para predecir el attrition**. Una vía de trabajo para el futuro es **volver a revisar toda la información disponible y plantear una nueva selección de variables**. El uso de métodos de machine learning para selección de variables es una opción que se podría implementar.

2. Las olas de la EFF seleccionadas para el estudio son las de los años 2017, 2020 y 2022 porque son las que tienen mayor cantidad de datos y también los de mayor calidad. Todos los modelos entrenados buscan utilizar datos de lo que había en 2017 para predecir algo que iba a ocurrir en 2020, que es el año en el que tuvo lugar la crisis del **Covid-19**. Y posteriormente, en el test, se utiliza información recogida durante 2020 para predecir lo ocurrido en el año 2022, cuando el mundo estaba ya superando la crisis del Covid-19. El año 2020 fue un año especial en la EFF porque seguramente mucha gente fuera más reticente a participar por el covid, lo cual afectaría a la variable target del entrenamiento). También se tuvo que cambiar la metodología de la entrevista, pasando de entrevista personal a entrevista telefónica, que afecta a la calidad de los datos (Lynn (2018)), y por tanto a los datos de los predictores usados en el test. Ante esta problemática, se plantean dos posibles alternativas:
 - a) Las olas de **EFF2002 a EFF2017 son homogéneas** en lo que a metodología se refiere. Todas las entrevistas fueron personales, y no hubo una crisis como la del Covid-19. Una alternativa interesante sería crear **nuevos modelos de predicción**, pero utilizando sólo la información disponible en esas olas. Serían **menos variables** (las respuestas de los hogares y la información recogida por los entrevistadores), pero podría ser que el rendimiento fuese mejor.
 - b) La EFF va a continuar realizándose en los próximos años, y con una frecuencia bienal. Se puede volver a **plantear esta misma metodología dentro unos años, utilizando sólo ediciones completadas después de 2020**, y con el beneficio de recoger toda la información que se ha estado recogiendo en las últimas ediciones y que no está disponible para antes de 2017.
3. Los resultados de las predicciones sobre los datos de entrenamiento también podría explicarse por la **existencia de información no observable en el momento de hacer la predicción**, y que además tenga más peso para determinar el resultado de la

participación que la información recabada durante la ola anterior. El Covid-19 es un buen ejemplo de algo que no se puede prever, pero otra cosa que también se desconoce es qué entrevistadores habrá durante la siguiente edición. En todas las ediciones hay entrevistadores nuevos, y algunos funcionan muy bien, y otros no. Tal y como comentan [Lynn \(2018\)](#) y [Groves \(2006\)](#), el papel del entrevistador es importante para la colaboración de los hogares y la calidad de los datos. Esto puede investigarse identificando a los hogares para los que no se han hecho buenas predicciones, y analizar por un lado cómo son las características que tienen en la ola anterior, y por otro la información que se tenga sobre la ola que se intenta predecir, y comprobar si las variables que tienen más peso para explicar la participación son las de la ola corriente o las de la ola anterior.

4. Una opción que siempre hay que considerar es un **cambio de enfoque**. Hay dos alternativas que son interesantes:
 - a) En la exploración de los datos vimos que los hogares que han participado sólo en una edición muestran más proporción de abandonos que los que han participado más de dos años. Una posible explicación de esto es que los hogares que han participado más de una vez están más comprometidos con el estudio, y seguramente merezca la pena **enfocar el análisis en la predicción de la participación de los paneles en su segunda ola** en vez de hacer la predicción para todos los hogares.
 - b) En vez de predecir un resultado binario, de participar o no participar, se puede plantear hacer un ejercicio de **análisis de supervivencia** (survival analysis), e intentar predecir el número de ediciones en las que participará un hogar de la EFF antes de abandonar el estudio. Esta información está disponible y se podría utilizar información de todas las olas de la EFF.

Bibliografía

- Alvargonzález, P., Pidkuyko, M., and Villanueva, E. (2020). La situación financiera de los trabajadores más afectados por la pandemia: un análisis a partir de la encuesta financiera de las familias. *Boletín Económico/Banco de España*, 3/2020.
- Barceló, C. (2006). Imputation of the 2002 wave of the spanish survey of household finances (eff). *Banco de Espana Research Paper No. OP-0603*.
- Barceló, C., Crespo, L., Garcia, S., Gento, C., Gómez, M., and de Quinto, A. (2021). The spanish survey of household finances (eff): Description and methods of the 2017 wave. *Banco de Espana Occasional Paper*, 2033.
- Bergstra, J. and Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *Journal of machine learning research*, 13, No. 2.
- Beste, J., Frodermann, C., Trappmann, M., and Unger, S. (2023). Case prioritization in a panel survey based on predicting hard to survey households by machine learning algorithms: An experimental study. In *Survey Research Methods*, volume 17, No. 3, pages 243–268.
- Buskirk, T. D., Kirchner, A., Eck, A., and Signorino, C. S. (2018). An introduction to machine learning methods for survey researchers. *Survey Practice*, 11(1).
- Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., and Kegelmeyer, W. P. (2002). Smote: synthetic minority over-sampling technique. *Journal of artificial intelligence research*, 16:321–357.
- Couper, M. P. and Ofstedal, M. B. (2009). Keeping in contact with mobile sample members. *Methodology of longitudinal surveys*, pages 183–203.
- Crespo, L., El Amrani, N., Gento, C. L., and Villanueva, E. (2023). Heterogeneidad en el uso de los medios de pago y la banca online: un análisis a partir de la encuesta financiera de las familias (2002-2020). *Documentos Ocasionales/Banco de España*, 2308.
- Early, K., Mankoff, J., and Fienberg, S. E. (2017). Dynamic question ordering in online surveys. *Journal of Official Statistics*, 33(3):625–657.

- Groves, R. M. (2006). Nonresponse rates and nonresponse bias in household surveys. *International Journal of Public Opinion Quarterly*, 70(5):646–675.
- Groves, R. M., Cialdini, R. B., and Couper, M. P. (1992). Understanding the decision to participate in a survey. *Public opinion quarterly*, 56(4):475–495.
- Groves, R. M., Fowler Jr, F. J., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., and Tourangeau, R. (2009). *Survey methodology*. John Wiley & Sons.
- Groves, R. M. and Heeringa, S. G. (2006). Responsive design for household surveys: tools for actively controlling survey errors and costs. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 169(3):439–457.
- Gómez, M. and Villanueva, E. (2022). El efecto de los planes de pensiones de empresa sobre el ahorro privado de los hogares. *Boletín Económico/Banco de España*, 2/2022.
- Hirano, K., Imbens, G., Ridder, G., and Rebin, D. B. (1998). Combining panel data sets with attrition and refreshment samples.
- Jankowsky, K. and Schroeders, U. (2022). Validation and generalizability of machine learning prediction models on attrition in longitudinal studies. *International Journal of Behavioral Development*, 46(2):169–176.
- Kern, C., Klausch, T., and Kreuter, F. (2019). Tree-based machine learning methods for survey research. In *Survey research methods*, volume 13, No. 1, page 73. NIH Public Access.
- Kern, C., Weiß, B., and Kolb, J.-P. (2021). Predicting nonresponse in future waves of a probability-based mixed-mode panel with machine learning. *Journal of Survey Statistics and Methodology*, page smab009.
- Kreuter, F. and Müller, G. (2015). A note on improving process efficiency in panel surveys with paradata. *Field Methods*, 27(1):55–65.
- Laurie, H., Smith, R. A., and Scott, L. (1999). Strategies for reducing nonresponse in a longitudinal panel survey. *Journal of Official Statistics*, 15(2):269–282.
- Lepkowski, J. M., Couper, M. P., et al. (2002). Nonresponse in the second wave of longitudinal household surveys. *Survey nonresponse*, pages 259–272.
- Liu, M. (2020). Using machine learning models to predict attrition in a survey panel. *Big data meets survey science: A collection of innovative methods*, pages 415–433.

- Lynn, P. (2009). Methods for longitudinal surveys. *Methodology of longitudinal surveys*, pages 1–19.
- Lynn, P. (2018). Tackling panel attrition. *The Palgrave handbook of survey research*, pages 143–153.
- Mcgonagle, K. A., Sastry, N., and Freedman, V. A. (2022). The effects of a targeted “early bird” incentive strategy on response rates, fieldwork effort, and costs in a national panel study. *Journal of Survey Statistics and Methodology*, page smab042.
- Oates, B. J., Griffiths, M., and McLean, R. (2022). *Researching information systems and computing*. Sage.
- Rubin, D. B. (1987). *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. New York: Wiley.
- Schouten, B., Peytchev, A., and Wagner, J. (2017). *Adaptive survey design*. CRC Press.
- Tourangeau, R., Michael Brick, J., Lohr, S., and Li, J. (2017). Adaptive and responsive survey designs: a review and assessment. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 180(1):203–223.
- Wagner, J. R. (2008). *Adaptive survey design to reduce nonresponse bias*. PhD thesis, University of Michigan.
- Watson, N. and Wooden, M. (2009). Identifying factors affecting longitudinal survey response. *Methodology of longitudinal surveys*, pages 157–181.