Modelado de Variables Demográficas Mediante Algoritmos de Aprendizaje Supervisado

Aprendizaje Estadístico Supervisado 2024

Facundo Morini, Mateo Pérez, Ignacio Tarigo

Introducción

Cuando se trabaja con modelos de micro-simulación en demografía, como el modelado de las tasas específicas de fecundidad por edad (ASFR), uno de los factores usualmente considerados es la edad en que las mujeres comienzan a estar en riesgo de concebir. En este contexto, modelar la edad en que una cohorte de mujeres experimenta su primer nacimiento o inicia su vida sexual puede ser de gran utilidad en este tipo de simulaciones.

En este trabajo se propone el uso de modelos de aprendizaje supervisado para evaluar su desempeño en dos objetivos: por un lado, predecir la edad al primer hijo de las mujeres, y por otro, clasificar si una mujer comienza su vida sexual antes o después de una cierta edad. En ambos casos, se emplearán variables socioeconómicas y comportamentales de las mujeres como predictores. Se priorizará el uso de modelos basados en árboles de decisión, como métodos de *Bagging* o *Boosting*.

Los datos utilizados para este propósito provienen de las encuestas DHS, realizadas principalmente en países en vías de desarrollo. En este caso particular, se analizarán las encuestas de las rondas VI y VII, correspondientes a distintos países y realizadas entre los años 2010 y 2020.

Análisis exploratorio

Fuente de los datos

Como se mencionó en la introducción, los datos provienen de las encuestas DHS[1], el Programa de Encuestas Demográficas y de Salud (DHS) es responsable de recopilar y difundir datos precisos y representativos a nivel nacional sobre salud y población en países en desarrollo.

La idea detrás es ayudar a los distintos países sobre todo del continente africano a dar asistencia técnica para la implementación de encuestas demográficas y de salud, donde se recolecta información sobre la fecundidad, planificación familiar, salud maternal e infantil y otros temas de salud como la malaria o el VIH que son de interés en gran parte de los países que contempla la encuesta.

[1] https://dhsprogram.com/data/available-datasets.cfm.

Descripción de los datos

Como primer paso, debido a la magnitud de la encuesta, que abarca un gran número de países y años, se optó por seleccionar un grupo de países representativos de distintas regiones. El objetivo fue capturar la heterogeneidad en las variables de interés desde diversos contextos económicos y culturales. Asimismo, se procuró que las encuestas seleccionadas correspondieran a un período de tiempo similar (en este caso, la década de 2010 a 2020) y que las variables, tanto de interés como explicativas, estuvieran disponibles en todas las encuestas incluidas. Como resultado de este proceso, se eligieron los siguientes países:

- América Latina y el Caribe: Perú, Guatemala y República Dominicana.
- Europa del este: Albania y Armenia.
- Norte y Sur de África: Etiopía y Sudáfrica.

En este caso, se dispone de un total de aproximadamente 105,000 observaciones correspondientes a mujeres de entre 15 y 64 años. Estas observaciones incluyen variables relacionadas con aspectos económicos, sociales y de salud reproductiva. Una complicación presente en los datos es que las disponibilidad de las distintas variables pueden variar de un país al otro y ciertas variables pueden presentar demasiados valores faltantes para algunos países para ser utilizable en los modelos. Por esta razón se realizó un filtrado previo de las variables a utilizar. Como resultado, se trabaja principalmente con 30 variables que están disponibles para todos los países seleccionados y que, a priori, se consideran posiblemente relevantes para el análisis.

Tabla 1: Descripción de las variables disponibles en el trabajo.

Codigo DHS	Nombre	Descripción	Tipo	Recorrido
caseid	id	Identificador de la mujer encuestada	Categórica	104487 Mujeres
v000	pais	País donde se realizó la encuesta	Categórica	7 Paises
v005	ponderador	Peso de la mujer en la encuesta, número entero de 8 dígitos, donde 6 dígitos corresponden a decimales	Numérica	
v007	anio	Año en que se realizó la encuesta	Numérica Discreta	2008-2018
v012	edad	Edad de la mujer encuestada	Numérica Discreta	15-59
v021	psu	Unidad primaria de muestreo	Numérica Discreta	
v022	estrato	Estrato del que se obtuvo la observación	Categórica	
v025	zona	Indica si la mujer es de un área urbana o rural	Categórica	1:Urbano, 2:Rural
v119	hogar_elect	Indica si el hogar tiene acceso a electricidad	Categórica	0:No, 1:Si
v121	hogar_tv	Indica si el hogar dispone de una televisión	Categórica	0:No, 1:Si
v133	anio_educ	Total de años de educación de la mujer, calculado a partir del nivel máximo de educación alcanzado; es un valor comparable entre países	Numérica Discreta	0-25
v136	n_fam_hogar	Total de personas que viven en el hogar	Numérica Discreta	1-25
v157	leer	Frecuencia con la que la mujer lee un periódico, revista o libro	Categórica	0:Nada, 1:Ocasional, 2:Todos los días
v158	radio	Frecuencia con la que la mujer escucha la radio	Categórica	0:Nada, 1:Ocasional, 2:Todos los días
v159	noticias	Frecuencia con la que la mujer ve noticias	Categórica	0:Nada, 1:Ocasional, 2:Todos los días

v190	cat_riqueza	Categoría de riqueza del hogar	Categórica	1:Más Pobre, 2:Pobre, 3:Medio, 4:Rico, 5:Más Rico
v191	indice_riqu	Índice de riqueza del hogar estandarizado, calculado a partir de distintas medidas como materiales de construcción de la casa y servicios disponibles; 5 dígitos corresponden a decimales	Numérica	-4.992-3.09962
v212	edad_phijo	Edad de la mujer al primer hijo	Numérica Discreta	3-47
v301	con_antic	Conocimiento de algún método anticonceptivo, donde se distingue entre modernos (ej.: condón, pastillas, parches, etc.), tradicionales (ej.: coito interrumpido, calendario, etc.) y folklóricos (ej.: amuletos, rituales, etc.)	Categórica	0: Ninguno, 1:Folklórico, 2:Tradicional, 3:Moderno
v364	uso_antic	Intención de uso de métodos anticonceptivos	Categórica	1:Usando Método, 2:No Usando Método, 3:Nunca Tiene Relaciones
v503	cant_union	Cantidad de uniones que ha tenido la mujer	Categórica	0: No casada, 1: Una unión, 2: Más de una unión
v531	edad_psexo	Edad de la mujer al primer acto sexual	Numérica Discreta	0-45
v536	rec_sexo	Relaciones sexuales recientes de la mujer	Categórica	0: Nunca, 1: Activa, 2: No activa
v613	nideal_hijos	Número ideal de hijos	Numérica Discreta	0-30
v715	anio_educ_	Total de años de educación de la pareja de la mujer	Numérica Discreta	0-24
v717	ocupacion	Ocupación de la mujer	Categórica	0: No Trabaja, 1: Profesional/Técnico, 2: Agricultura, 3: Servicios/Ventas, 4: Doméstico, 5: Manual
v836	n_parejas	Cantidad de parejas sexuales que ha tenido la mujer	Numérica Discreta	1-95

Antes de realizar el análisis exploratorio, se procede a limpiar los datos. Tomándose la precaución en cada variable de considerar las codificaciones de no respuesta y dato faltante, como el valor 99, que puede afectar la interpretación sobre todo en variables numéricas.

Se debe tener en cuenta que los datos provienen de una muestra compleja, donde se utiliza un diseño muestral por conglomerados estratificado en dos etapas, donde en general se busca que la misma sea representativa tanto a nivel nacional, regional como al contexto urbano y rural.

Debido a esto para una mejor representación a nivel de poblacional el diseño debería ser contemplado en los modelos a utilizar. En modelos como *Random Forest* la biblografia de como incorporar esta información del diseño no esta ampliamente desarrollada, por lo cual para esta primera aproximación al problema se optó por no incorporar explícitamente en los modelos aunque si se ha tenido en cuenta en el análisis exploratorio, lo cual permite una mejor comprensión de la estructura y distribución de los datos.

Edad al primer hijo

La edad en que las mujeres comienzan a tener hijos está influenciada por una serie de factores en los que se encuentran comportamientos sociales como también por aspectos económicos y culturales. En la bibliografía suelen mencionarse algunos factores que están fuertemente vinculados a los procesos de fecundidad, como la mayor participación en el mercado laboral, el acceso a la educación de las mujeres, la planificación familiar y el uso de métodos anticonceptivos.

En la Figura 1 y tabla posterior se puede observar como, dependiendo de que país sea la mujer encuestada, varía la edad que tenían al momento en que nació su primer hijo, algo esperable viniendo de paises con contextos muy distintos. En países como Etiopía, Guatemala o Dominicana, hay una gran parte de las mujeres encuestadas que tiene su primer hijo con veinte años o menos, mientras que en países del Este de Europa algo más desarrollados como Armenia o Albania, la edad al primer hijo tiende a ser mayor con una media por encima de los 20 años. Este patrón es usualmente observado mientras más desarrollo más se atrasan todos los procesos relacionados con la fecundidad. Más allá de las diferencias, existe una gran concentración de mujeres que tienen su primer hijo entre los 18 y 23 años en todos los países, esto esta fuertemente relacionado a la edad en que las mujeres comienzan a vivir en pareja o se casan, donde comienzan a tener usualmente riesgo a concebir.

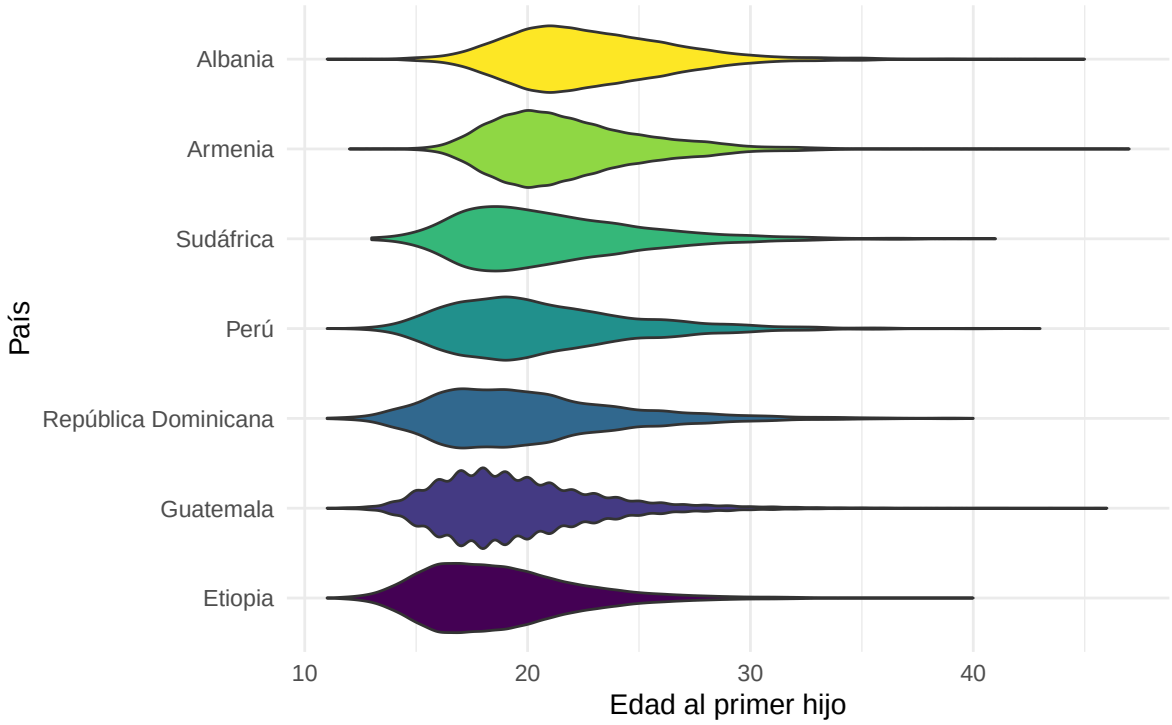


Figura 1: Gráfico violín, distribución de la edad al primer hijo por país.

Tabla 2: Media y Desvio Estimados de la Edad al Primer Hijo por país

País	Media Edad	Desvio
Etiopia	18.84	0.08
Guatemala	19.60	0.04
República Dominicana	20.11	0.10
Perú	20.65	0.09
Sudáfrica	20.95	0.13
Armenia	21.87	0.07
Albania	22.84	0.07

Uno de los factores más importantes en el proceso del desplazamiento de la fecundidad a edades más avanzadas es el logro educativo de las mujeres. Esto es algo que en los datos utilizados en este trabajo debería poder ser captado. En la Figura 2 se observa la distribución de la edad al primer hijo donde cada línea corresponde a la cantidad de años de educación que tuvo la madre. En este caso, se puede observar claramente un corrimiento hacia la derecha de las modas de la distribución a medida que la mujer tiene más años de educación. Esto indica que mientras más estudios tienen las mujeres, más aplazan el momento de tener su primer hijo. Con lo cual en un principio esta variable y las relacionadas debería ser útiles para predecir la variable de interés.

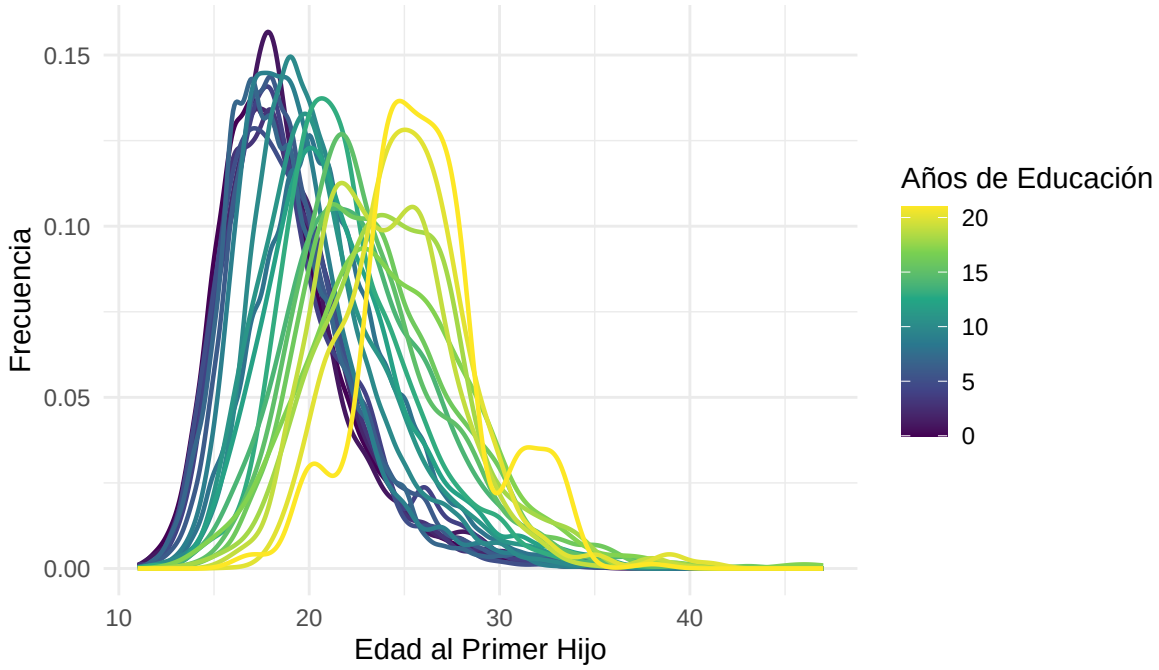


Figura 2: Gráfico Densidad, edad al primer hijo por Años de Educación de la Madre.

Este patrón es repetido por todos los países, aunque su efecto es más marcado en algunos países, se observa la Figura 3 donde se tiene la distribución de la edad al primer hijo por país y si la madre presenta mas de 15 años de educación (años usualmente de completado grado secundario). En todos los países, las mujeres con más años de educación tienden a tener su primer hijo a una edad más avanzada, aunque en países como Albania, este efecto parece bastante menos notorio.

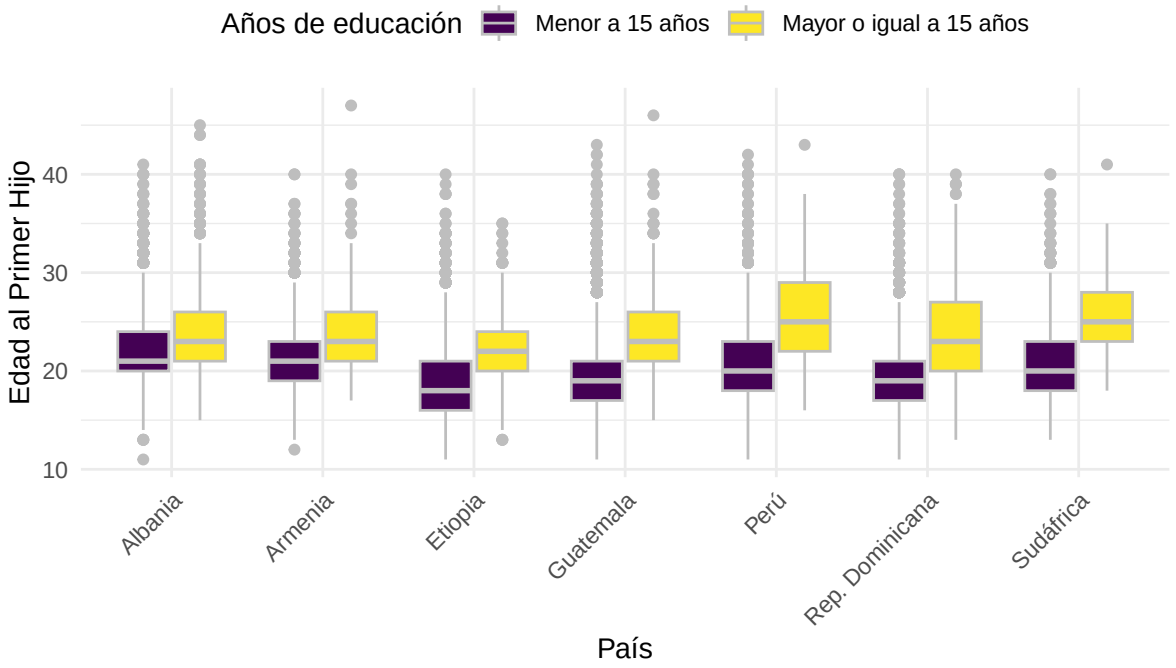


Figura 3: Gráfico Caja, distribución de la edad al primer hijo por país y si la mujer tiene más de 15 años de educación.

En la Figura 4 podemos observar la distribución de la edad al primer hijo para los distintos niveles de riqueza de los hogares, para algunos países, en general en todos los países observamos como se atrasa la edad a medida que el hogar es más rico, sobre todo en Albania, Perú y Sudáfrica. En otros como Dominicana o Armenia vemos que los niveles de riqueza están más concentrados en algún valor, salvo por el nivel más rico que ahí si se muestra un desplazamiento, no muy grande, pero un desplazamiento en fin, hacia edades un poco mayores. Por lo tanto se podría decir que en este caso la riqueza del hogar es una variable importante en este estudio.

Otro aspecto interesante en este tipo de estudio que se suele ver, es la cantidades de uniones y parejas sexuales que tienen las mujeres, por lo que se presenta la Figura 5, donde observamos la distribución de la edad al primer hijo según estas variables. Vemos que las mujeres con más uniones tienden a tener hijos más jóvenes cuando tienen más de una pareja sexual, y además observamos esta tendencia en las mujeres con más parejas sexuales que no están casadas.

También podemos observar que en las mujeres con una sola unión la edad al primer hijo se encuentra concentrada en los 20 años, fuertemente vinculado a la edad a esa unión.

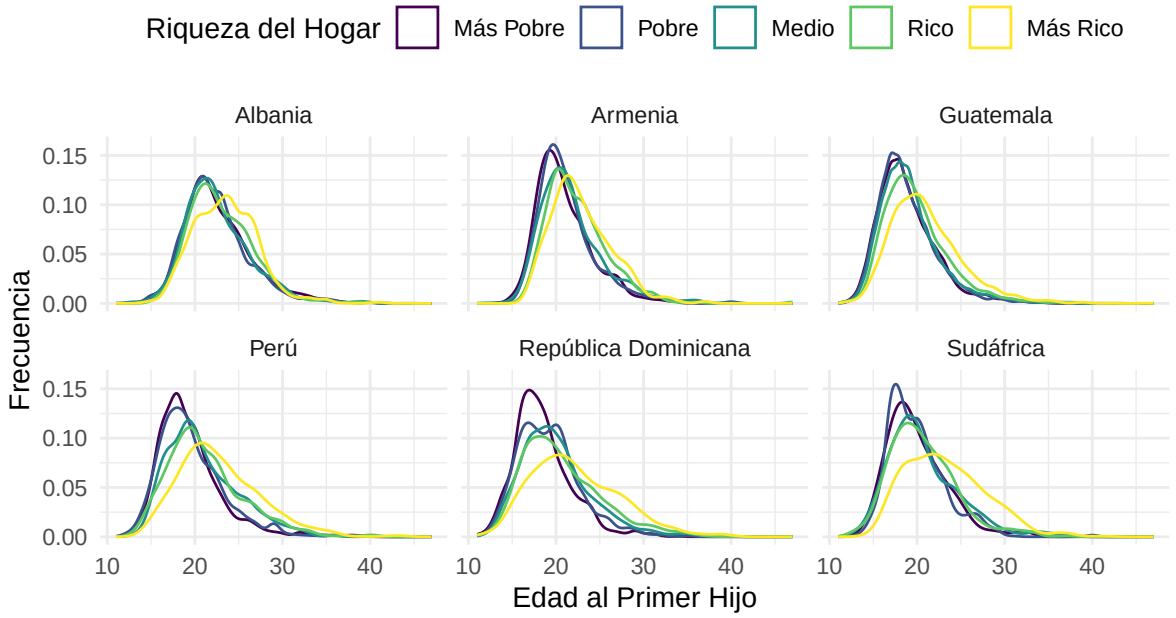


Figura 4: Gráfico Densidad, distribución de la edad al primer hijo por riqueza del hogar.

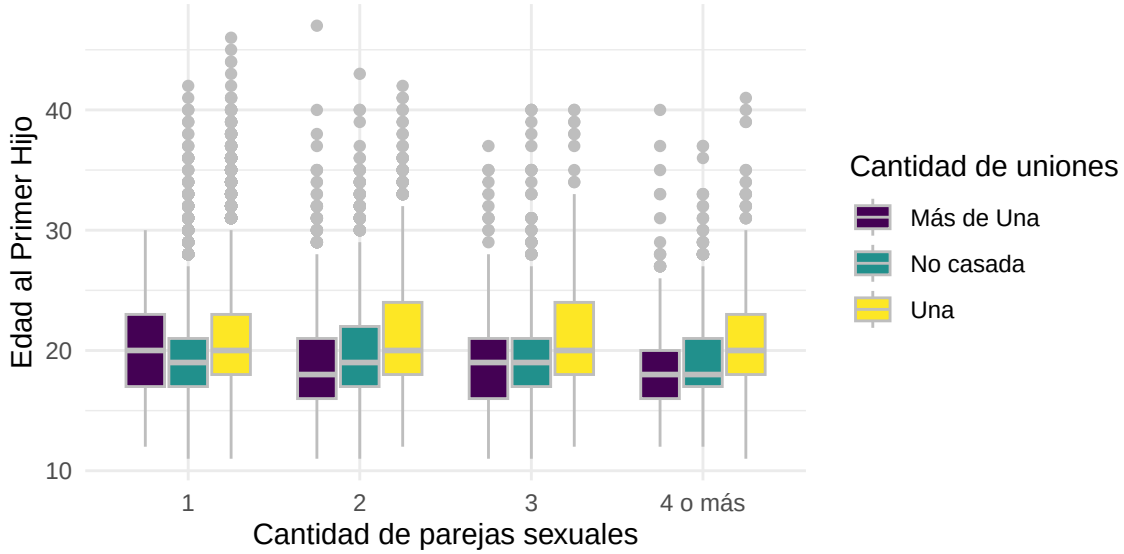


Figura 5: Gráfico Caja, distribución de la edad al primer hijo por cantidad de uniones y cantidad de parejas sexuales.

Otro aspecto que podría afectar en la edad al primer hijo podría estar relacionado con el acceso a distintos objetos materiales que muestra el contexto económico de la mujer, como por ejemplo la televisión. En la Figura 6 vemos esta distribución de la edad de las mujeres al primer hijo para esta variable por país, la cual nos muestra que en todos estos países la edad media al primer hijo se encuentra un poco por encima cuando los hogares tienen al menos una televisión. Ésta diferencia es muy marcada en países como Etipía y Albania, pero no está tan clara en países como Armenia y Sudáfrica. Cabe destacar además, que para Armenia y Albania existen muy pocas observaciones en donde los hogares no tuvieran una televisión, mientras que en Etiopía hay 3 veces más hogares que no disponen de una televisión que los que si.

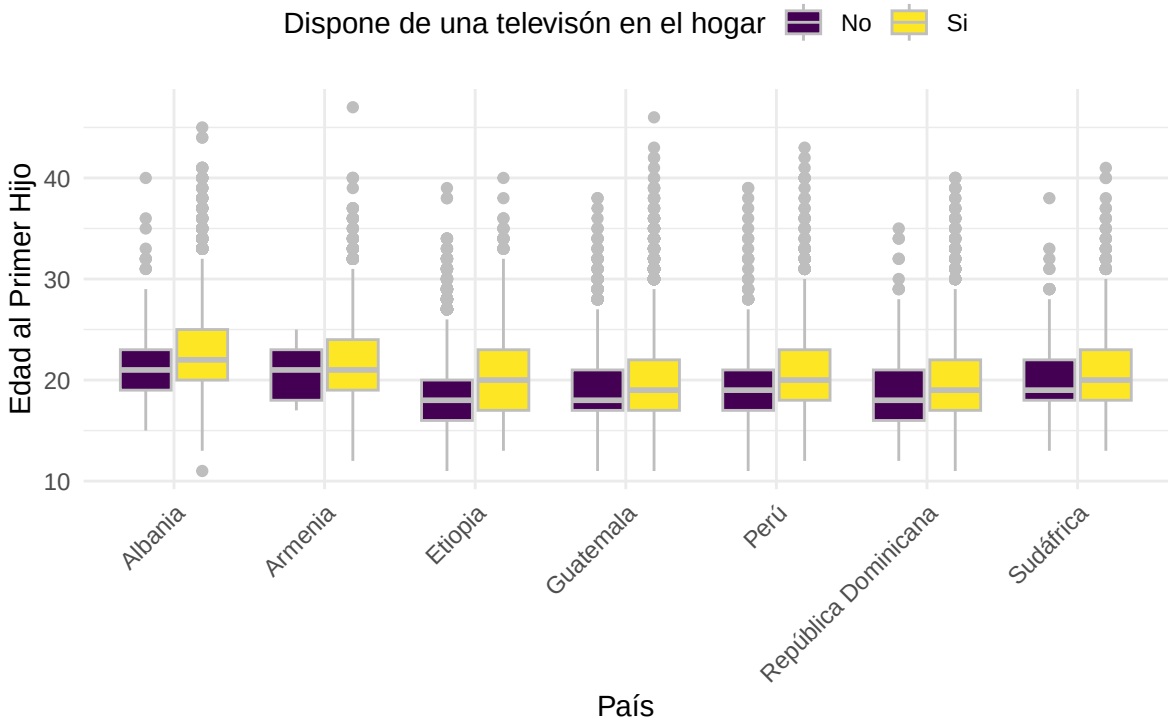


Figura 6: Gráfico Caja, distribución de la edad al primer hijo por si el hogar dispone de una televisión o no por país.

Primera relación sexual

La edad en que las mujeres comienzan a tener relaciones sexuales marca el inicio del riesgo a concebir y por tanto la misma esta fuertemente relacionada con la edad al primer hijo. Gran parte de las variables comportamentales, económicas, educativas de la mujer que se observaron en la edad al primer hijo, también son relevantes para la edad al primer acto sexual. En este

caso se trabajará con la variable si la mujer comienza su vida sexual antes o después de los 18 años.

En la Figura 7 se puede observar la proporción estimada de mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales antes de los 18 años por país, donde se observa un patrón bastante marcado. Países tanto latinos como africanos tienden a tener una proporción bastante igualada entre mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales antes y después de los 18 años, mientras que en los países del este europeo seleccionados que comparten un contexto cultural y religioso similar tienden a tener una proporción mucho mayor de mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales después de los 18 años, estando por encima del 80% en ambos casos.

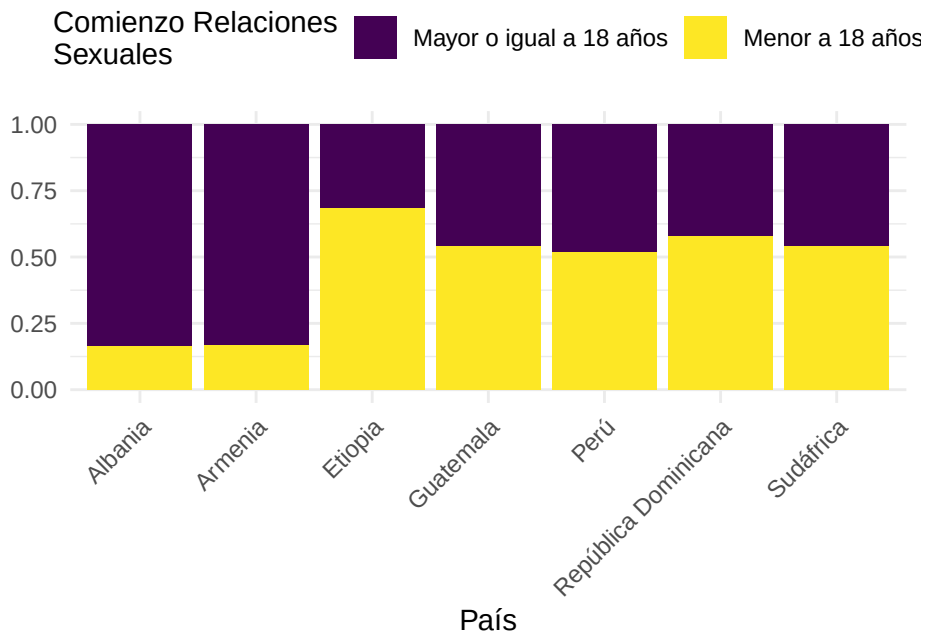


Figura 7: Gráfico barras, Estimación de la proporción de mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales antes de los 18 años por país.

Al igual que en el caso de la edad al primer hijo, la educación de la mujer deberia ser un factor muy relevante para esta variable de interes. En la Figura 8 se observa la distribución de los años de educación de la mujer por si comienzan a tener relaciones sexuales antes o después de los 18 años. En este caso, se observa que las mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales después de los 18 años tienden a tener mas años de educación con una gran concentracion en los 10 años de educacion, mientras que las que comienzan antes de los 18 años tienden a situarse entre los 0 a 10 años de educación.

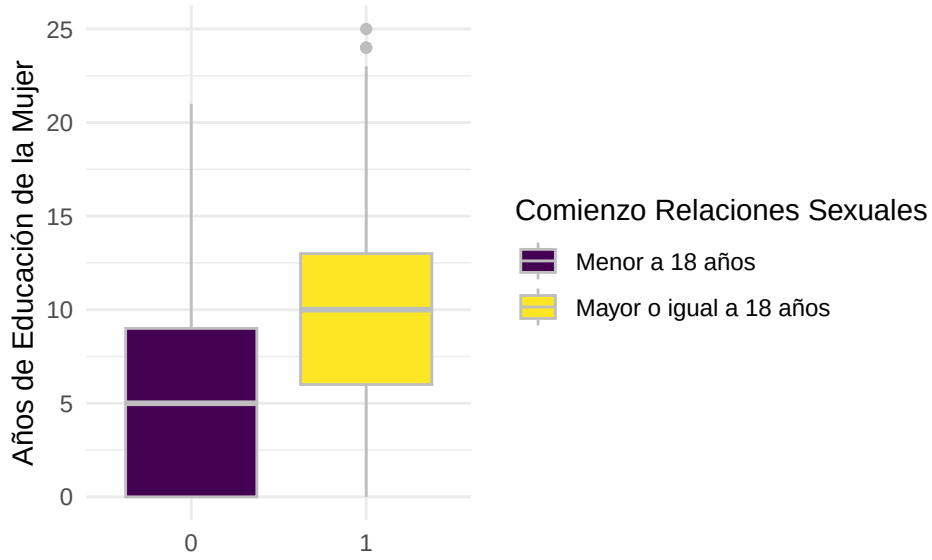


Figura 8: Gráfico de caja, distribución de años de educación de la mujer por comienzo de relaciones sexuales.

[AÑADIR ALGUN GRAFICO EXPLORATORIO MAS (VER IMPORTANCIAS)]

Modelado de la edad al primer hijo

Antes de comenzar con el modelado se procede a realizar un filtrado de los datos y a seleccionar las variables más relevantes para el modelo.

En esta primera aproximación al problema se opta por solamente tomar las observaciones que dispongan de todos los datos necesarios para el modelo, no realizándose imputaciones de datos faltantes o análisis de la no respuesta a la encuesta.

En total se utilizan 46029 observaciones de mujeres donde se utilizara un 85% de los datos para entrenar y el 15% restante para evaluar los modelos considerados. En esta división se tendrá en cuenta el país de origen de la mujer para que no haya un desbalance de muchas observaciones de algún país en particular, teniendo en cuenta que algunos países cuentan con más observaciones que otros.

Uno de los problemas que se presentan en datos provenientes de encuestas es la presencia de valores extremos posiblemente vinculados a errores en el rellenado o por falta de conocimiento de la mujer encuestada. Para el caso de la edad al primer hijo, se filtran las observaciones con valores extremadamente atípicos o que no tienen sentido desde el punto de vista biológico, como un valores de 3 años. En este caso, se consideran únicamente las mujeres que tuvieron su primer hijo a partir de los 11 años, límite establecido con base en criterios biológicos.

Selección de covariables relevantes

Antes de seleccionar las variables para el modelo, se excluyen aquellas que carecen de sentido práctico. Por ejemplo, la variable edad de la mujer no se considera, ya que al trabajar únicamente con mujeres que ya han tenido hijos, incluirla implicaría utilizar una variable estrechamente relacionada con la variable de interés, lo que podría sesgar el modelo, especialmente en el caso de mujeres muy jóvenes. A su vez se excluye también la variable de edad a la primera relación sexual, ya que como se vio en el análisis exploratorio están muy fuerte relacionadas e interesa mas ver el efecto de otros factores desconociendo esta variable.

Debido a que se cuenta con un gran número de variables que posiblemente no sean todas relevantes, como paso previo a cada modelo se realiza un análisis de importancia de las variables. Para esto se utiliza un modelo de *Random Forest* donde se utiliza el método de permutación para calcular la importancia de las variables.

Para el ajuste de este modelo no se procura analizar ni afinar en detalle la grilla de hiperparámetros, sino que se busca obtener un modelo relativamente bueno del que se pueda extraer las variables más importantes. En base a esto se utiliza una grilla de 30 combinaciones posibles de la cantidad de variables a considerar en cada nodo (*mtry*) y la cantidad mínima de observaciones en cada nodo terminal (*min_n*). Se utilizó un *10-fold cross-validation* para evaluar los modelos y se seleccionó el mejor modelo en base a la métrica de raíz del error cuadrático medio.

En la Figura 9 se observa la importancia de las variables consideradas en el modelo seleccionado. El mismo pareciera ser consistente con lo esperado, donde variables relacionadas con la educación o riqueza del hogar tienden a tener mayor importancia algo que concuerda con el análisis exploratorio previo. Aunque llama la atención que las variables relacionadas con la planificación familiar como el conocimiento de métodos anticonceptivos se encuentren en los últimos lugares de importancia, algo que en la literatura se destaca como un buen predictor de los procesos de fecundidad.

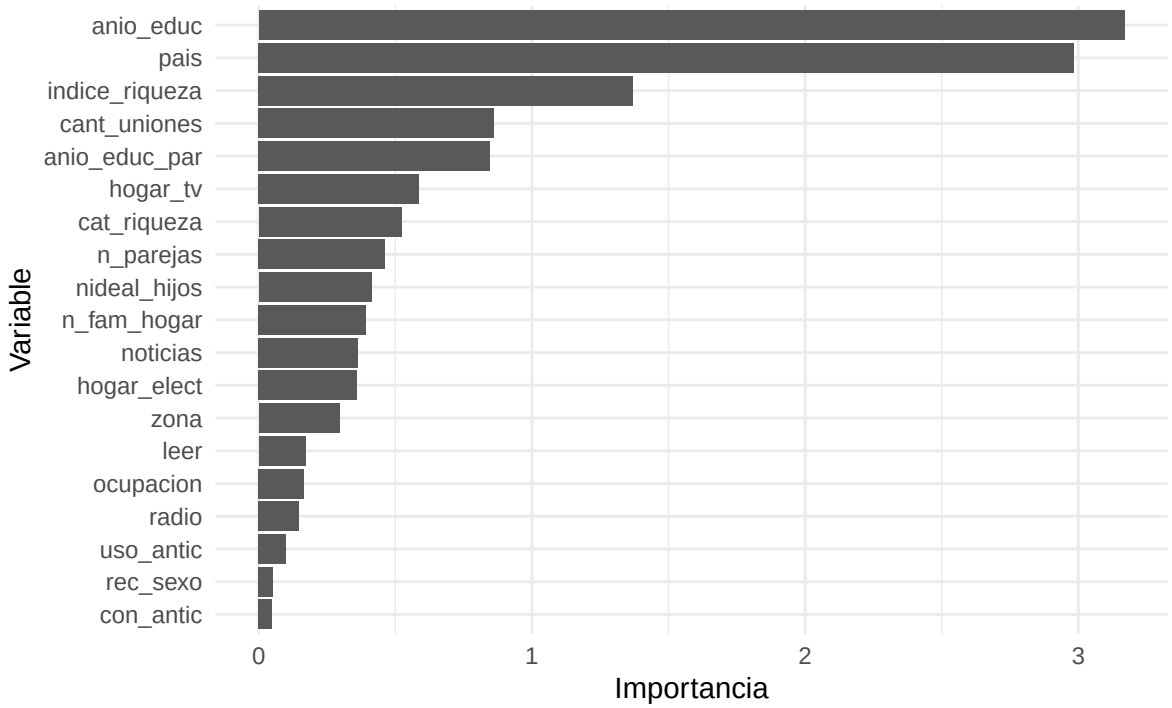


Figura 9: Gráfico barras, importancia de las variables consideradas en el modelo de Random Forest mediante permutación para predecir la edad al primer hijo.

Una vez visualizados los datos y posibles relaciones en las variables se procede a armar los modelos. De lo visto mediante el modelo de *Random Forest* se seleccionan las *10* variables que más importancia presentaron para predecir la edad al primer hijo.

En este caso las variables que quedaron seleccionadas son:

1. Años de educación de la mujer.
2. País de procedencia de la mujer.
3. Indice de riqueza del hogar.
4. Cantidad de uniones que ha tenido la mujer.
5. Años de educación de la pareja de la mujer.
6. Si el hogar dispone de televisión.

7. Categoría de riqueza del hogar.
8. Numero de parejas sexuales que ha tenido la mujer.
9. Numero ideal de hijos.
10. Numero de personas que viven en el hogar.

En este caso se trabaja integramente con '*tidymodels*' framework que permite realizar la evaluación de los modelos de manera sencilla. Se opta por evaluar la eficiencia de modelos basados en árboles: *Bagging*, *Random Forest* y *XGBoost*, donde para cada uno se realiza su correspondiente tuneo de hiperparámetros.

Búsqueda de Hiperparámetros

Se procede a la búsqueda de hiperparámetros para los modelos en busca del modelo que presente la mejor *performance*. Para esto se crea una grilla especifica para cada uno, evaluando todos los modelos en conjunto mediante *workflow_map*.

Para los modelos de *Bagging* se entrenaron los parámetros de de cantidad mínimas de observaciones en cada nodo terminal (*min_n*) y la cantidad de arboles (*trees*). En la siguiente tabla se puede observar la grilla utilizada, que luego se visualizara si la misma es la adecuada para este problema.

Tabla 3: Grilla de hiperparámetros para modelos de Bagging

min_n	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000	1500	2000	2500
trees	50	100	500	1000										

En cuanto a los modelos de *Random Forest* se ajustan los hiperparámetros de cantidad mínimas de observaciones en cada nodo terminal (*min_n*), la cantidad de variables a considerar en cada nodo (*mtry*) y la cantidad de arboles (*trees*). En la siguiente tabla se puede observar la grilla utilizada:

Tabla 4: Grilla de hiperparámetros para modelos de Random Forest

min_n	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000	1500	2000	2500
trees	50	100	500	1000										
mtry	2	4	6	8	10									

Para los modelos de *XGBoost* debido a la gran cantidad de hiperparámetros a ajustar se procedió de forma distinta no definiendo una grilla fija. En este caso se utilizara un método de búsqueda que permite evaluar un espacio de hiperparámetros de forma más eficiente, en particular se opto por utilizar *Latin hypercube sampling*, evaluando un total de 60 combinaciones posibles de hiperparámetros.

En primer lugar se evaluó posibles rangos validos para algunos de estos hiperparametros. De esto se opto por limitar el rango de algunos de ellos como el *learn_rate* a un rango mas acotado, mientras que a otros simplemente se utilizo los rangos por defecto que vienen en *tidymodels*.

Tabla 5: Grilla rango hiperparámetros para modelos de XGBoost

	Valor min.	Valor max.
tree_depth	1	15
min_n	50	500
loss_reduction	1e-10	31
sample_size	0.1	1.0
mtry	1	10
learn_rate	0.0016	0.1600

La busqueda se realiza al igual que para el modelo de visualizacion de importancias mediante *10-fold cross-validation*. En la Figura 10 y Figura 11 se puede visualizar los valores de *RMSE* y *RSQ* para los modelos de *Bagging* y *Random Forest* respectivamente. En ambos gráficos parece bastante marcado una mejor *performance* para valores de *min_n* cercano a los 400, pareciendo la grilla propuesta adecuada para este problema.

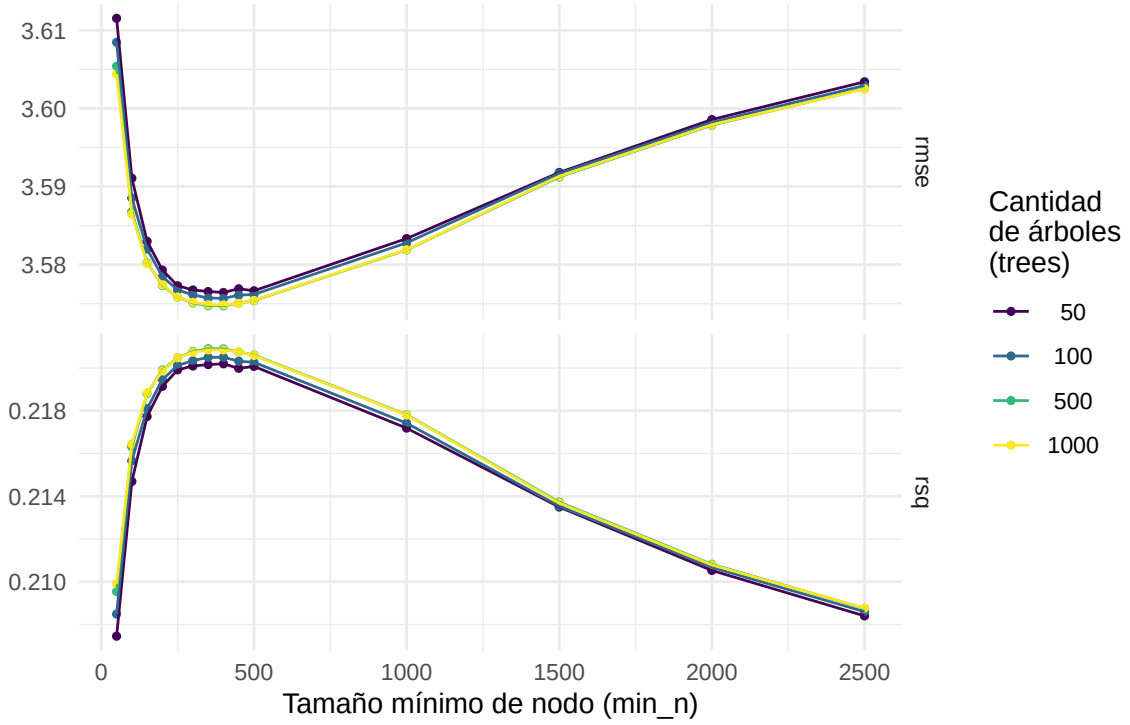


Figura 10: Gráfico, resultados de la búsqueda de hiperparámetros para modelos de Bagging.

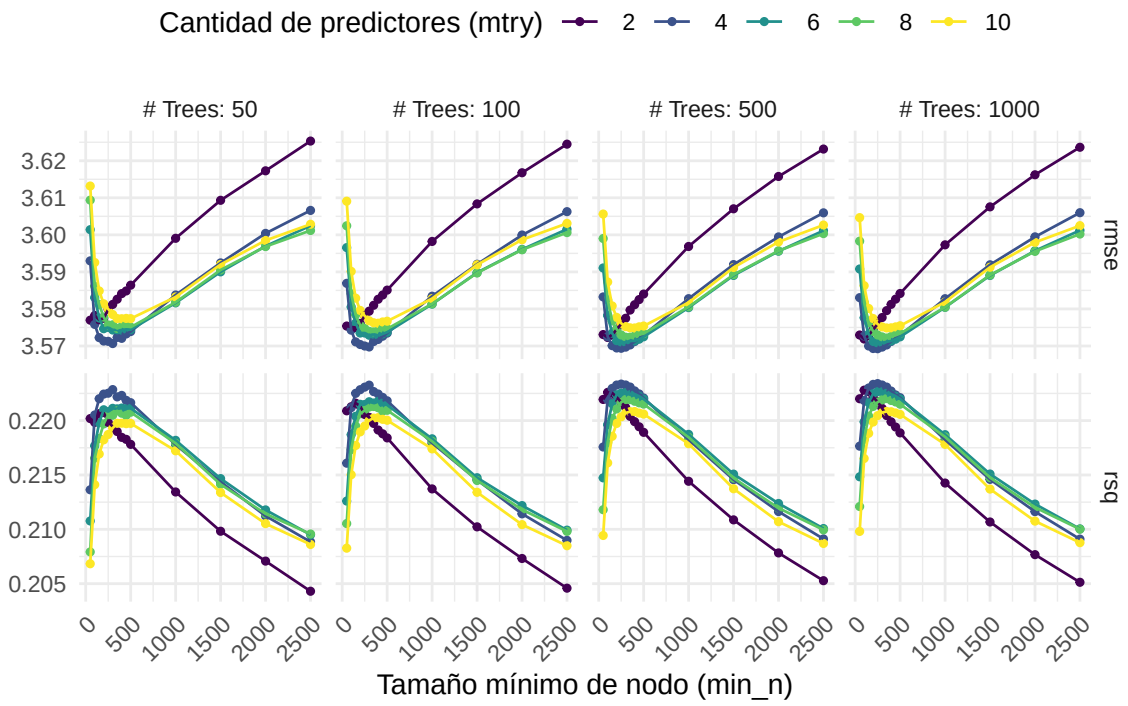


Figura 11: Gráfico, resultados de la búsqueda de hiperparámetros para modelos de Random Forest.

Comparación de modelos

[HABLAR QUE EL RESULTADO GENERAL DE TODOS LOS MODELOS PROBADOS ES BASTANTE SIMILAR Y QUE EL RF ES LEVEMENTE MEJOR (CONSIDERANDO QUE TODOS SON MODELOS DE ARBOLES), COMENTAR LA FIGURA]

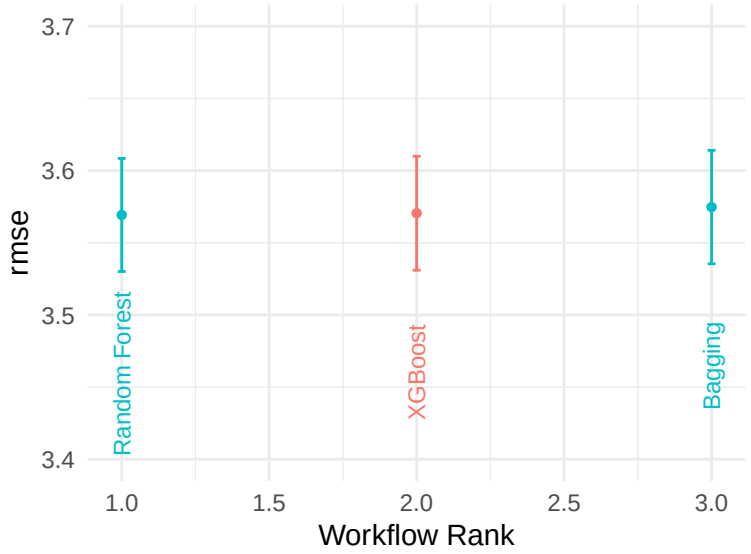


Figura 12: Gráfico comparación de los modelos de Bagging, Random Forest y XGBoost para predecir la edad al primer hijo.

Evaluación modelo final

[HABLAR DEL ANALISIS DE LOS RESIDUOS, MENCIONAR EL PROBLEMA DE LA DIFICULTAD PARA QUE LOS MODELOS PREDIGAN EN RANGOS MAS AMPLIOS DE EDAD (DONDE NO FUNCIONO TRANSFORMAR LA VARIABLE O CONSIDERAR EN EL MUESTREO LA EDAD) POSIBLEMENTE LAS COVARIABLES NO SEAN SUFICIENTES PARA EXPLICAR LA VARIABILIDAD SOBRE TODO DE NACIMIENTOS EN EDADES MAS TARDIAS), A SU VEZ NO SE VE NINGUN PATRON EXTRAÑO EN LOS RESIDUOS NI NINGUN PAIS QUE ESTE ERRANDOLE MAS QUE EL OTRO]

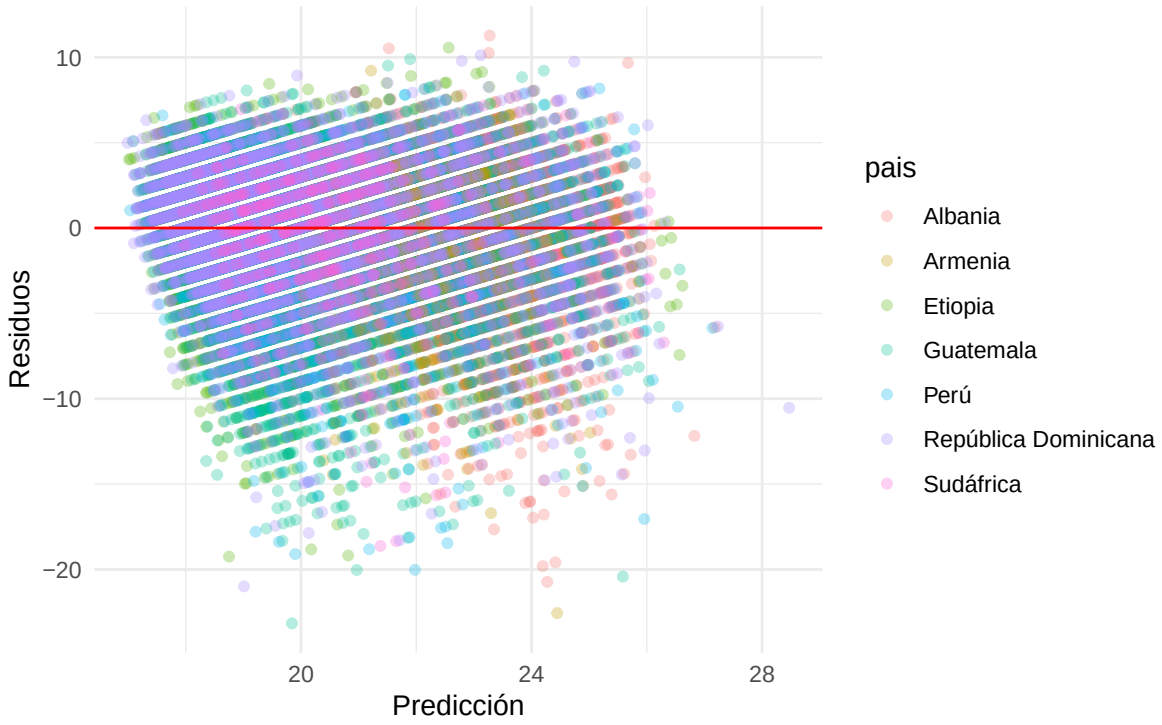


Figura 13: Gráfico residuos vs predichos, conjunto de entrenamiento.

[HABLAR QUE LOS ERRORES POR PAIS SON BASTANTE SIMILARES, QUE NO HAY UN PAIS QUE SE DESTAQUE POR SU MALA PREDICCION (TABLA ABAJO)]

Tabla 6: Métricas en el conjunto de testeo para predecir la edad al primer hijo por país

pais	rmse	mape
Albania	3.73	12.53
Armenia	3.25	11.14
Etiopia	3.48	14.33
Guatemala	3.49	13.11
Perú	3.49	12.95
República Dominicana	3.70	14.70
Sudáfrica	3.63	13.11

Interpretación e importancia de las variables

[COMENTAR TODA LA INTERPRETACION E IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES GRAFICOS DE ABAJO]

[PROBAR SI SE PUEEDE A GEOM_RUG PONERLE UN JITTER]

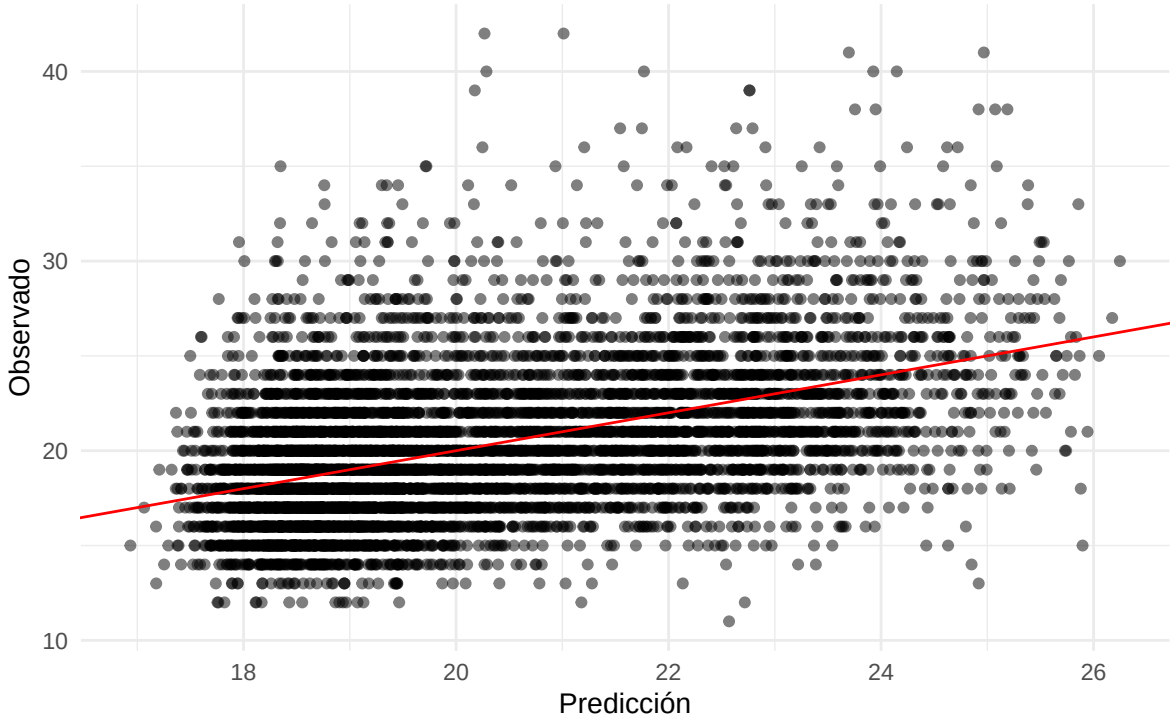


Figura 14: Gráfico predich vs observado, conjunto de testeo.

Modelado de la edad a la primera relación sexual

Se procede a realizar el modelado de la edad a la primera relación sexual donde el procedimiento a realizar es muy similar al anterior. En primer lugar se realiza un filtrado de los datos, donde nuevamente se trabajara con observaciones que dispongan de todos los datos necesarios para el modelo. En este caso la variable de interes no esta presente con lo cual se debe construir a partir de la variable *edad_psexo*.

Como se visualizo en el analisis exploratorio la proporcion de mujeres que comienzan a tener relaciones sexuales antes de los 18 años en algunos paises es bastante mas baja. Con lo cual se decide crear otra variable que combine el pais y la variable de interes, para que en el proceso de division de los datos o el remuestreo no haya un desbalance.

Previo a la división de los datos se procede por filtrar observaciones con valores extremadamente atípicos o que podrian carecer de sentido, en este caso se toma como limite inferior de la edad a la primera relación sexual los 9 años. Con lo que se cuentan con 49349 observaciones donde nuevamente se utilizara un 85% de los datos para entrenar y el 15% restante para evaluar los modelos considerados.

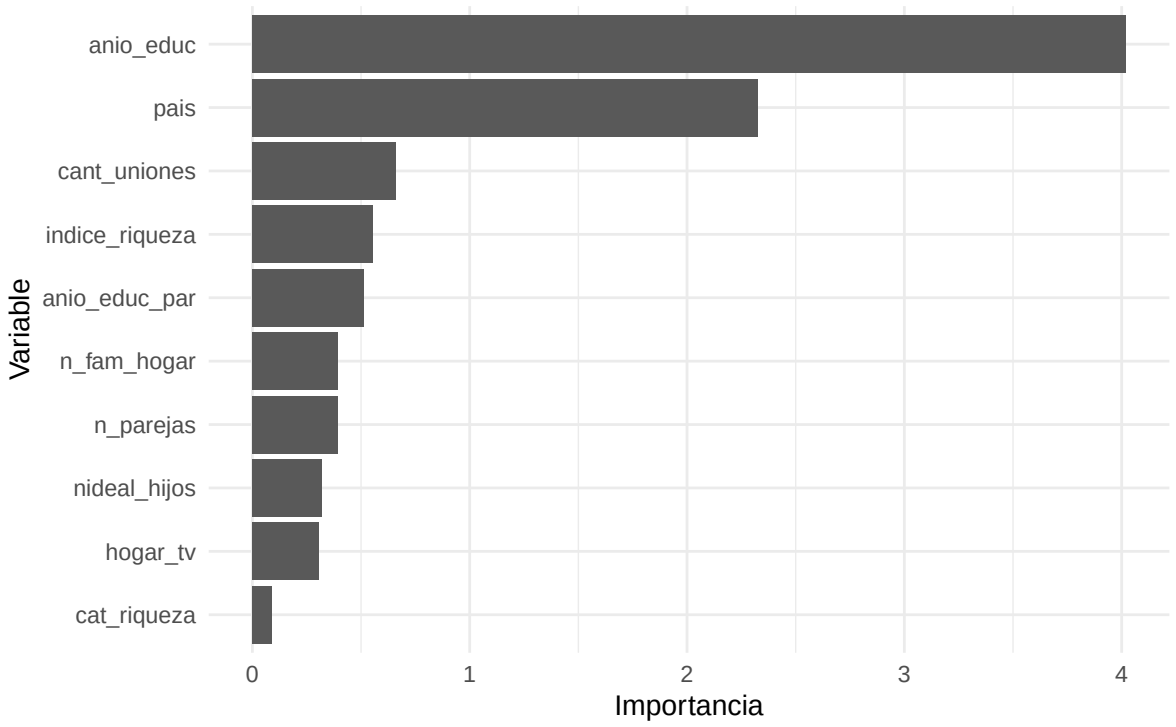


Figura 15: Gráfico barras, importancia de las variables consideradas en el modelo final.

Selección de covariables relevantes

Nuevamente al igual que en el caso anterior existen potencialmente variables irrelevantes para el problema, con lo cual se decide realizar nuevamente un modelo de *Random Forest* y visualizar la importancia de las variables. El procedimiento utilizado es el mismo que en el caso anterior, donde se prueba una grilla de 30 combinaciones para ($mtry$) y (min_n), seleccionando el mejor modelo en este caso al estar trabajado en un proble de clasificacion en base a la métrica de area bajo la curva ROC (roc_auc).

[HABLAR UN POCO DE LAS VARIABLES QUE QUEDAN, MENCIONAR QUE SON PARECIDAS A LAS DEL OTRO MODELO]

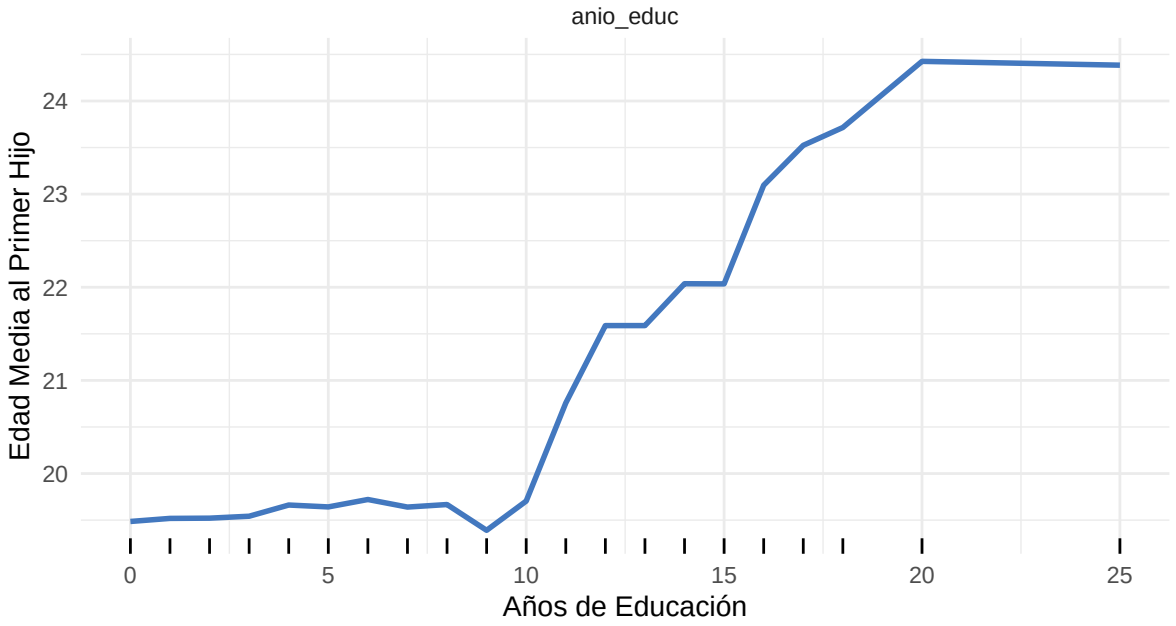


Figura 16: Gráfico PDP, efecto de los años de educación en la edad al primer hijo.

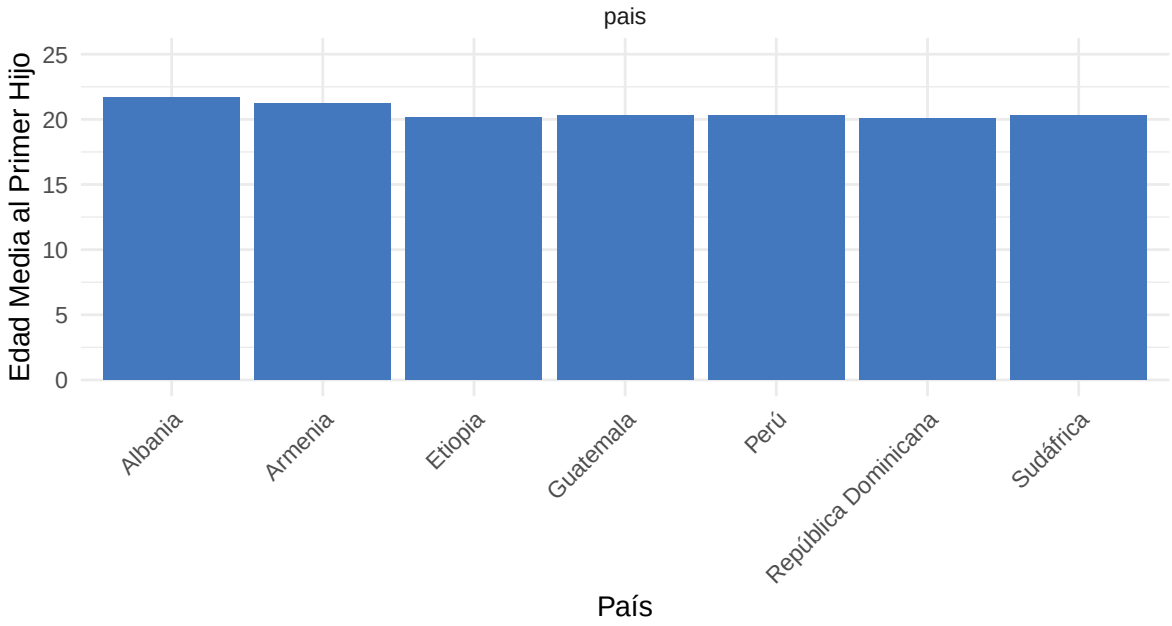
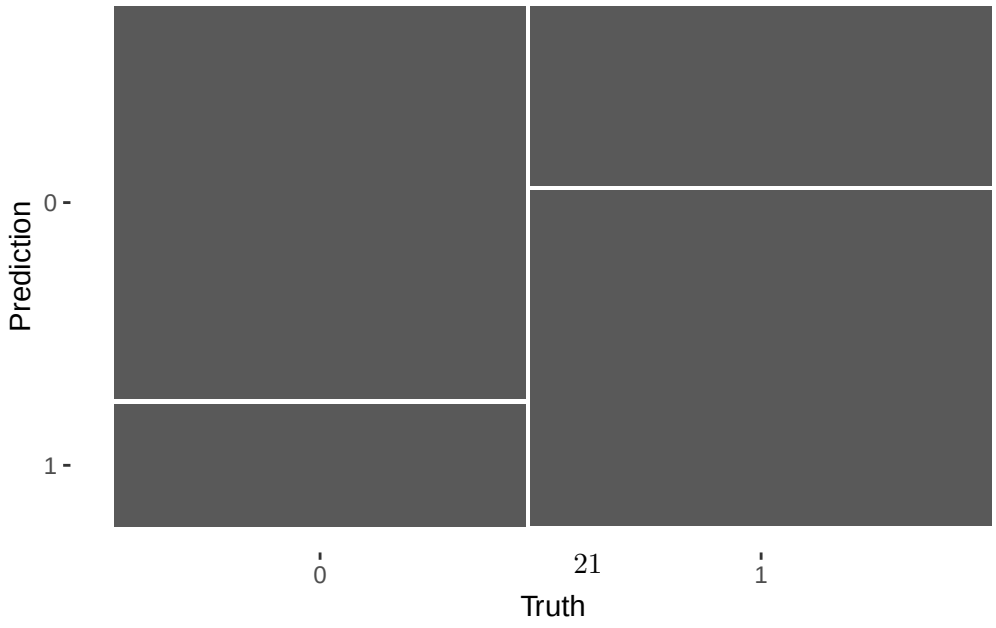


Figura 17: Gráfico PDP, efecto del país en la edad al primer hijo.

Búsqueda de Hiperparámetros

Comparación de modelos

Evalación modelo final



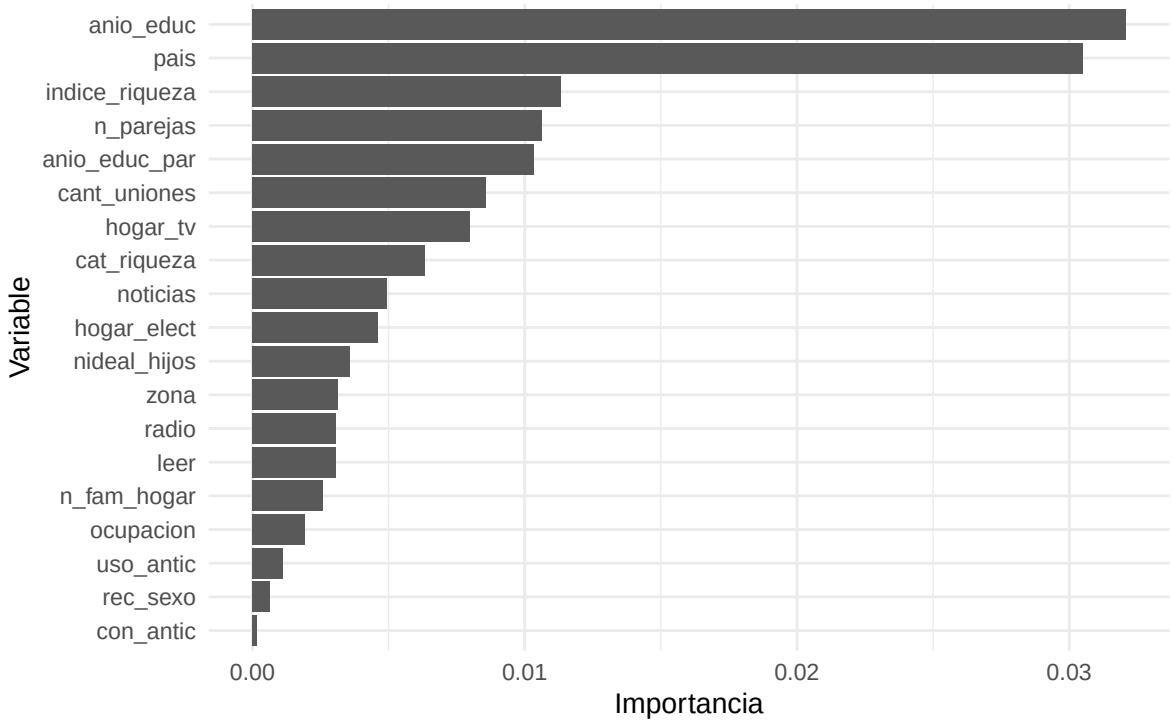


Figura 18: Gráfico barras, importancia de las variables consideradas en el modelo de Random Forest mediante permutación para predecir si comienza a tener relaciones luego de los 18 años.

Interpretación e importancia de las variables

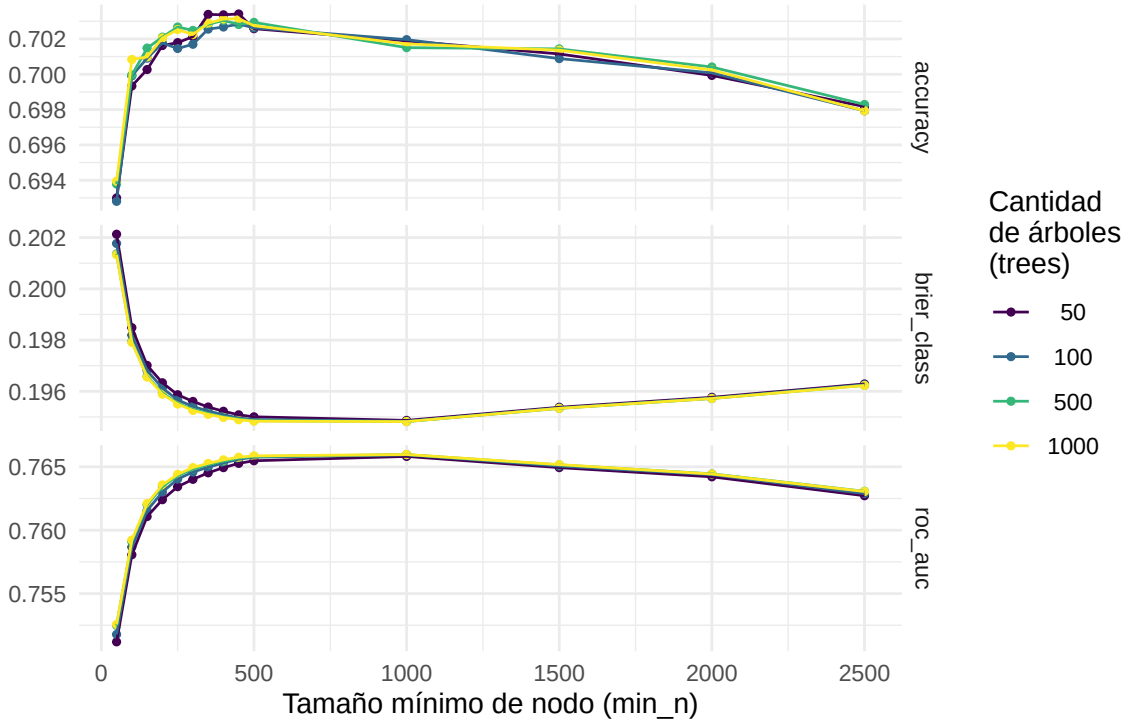


Figura 19: Gráfico, resultados de la búsqueda de hiperparámetros para modelos de Bagging.

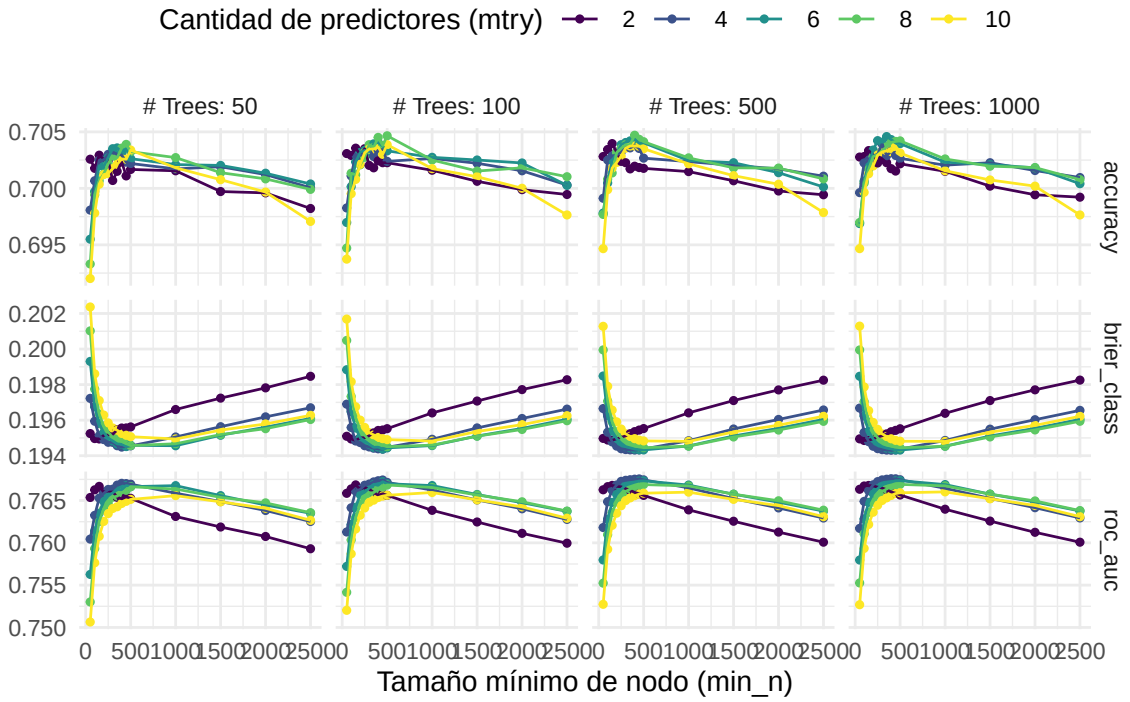


Figura 20: Gráfico, resultados de la búsqueda de hiperparámetros para modelos de Random Forest.

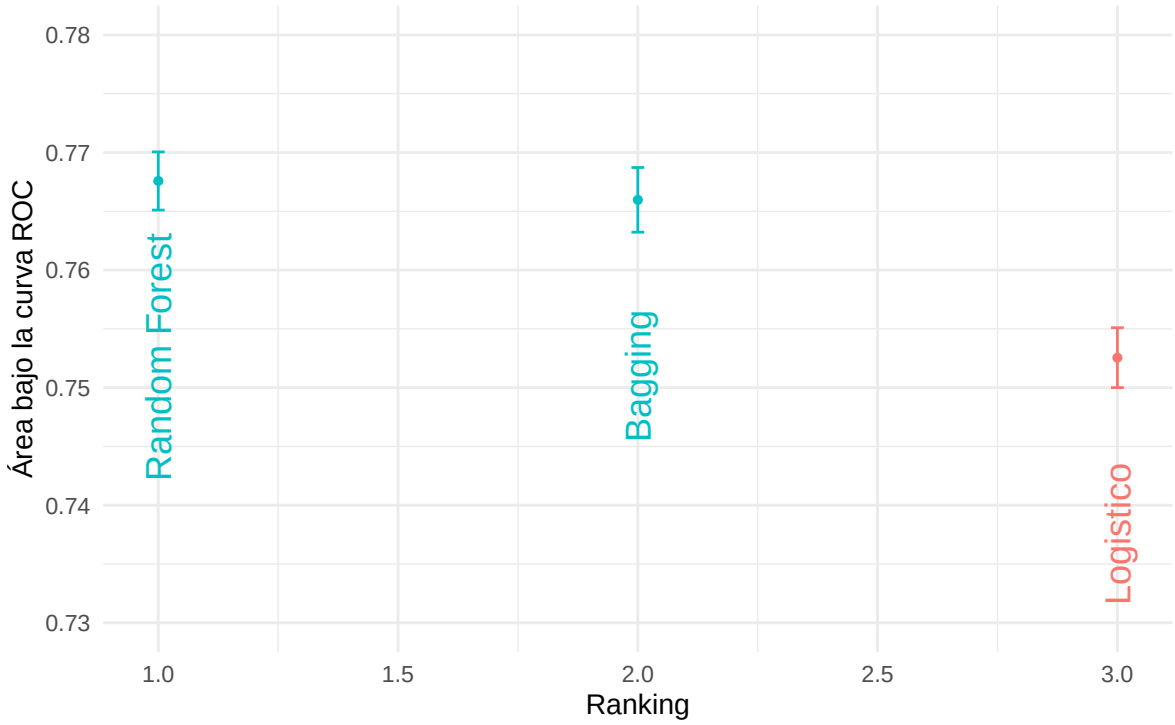


Figura 21: Gráfico comparación de los modelos de Bagging, Random Forest y Regresión Logística, mediante validación cruzada.

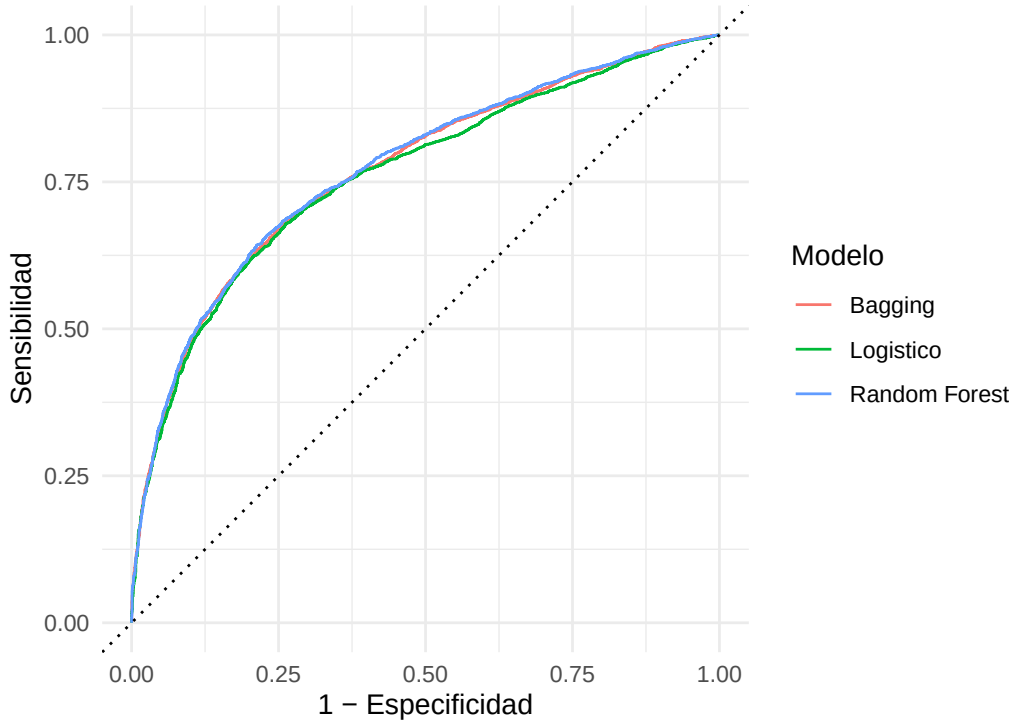


Figura 22: Gráfico, comparación curvas ROC para los modelos considerados en el conjunto de testeo