



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

GRADO EN ESTADÍSTICA

**ElecCyL: aplicación Shiny para el estudio de
diferentes sistemas de reparto aplicados a las
elecciones autonómicas en Castilla y León**

Alumno: Javier Martín de Benito

Tutora: María Teresa González Arteaga

Agradecimientos

A mi tutora, Teresa González Arteaga, por permitirme realizar este proyecto de un tema que tanto me gusta y por la ayuda prestada durante estos meses.

A mis amigos de la Universidad, por estos maravillosos 5 años que he pasado, que pese al estrés, ellos han podido ayudarme a que sean buenos y divertidos.

A mis padres, mis hermanos, mis abuelas y mis amigos, por haberme ayudado siempre que lo he necesitado durante estos 5 años, por ayudar a relajarme, por estar siempre ahí. Porque esto no sería posible sin vosotros. Porque lo habéis dado todo por mí. Porque siempre habéis creído en mí y ver una sonrisa vuestra cada vez que daba un paso me daba la vida y me ayudaba a dar más. Porque sé que todos vosotros estáis orgullosos de mí.

Resumen

En este año 2022, se cumplen 44 años desde la aprobación de la actual Constitución Española y 39 desde la aprobación del Estatuto de Autonomía de Castilla y León.

Durante los últimos años, varios actores políticos han aparecido en la escena política. Esto brinda a los ciudadanos una mayor oferta política que engloba a más ideologías. Sin embargo, el sistema electoral, debido a la aparición de estos actores ha recibido varias críticas, entre ellas el no haberse sabido adaptar a la nueva situación, ya que fue ideado para mantener un sistema bipartidista junto a algunos partidos pequeños. Esto provoca cierta ineficiencia a la hora de plasmar la proporcionalidad entre los votos recibidos por los partidos políticos y los escaños que obtienen[1].

La sociedad ha cambiado y con ella la tecnología. Ahora se pueden desarrollar aplicaciones que permitan a los usuarios acceder a información y a aprender nuevos conceptos. Esto permite crear una aplicación que muestre visualizaciones sobre diferentes sistemas de reparto aplicados a los resultados electorales de diferentes convocatorias.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se consigue crear una aplicación web Shiny que permite visualizar cómo los diferentes sistemas de reparto pueden afectar al reparto de escaños en las elecciones a las Cortes de Castilla y León.

Palabras clave: aplicación, app, elecciones, Shiny, R, Castilla y León, sistemas de reparto.

Abstract

This year, 2022, we celebrate 44 years since Spanish Constitution was approved and 39 years since Castilla y León Statute of Autonomy was approved.

During last years, some political actors have appeared into the political scene. This provides citizens with a greater political offer that includes more ideologies. However, the electoral system, due to the appearance of these actors, has received various criticisms, including not having known how to adapt to the new situation, since it was designed to promote two big political parties together with some small parties. This causes a certain inefficiency when reflecting the proportionality between the votes received by the political parties and the seats they obtain[1].

Society has changed and technology with it. Applications can now be developed and allow users to access information and learn new concepts. This allows creating an application that shows visualizations about different distribution systems applied to the electoral results of different calls.

In this End of Degree Project, a Shiny web application is created that allows visualizing how the different allocation systems can affect the distribution of seats in the elections to the Cortes of Castilla y León.

Palabras clave: application, app, elections, Shiny, R, Castile and León, Castilla y León, allocation systems.

Índice general

Agradecimientos	III
Resumen	V
Abstract	VII
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
1. Introducción	1
2. Información técnica, electoral y legal	3
2.1. Conceptos electorales	3
2.1.1. Partido político	3
2.1.2. Circunscripción electoral	4
2.1.3. Derecho de sufragio	4
2.1.4. Votos	4
2.1.5. Barrera de entrada	5
2.2. Legislación electoral vigente	5
2.2.1. Método de reparto	5
2.2.2. Circunscripción electoral	6
3. Sistemas de reparto	9
3.1. Métodos de reparto proporcional	10
3.1.1. Método D'Hont	10
3.1.2. Método Sainte-Laguë	10

3.1.3. Método del cociente Hare	11
3.2. Circunscripciones electorales	12
4. Datos de resultados electorales autonómicos en Castilla y León	13
4.1. Datos iniciales	13
4.2. Depuración y tratamiento	15
4.3. Asignación de escaños	16
4.4. Información cartográfica	17
5. Herramientas utilizadas	19
5.1. R y RStudio	19
5.2. Herramientas de tidyverse	22
5.2.1. ggplot2	22
5.2.2. tidyr y dplyr	22
5.3. Shiny	23
5.4. Plotly	23
5.5. L ^A T _E X y Overleaf	24
6. Desarrollo y funcionamiento de una aplicación Shiny	25
6.1. Estructura de una aplicación Shiny	25
6.2. Programación reactiva	26
7. ElecCyL: aplicación Shiny para el estudio de los resultados electorales en Castilla y León	29
7.1. Interfaz gráfica de la aplicación- <i>ui.R</i>	29
7.2. Lógica de la aplicación- <i>server.R</i>	30
7.3. La aplicación ElecCyL	31
7.3.1. Inicio de la aplicación	31
7.3.2. Menú de navegación	31
7.3.3. Resultados electorales	33
7.3.4. Circunscripciones provinciales	36
7.3.5. Circunscripción autonómica	37
7.3.6. Compensación	40
8. Conclusiones y trabajo futuro	43

Índice de figuras

4.1. Procesamiento de los datos (elaboración propia)	13
4.2. Procesamiento de los datos (elaboración propia)	14
4.3. Datos agregados por municipio y con los campos de interés	15
4.4. Estructura de los objetos <i>sf</i>	17
4.5. Mapa de las provincias de Castilla y León	18
5.1. Interfaz de R	20
5.2. Interfaz de RStudio	21
5.3. Ejemplo de gráfico con <i>ggplot2</i>	22
5.4. Ejemplo de gráfico con <i>Plotly</i>	24
6.1. Ejemplo de grafo reactivo	26
7.1. Pantalla de presentación de la aplicación	32
7.2. Menú desplegable de la aplicación	33
7.3. Submenú del sistema de circ. provinciales	33
7.4. Submenú del sistema de compensación	33
7.5. Resumen de todas las convocatorias	33
7.6. Resultados electorales	34
7.7. Reparto de escaños en cada convocatoria	34
7.8. Resultados a nivel provincial	35
7.9. Reparto a nivel autonómico con circunscripciones provinciales	36
7.10. Reparto con circunscripciones provinciales con D'Hont y sin barrera	37
7.11. Reparto circ. prov. con cociente Hare y barrera del 3%	37
7.12. Reparto con circunscripción autonómica, método D'Hont y barrera del 3%	38

7.13. Reparto con circunscripción autonómica, método D'Hont y sin barrera	39
7.14. Reparto con circunscripción autonómica, cuota Hare y barrera del 3%	39
7.15. Sistema de compensación con D'Hont y barreras del 3%	40
7.16. Circunscripción de Valladolid bajo los supuestos de 7.15	41

Índice de tablas

2.1. Escaños asignados a cada circunscripción	6
2.2. Comparación de la población de las provincias de Castilla y León entre 1983 y 2021	7
3.1. Simulación del método D'Hont	10
3.2. Simulación del método Sainte-Laguë	11
3.3. Simulación cuota Hare	11
3.4. Resumen de los resultados	12

Capítulo 1

Introducción

En los últimos tiempos, las aplicaciones web se han vuelto una herramienta realmente popular. ¿Las razones? Se pueden ejecutar en cualquier sistema operativo y en cualquier momento, únicamente necesitando un navegador web compatible que, en estos momentos, suele ser cualquiera con una versión actualizada. Eso, además, conlleva que no se requiera la instalación de una aplicación separada para su ejecución.

Existe un paquete para una de las herramientas más utilizadas por los estadísticos, R, que permite la creación de aplicaciones web sin tan siquiera conocer otros lenguajes de *front-end* específicos, como *HTML* o *CSS*. Este paquete se conoce como *Shiny*. Además, como está integrado en el propio lenguaje, permite realizar los procedimientos estadísticos o analíticos a los que estamos acostumbrados, y muchos otros más complejos. En el presente Trabajo de Fin de Grado, la aplicación realiza los cálculos necesarios internamente para poder mostrar la visualización de la manera más informativa y clara.

El presente TFG trata sobre algo tan importante como es la calidad democrática en nuestro país, con enfoque en nuestra comunidad autónoma, Castilla y León. La cercanía de las últimas elecciones autonómicas, celebradas durante la jornada del 13 de Febrero de 2022, han influido en la decisión de utilizar nuestra comunidad para el trabajo. Estas elecciones fueron excepcionales, pues inauguraron un nuevo calendario electoral para Castilla y León, ya que las elecciones autonómicas posteriores podrán ser celebradas de manera separada al resto de elecciones autonómicas y municipales a partir de ahora.

Las elecciones autonómicas en Castilla y León tienen las mismas críticas, o al menos el mismo debate, que las elecciones generales. ¿Proporcionalidad o representatividad del territorio? En el caso de Castilla y León se utilizan 9 circunscripciones electorales, algunas con un tamaño pequeño, que provocan que los partidos que quieran acceder al reparto necesiten un porcentaje alto de los votos emitidos. Esto provoca un condicionante del voto en algunos casos (el llamado “voto útil” o “voto estratégico”). Además, provoca que ciertos partidos que concentren el voto en ciertos territorios necesiten menos votos para alcanzar el escaño que otros con un voto mucho más disperso (en [3] se puede observar una demostración de la diferencia de los votos que necesitó cada partido para acceder a un escaño en las últimas elecciones autonómicas).

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

1. La visualización de los resultados electorales en las elecciones autonómicas en la Comunidad de Castilla y León en las diferentes convocatorias celebradas: 1983, 1987, 1991, 1995, 1999, 2003, 2007, 2011, 2015, 2019 y, finalmente, 2022, tanto de los votos a los partidos como los escaños conseguidos bajo el actual sistema.
2. La comparación de los diferentes sistemas de reparto utilizados, así como la variación del tipo de circunscripción o el cambio de la barrera electoral.

El objetivo de este Trabajo no es, **en ningún caso**, la crítica política, ni a una ideología ni a ningún partido en particular.

El presente TFG está estructurado de la siguiente manera, en base a capítulos que se centran en diferentes cuestiones:

1. En el segundo capítulo se explican los conceptos electorales básicos y la legislación vigente, tanto a nivel nacional como autonómico.
2. En el tercer capítulo se presentan los diferentes métodos de reparto proporcional que se han programado en la aplicación Shiny ElecCyL, así como las diferentes divisiones del territorio.
3. En el cuarto capítulo se explican los datos obtenidos, así como su tratamiento y su procesamiento para poder producir las salidas deseadas.
4. En el quinto capítulo se explican las herramientas utilizadas en el desarrollo de la aplicación y la presente memoria: RStudio, Overleaf, Shiny...
5. En el sexto capítulo se presenta la programación básica de una aplicación Shiny.
6. En el séptimo capítulo se muestra la programación desarrollada en la aplicación ElecCyL, así como una presentación de sus diversas funcionalidades.
7. En el octavo capítulo se comentan los trabajos futuros a realizar, así como unas posibles mejoras para la aplicación ElecCyL.

La aplicación podrá visitarse tanto en <https://javimdb99.shinyapps.io/eleccyl/> como en <http://shiny1.eio.uva.es:3838/users/javier/aplicacion/>.

Capítulo 2

Información técnica, electoral y legal

En el presente capítulo se explican los conceptos electorales que se aplican en el presente Trabajo, así como la legislación vigente al respecto y los sistemas de división territoriales en una elección.

2.1. Conceptos electorales

2.1.1. Partido político

Un partido político es una organización política que es constituida con el fin de la representación de una ideología. Según la Constitución Española, *los partidos políticos expresan el pluralismo político, concurren a la formación y manifestación de la voluntad popular y son instrumento fundamental para la participación política. Su creación y el ejercicio de su actividad son libres dentro del respeto a la Constitución y a la ley. Su estructura interna y funcionamiento deberán ser democráticos* [7].

La regulación del funcionamiento interno de los partidos políticos, así como los requisitos para poder acceder a su legalización y registro, vienen determinados por la Ley Orgánica de Partidos Políticos, del 2002. Algunos requisitos son el respeto del sistema democrático, así como la prohibición de atentar contra el *régimen democrático de libertades*, justificar la xenofobia o la violencia. [8].

En muchas ocasiones existen partidos que no obtienen los suficientes votos como para llegar a las barreras electorales de entrada, o que por separado pueden no maximizar la obtención de escaños debido al sistema electoral vigente. En ese caso, hay algunos partidos que deciden unirse en lo que se denomina **coalición electoral**, como es el caso de *Unidas Podemos*. A fin de cuentas y para el tema que concierne, en las elecciones funcionan como un partido político único que se presenta para ser elegido. En algunos casos, ni siquiera hay

partido político y se conforma una **agrupación de electores** para las elecciones, como es el caso de la plataforma *Teruel Existe*.

2.1.2. Circunscripción electoral

Una circunscripción electoral o distrito electoral es una delimitación territorial y demográfica que sirve como cuerpo para la elección de un número determinado de representantes. En la misma, se encuentran inscritos unos electores que, normalmente, únicamente pueden votar en la circunscripción a la que pertenecen.

Hay diferentes tipos:

- Uninominal: en la circunscripción se elige únicamente un representante y el reparto se realiza por voto mayoritario (sistema *First Past the Post*, *Segunda Vuelta Instantánea*, *elección con balotaje*....
- Plurinominal: en este caso, son elegibles un número mayor que 1 de representantes. Generalmente se utilizan métodos de reparto proporcionales.

2.1.3. Derecho de sufragio

El derecho de sufragio es, en España, el derecho de todo ciudadano español al voto y a ser elegido. El derecho de sufragio se obtiene al llegar a la mayoría de edad (18 años). En el caso de elecciones municipales, en arreglo a los tratados de la Unión Europea, cualquier ciudadano europeo tiene el derecho a poder ser elector, siempre que así lo pida.

- Derecho de sufragio activo: es el derecho del ciudadano al voto. Este derecho es:
 - Universal, pues toda persona puede ejercerlo sin importar su sexo, religión, origen, raza, orientación sexual o cualquier otra cuestión personal.
 - Libre, pues nadie está obligado a ejercerlo.
 - Igual, ningún voto tiene mayor ni menor valor que otro.
 - Secreto, no hay obligación a que ninguna persona revele su sentido del voto.
 - Directo, pues las personas elegidas se asignan por los electores y no por ninguna persona intermediaria.
- Derecho de sufragio pasivo: es el derecho de todo ciudadano español que posea la cualidad de elector a poder ser elegido en unas elecciones, siempre y cuando no se encuentren dentro de ninguna de las causas de inelegibilidad descritas en el artículo 6 de la Ley Orgánica del Régimen Electoral General.

2.1.4. Votos

Un voto es la manifestación, ya sea digital, oral o escrita, de la opinión de una persona. En el caso que nos concierne, unas elecciones, se puede manifestar con diferentes sistemas:

sistema de listas abiertas (se elige al candidato), sistema de listas cerradas bloqueadas (el que en España se utiliza en todos los casos, una lista ya decidida en la que no se puede cambiar el orden) y el sistema de listas cerradas desbloqueadas (no hay un orden impuesto en la lista votada y se elige al partido y a uno o más candidatos). Como voto, hay diferentes tipos, según están definidos en la Ley Orgánica del Régimen Electoral General, Título I, capítulo VI, sección 14^a [9].

- Voto nulo: se considera voto nulo aquel voto que, pese a haberse emitido, ha sido, o bien modificado, o emitido en un sobre no oficial o haber sido víctima de vandalismo. Se hace un recuento de votos nulos pero no afecta al escrutinio. Son votos que, a fin de cuentas, quedan invalidados.
- Voto válido: aquel que no ha sido modificado y cumple los requisitos. Existen dos tipos:
 - Voto a candidaturas: es aquel sobre que contiene una única papeleta a un partido registrado.
 - Voto en blanco: el sobre introducido en la urna no contiene ninguna papeleta. Es válido y contabilizado.
- Abstención: el caso de la abstención es que no es un voto per se. Es el caso de una persona que no acude a votar: porque no quiera, porque no esté de acuerdo con ninguna opción política o con el sistema en sí.

2.1.5. Barrera de entrada

La barrera electoral de entrada es un porcentaje mínimo que cada entidad presentada a las elecciones ha de superar para poder acceder al reparto. La barrera puede variar, pero generalmente son de 1 %, 3 % y 5 % pero hay casos de hasta un 10 % sobre los votos válidos. También se le conoce como cuota de entrada o piso electoral.

2.2. Legislación electoral vigente

Castilla y León forma parte de las comunidades autónomas que han legislado sobre su régimen electoral, por lo que no sigue los procedimientos generales dictados por la Ley Orgánica del Régimen Electoral General [9]. Por lo tanto, sigue una Ley Autonómica [10].

2.2.1. Método de reparto

Actualmente, el método electoral de reparto utilizado en Castilla y León es el Método D'Hont. Además, se utiliza una barrera de entrada del 3 % en cada circunscripción. El funcionamiento, aunque ya explicado, viene especificado en el *Título IV de la Ley Electoral de Castilla y León* [10].

Provincia	1983	1987	1991	1995	1999	2003	2007	2011	2015	2019	2022
Ávila	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Burgos	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
León	15	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13
Palencia	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Salamanca	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10
Segovia	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6
Soria	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Valladolid	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15
Zamora	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7

Tabla 2.1: Escaños asignados a cada circunscripción

2.2.2. Circunscripción electoral

En el caso de Castilla y León, la circunscripción electoral es la provincia. Existen nueve: Ávila, Burgos, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Soria, Valladolid y Zamora. Esta circunstancia viene dada en arreglo al artículo 18 del Título IV de la Ley Electoral de Castilla y León y el artículo 21 del Estatuto de Autonomía de Castilla y León [11].

La Constitución Española, que es la norma básica de la cual realmente surge el funcionamiento de las comunidades autónomas establece, en su artículo 152 apartado 1, que las elecciones a las Asambleas Legislativas se elegirán mediante sufragio secreto y universal, con arreglo a un sistema proporcional que asegure la representación, además, de los diferentes territorios de la autonomía. Aunque esto pueda parecer que obligue a que la circunscripción provincial, realmente las comunidades autónomas pueden establecer cualquier tipo de circunscripción electoral, incluso menor a la provincia o englobando a algunas. El Principado de Asturias, por ejemplo, pese a ser una Comunidad Autónoma uniprovincial, para las elecciones a la Junta General del Principado de Asturias se divide en 3 circunscripciones: Centro, Occidente y Oriente [13]. El caso de una Comunidad Autónoma que para las elecciones autonómicas utilice un sistema con circunscripciones electorales que engloben a varias provincias no se ha dado todavía.

Estas circunscripciones electorales, en el caso de Castilla y León, llevan asignadas un diferente número de escaños a repartir. Según su Estatuto de Autonomía, en su artículo 21 dispone:

La circunscripción electoral es la provincia, asignándose a cada una un número mínimo de tres Procuradores y uno más por cada 45.000 habitantes o fracción superior a 22.500

Y, teniendo esto en cuenta, el reparto de los escaños en todas las elecciones autonómicas que se han celebrado en la Comunidad, quedaría reflejado en la tabla 2.1.

Como se observa, hay circunscripciones, como la de la provincia de León, que de tener 15 escaños a repartir ha pasado a 13. El caso contrario se da en Valladolid, que de repartir 14 escaños, reparte, a fecha de las últimas elecciones autonómicas de 2022, 15. Esto es debido a que, como es conocido, la población de las provincias de Castilla y León ha ido variando (la tabla 2.2 muestra la población de las provincias en Castilla y León en 1983 y 2021, datos oficiales de la Junta de Castilla y León[30]).

Provincia	Pob. en 1983	Pob. en 2021
Ávila	183.586	157.664
Burgos	363.523	357.650
León	523.607	456.439
Palencia	188.479	160.321
Salamanca	364.305	329.245
Segovia	149.361	153.478
Soria	100.719	88.884
Valladolid	481.786	520.649
Zamora	227.771	170.588

Tabla 2.2: Comparación de la población de las provincias de Castilla y León entre 1983 y 2021

Capítulo 3

Sistemas de reparto

En un sistema democrático representativo, como en el que vivimos, se celebran elecciones cada cierto tiempo. Los ciudadanos acuden a depositar su voto, pero una vez depositados y, tras el recuento, los votos se han de transformar en escaños. En el caso de Castilla y León los poseedores de un escaño y representantes de la voluntad de la ciudadanía no se llaman *diputados*, sino *procuradores*, en honor al nombre de aquellos representantes de las ciudades en las antiguas Cortes de Castilla[2] y, anteriormente, de las Cortes de León.

Para la obtención de un escaño existen diversas fórmulas de cálculo de los escaños obtenidos en función del número de votos obtenidos por partido o participante en unas elecciones y se conocen como métodos de reparto. Se pueden dividir en dos grandes familias:

- Los sistemas mayoritarios, en los que el partido que saca más votos se lleva la totalidad de escaños a repartir en el distrito. Existen varios tipos, como FPTP, First Past The Post, utilizado mayoritariamente en países anglosajones, en el que el partido que tiene la mayoría simple de los votos, también llamada pluralidad, obtiene el escaño del distrito.
- Los sistemas proporcionales, utilizados generalmente en países europeos e hispanoamericanos, son los que reparten los escaños proporcionalmente (de ahí su nombre) según los votos emitidos en una circunscripción.

En este capítulo se describirán los siguientes métodos y divisiones territoriales:

- Método D'Hont
- Método de Sainte-Laguë o método de los divisores impares
- Cociente Hare
- Circunscripciones provinciales
- Circunscripción única (autonómica)
- Circunscripciones provinciales con escaños de compensación

3.1. Métodos de reparto proporcional

3.1.1. Método D'Hont

El método de reparto D'Hont fue propuesto por primera vez por el expresidente estadounidense Thomas Jefferson, pero fue reformulado por el matemático belga Victor D'Hont, a quien debe su principal denominación. Se necesitan calcular cuotas para cada partido i que haya entrado en el reparto de la siguiente forma:

$$c_{ij} = \frac{V_i}{j} \quad j = 1, 2, \dots, e \quad (3.1)$$

Siendo c_{ij} la cuota del partido i y siendo e el número de escaños a repartir y V el número de votos del partido que ha conseguido entrar en el reparto.

Imaginemos el caso de que se presentan 4 partidos a las elecciones: el A, el B, el C y el D, que obtienen 120.000, 100.000, 57.000 y 35.000 votos, respectivamente. Estos resultados se dividen, sucesivamente, desde 1 hasta el número de escaños, que en este ejemplo son 5 (observar tabla 3.1).

	1	2	3	4	5
Partido A	<u>120.000</u>	<u>60.000</u>	40.000	30.000	24.000
Partido B	<u>100.000</u>	<u>50.000</u>	33.333	25.000	20.000
Partido C	<u>57.000</u>	28.500	19.000	14.250	11.400
Partido D	35.000	17.500	11.666	8.750	7.000

Tabla 3.1: Simulación del método D'Hont

Una vez obtenidos los cocientes, se ordenan de mayor a menor y los partidos que obtienen representación son, en este caso, los 5 con mayores cocientes. En nuestro caso, El partido A y el partido B consiguen 2 escaños cada uno y el partido C, consigue uno. El partido D con este sistema no ha conseguido ningún escaño.

Se dice que este sistema beneficia a los grandes partidos [5]. Como se observa, podríamos interpretar que el reparto por máximo cociente (estos métodos se llaman así). En este caso favorece a los 2 partidos más grandes, si bien en este ejemplo, que está preparado para los 3 métodos, se observa una gran diferencia entre los 2 más votados y el resto.

El método de reparto D'Hont es utilizado para, si bien dar una proporcionalidad a los escaños repartidos, obtener un sistema estable y gobernable.

3.1.2. Método Sainte-Laguë

El método de Sainte-Laguë, llamado así en honor al matemático francés André Sainte-Laguë, utiliza una aproximación similar al método utilizado anteriormente. En vez de dividir desde 1 hasta el número de escaños en liza, este método utiliza como divisores los números impares desde 1 hasta el doble de los escaños en liza. En este caso, la cuota quedaría como sigue:

$$c_{ij} = \frac{V_i}{j} \quad j = 1, 3, 5, \dots, 2e - 1 \quad (3.2)$$

En el ejemplo anterior quedaría como marca la tabla 3.2:

	1	3	5	7	9
Partido A	<u>120.000</u>	<u>40.000</u>	24.000	17.142	13.333
Partido B	<u>100.000</u>	33.333	20.000	14.285	11.111
Partido C	<u>57.000</u>	19.000	11.400	8.142	6.333
Partido D	<u>35.000</u>	11.666	7.000	5.000	3.888

Tabla 3.2: Simulación del método Sainte-Laguë

En este caso observamos unos ligeros cambios: el Partido A obtiene 2 escaños, y los Partidos B, C y D obtienen 1 escaño cada uno. Debido a que los votos se dividen entre divisores mayores, los siguientes cocientes son menores y permiten la obtención de un escaño a los partidos más pequeños en detrimento de los más grandes. Éste es un método de reparto utilizado para una mayor pluralidad de partidos en las cámaras legislativas.

3.1.3. Método del cociente Hare

El método del cociente Hare pretende minimizar los restos finales de los partidos a la hora de la obtención de un escaño, es decir, intenta reducir el coste del escaño para cada partido [6]. En este caso, el reparto se lleva a cabo por **mayor resto y no por mayor cociente**. El procedimiento es el que sigue:

Primero, se obtiene la cuota de reparto. Esta se obtiene dividiendo los votos totales entre los escaños a repartir y, en el ejemplo presentado anteriormente:

$$\frac{\text{votos totales}}{\text{escaños a repartir}} = \frac{312000}{5} = 62,400 \quad (3.3)$$

La cuota obtenida es de 62.400 votos. Esta cuota se utilizará para calcular cuántos escaños se lleva cada partido, siempre que haya superado la cuota. En el caso actual, únicamente los partidos A y B superan la cuota y por eso accederán a este reparto. ¿Cómo se reparten? Los votos totales de cada partido se dividen entre la cuota y se trunca el resultado **y se guarda el resto de votos**.

	Cociente truncado	Resto
Partido A	1	57.600
Partido B	1	37.600
Partido C	0	57.000
Partido D	0	35.000

Tabla 3.3: Simulación cuota Hare

Se observa que los partidos A y B obtienen un escaño y que los partidos C y D, al no llegar a la cuota, se quedan en 0, al menos en la división. Sin embargo, como se ha comentado

anteriormente, el resto se ha guardado. Esto se debe a que, posteriormente, como quedan 3 escaños sin asignar, se utilizarán los restos para asignarlos. Para ello, se ordenan de mayor a menor y se eligen los 3 mayores, en este caso. Por lo tanto, los partidos A y B consiguen 2 escaños cada uno, el C se queda con 1 escaño y el D se queda con 0 escaños.

Por último, en la tabla 3.4 se observan los resultados de todos los métodos aplicados.

	D'Hont	Sainte-Laguë	Cociente Hare
Partido A	2	2	2
Partido B	2	1	2
Partido C	1	1	1
Partido D	0	1	0

Tabla 3.4: Resumen de los resultados

3.2. Circunscripciones electorales

En unas elecciones, como se ha comentado anteriormente, el territorio se puede dividir en circunscripciones delimitadas geográficamente. En el caso que nos concierne, se pueden aplicar 3 tipos:

- **Circunscripción provincial;** en este caso el territorio se divide en circunscripciones que no abarcan la totalidad del mismo y el reparto de escaños entre ellas se realiza acorde a la población. Una vez calculados los repartos en cada circunscripción, los escaños totales asignados a cada partido se obtienen de la suma de los escaños obtenidos en cada una.
- **Circunscripción única:** el territorio se agrupa en una única circunscripción que reparte todos los escaños que compone la cámara legislativa.
- **Circunscripciones provinciales con escaños de compensación:** esta división agrupa los 2 tipos anteriores: mientras que el territorio se divide en varias circunscripciones electorales y son la unidad básica del reparto de escaños, un grupo de los mismos se reserva para repartir a un nivel territorial mayor, en este caso la comunidad autónoma.

Existen varios métodos de reparto de escaños de compensación, pero el que se utiliza en el presente Trabajo de Fin de Grado es el que se utiliza en Suecia, en el que los propios escaños se asignan a las provincias en el que los cocientes votos/escaño son mayores. Este método se explica posteriormente de manera más amplia.

Capítulo 4

Datos de resultados electorales autonómicos en Castilla y León

Los datos son la base de la aplicación web que se realiza para este TFG. Proveen la información que nos sirve para poder realizar las visualizaciones de los mismos.

Los datos iniciales han de pasar por una serie de transformaciones para que puedan producir la salida deseada. En el presente capítulo se explica el proceso seguido a la hora de tratar con los datos utilizados, así como la manera en la que éstos se guardan y la estructura interna que tienen.

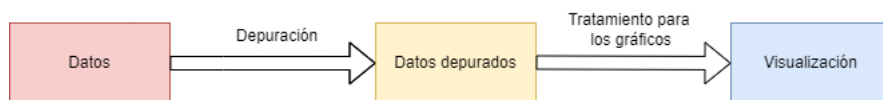


Figura 4.1: Procesamiento de los datos (elaboración propia)

4.1. Datos iniciales

Los datos iniciales obtenidos son los respectivos a los resultados electorales de todas las convocatorias electorales autonómicas en la comunidad de Castilla y León y se encuentran recogidos en ficheros que se pueden obtener de de la web de la Junta de Castilla y León[14].

Los ficheros tienen una estructura específica que se respeta en todos las convocatorias.

Código de mesa	Provincia	Código	Municipio	Distrito	Sección	Mesa	Censo	Primer Avance	Segundo Avance	Total	Votante	Votos Nulos	Votos Blanco	Partido	Nº Votos
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	PP	41
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	VOX	23
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	P.S.O.E.	23
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	XAV	13
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	Cs	2
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	PODEMOS-IU	1
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	PACMA	1
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	PYC (ANULAD)	0
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	PCAS-TC-RC	0
05-001-1-001	AVILA		1 ADANERO		1	1 U	173	49	85	108	2	2	2	FE de las JON	0

Figura 4.2: Procesamiento de los datos (elaboración propia)

En la figura 4.2 se tienen los resultados en el municipio de Adanero, en la provincia de Ávila, que tiene una mesa única. Se observa que la estructura del fichero es la siguiente:

- Código de mesa: código de la mesa electoral.
- Provincia: nombre de la provincia a la que pertenece la mesa electoral.
- Código municipio: código INE asociado a un municipio. Por provincias, es el número asociado calculado de manera alfabética. Por ejemplo, en Ávila, el 1 es Adaneros y el siguiente, La Adrada (Adrada, La) es el siguiente en orden alfabético.
- Municipio: nombre del municipio.
- Distrito: distrito electoral al que pertenece la mesa electoral.
- Sección: sección censal a la que pertenece la mesa electoral,
- Mesa: mesa electoral dentro del colegio electoral (A, B, U...).
- Primer avance: primer avance de la participación, en cantidad total de votantes que han acudido a las urnas.
- Segundo avance: segundo avance de la participación, en cantidad total de votantes que han acudido a las urnas.
- Total votantes: votantes censados en la mesa electoral.
- Votos nulos: cantidad de votos nulos en la mesa electoral.
- Votos Blanco: cantidad de votos en blanco por mesa electoral. Este campo y el anterior viene repetido en toda la mesa electoral.
- Partido: partido del que se mostrarán los votos.
- Nº Votos: número de votos del partido antes referido.

En la figura 4.3 se muestra la disposición de los resultados una vez organizados por municipio. Sirva como ejemplo, ya que estos resultados ya están agrupados por municipio y no por mesa electoral.

Provincia	Municipio	Partido	VotosMuni
AVILA	ADANERO	Cs	2
AVILA	ADANERO	FEdeLasJONS	0
AVILA	ADANERO	PACMA	1
AVILA	ADANERO	PCAS	0
AVILA	ADANERO	Podemos	1
AVILA	ADANERO	PP	41
AVILA	ADANERO	PSOE	23
AVILA	ADANERO	PYC(ANULADA)	0
AVILA	ADANERO	VOX	23
AVILA	ADANERO	XAV	13
AVILA	ADANERO	Votos en blanco	2
AVILA	ADANERO	Votos nulos	2

Figura 4.3: Datos agregados por municipio y con los campos de interés

4.2. Depuración y tratamiento

Para los resultados electorales se han tenido que realizar diferentes transformaciones según el gráfico al que se dirijan, pues cada uno necesita estructuras para los datos diferentes. Además, para evitar sobrerrepresentación de la información y no sobrecargar la interfaz, se ha tenido que acortar las tablas.

De manera general, se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Se eliminan caracteres especiales que puedan causar errores y problemas para unificar información debido a las diferentes codificaciones en las que los diferentes ficheros puedan estar guardados. Estos caracteres son, principalmente, acentos y caracteres hispánicos.
2. Los puntos de los nombres de los partidos se eliminan (P.S.O.E a PSOE) o los apóstrofes (C's a Cs).
3. Los nombres de los partidos han sido normalizados o acortados. Un ejemplo es el caso del PSOE, en el que en alguna convocatoria ha ido en coalición con otros partidos en algunas circunscripciones (como por ejemplo en la provincia de Burgos) y, para evitar fallos a la hora de visualizar los gráficos, se han englobado dentro del partido mayoritario (en este caso, el PSOE). También se dan casos como con Izquierda Unida o el Partido Castellano- Tierra Comunera, que en algunos casos se han presentado con diferentes nombres y se han normalizado.

El procedimiento explicado se realiza en un script independiente de la aplicación, si bien en un primero momento se iba a realizar durante la ejecución de la aplicación Shiny ElecCyL. Se tomó la decisión de que sea un script independiente para reducir los tiempos de carga y de cambio de años, pues son unos ficheros bastante pesados. En la aplicación se siguen tratando los datos, pero esta vez ya en tiempo de carga y sin guardarlos en ningún directorio.

Primero, se procede con la obtención de los votos nulos y en blanco:

1. Se leen los ficheros y los datos se agrupan por mesa electoral. Hay datos repetidos por mesa electoral, como por ejemplo el número de votos en blanco, por lo que se eliminarán.

-
2. Para cada mesa electoral, se añaden nuevas observaciones: número de votos en blanco y número de votos nulos. Una vez calculados, las respectivas columnas iniciales se eliminan (ver figuras 4.2 y 4.3).

Posteriormente, para obtener los votos por municipio y provincia:

1. Se agrupan los datos por provincia y municipio. Se calcula el porcentaje que ha obtenido cada partido en cada municipio.
2. Se realiza lo mismo pero a nivel de la provincia.
3. Se obtiene el porcentaje y votos a nivel autonómico, agrupando los casos por partido y realizando el mismo procedimiento anterior.

Para los gráficos de barras y la representación de los escaños en forma de hemiciclo, los partidos han de tener un **orden de izquierda a derecha**. Por defecto, R sitúa los partidos por orden alfabético y asigna un color según la paleta predefinida. Sin embargo, los partidos tienen un color característico y una ideología y se suelen representar de izquierda a derecha. Por eso mismo, se ha preparado un fichero independiente que contiene el orden de los partidos y su color característico.

4.3. Asignación de escaños

Una vez limpiados y organizados los datos, se realizan los cálculos necesarios que formarán el núcleo de la aplicación y de las visualizaciones que se desean realizar. Para la asignación de los escaños ha de diferenciarse 3 tipos de sistemas de asignación: **sistema de circunscripción provincial**, **sistema de circunscripción autonómica** y **sistema de circunscripción provincial con escaños de compensación**.

- Para los sistemas que utilizan **circunscripción provincial**, se calcula primero las tablas de asignación para cada partido en cada provincia y posteriormente se suman los resultados. Se obtiene, para cada provincia, una tabla con cada partido y la asignación de los escaños que le corresponden. Se unen y se utilizan esos datos para dibujar la asignación de escaños.
- Para el sistema que utiliza **circunscripción autonómica**, la asignación se hace directamente con los votos obtenidos a nivel autonómico. Se utiliza la misma función que anteriormente, pero editada para que funcione a nivel autonómico.
- Para el **sistema de circunscripciones provinciales con escaños de compensación**, se sigue el sistema utilizado en las Elecciones al Riksdag en Suecia [17].
 1. Se sustraen 2 escaños de los totales de las circunscripciones más grandes (Valladolid, León, Burgos y Salamanca) y 1 de las restantes. Estos escaños servirán para la compensación.
 2. Se realiza un reparto de los llamados escaños fijos, los que quedaron en las circunscripciones con el método de reparto que se considere.

3. Se realiza un reparto con todos los escaños, los fijos y los compensatorios, como si fuera una única circunscripción. Los escaños de los partidos que hayan accedido al reparto provincial pero no al autonómico se sustraen de este reparto. Por ejemplo, si se tienen 80 escaños a repartir y el partido A ha conseguido 2 escaños con las circunscripciones provinciales porque ha accedido al reparto de una de ellas pero no llega a la barrera autonómica, esos 2 escaños se sustraen del total, por lo que el reparto se haría entre 78 escaños.
4. Ambos repartos se comparan. Si un partido ha obtenido por circunscripciones provinciales más escaños de los que se le asignan por autonómica, no accede al reparto de escaños compensatorios. Los partidos que sí hayan accedido al reparto autonómico obtienen justamente los escaños compensatorios para eliminar la diferencia entre escaños por circunscripciones y el total.
5. Los partidos que hayan obtenido escaños compensatorios pasan a la última fase del sistema. Los escaños obtenidos han de repartirse entre las circunscripciones.

4.4. Información cartográfica

Los ficheros cartográficos contienen la información para poder dibujar los mapas de las provincias y de los municipios de la comunidad. Se han obtenido de la Infraestructura de Datos Especiales de Castilla y León [15]. Los municipios y provincias se representan en el mapa a través de polígonos, los cuales vienen representados en un archivo shapefile `.shp`, un formato producido por el Environmental Systems Research Institute[16]. Para cada municipio hay asociado un polígono de este estilo que, posteriormente, una función dedicada llamada `geom_sf`, utilizará para poder dibujarlo.

La función `read_sf` lee este tipo de archivos y los convierte en un objeto `sf`, una extensión de un objeto `data.frame-like`. Debido a que es un objeto que hereda de los `data.frame`, R dispone el objeto de la siguiente forma (ver figura 4.4:

inspireid	codmun	nombre	c_prov_id	c_muni_id	superf	geometry
ES.IGN.BDDAE.34074949157	49157	Pino del Oro	49	157	3.0e+07	<code>list(list(c(236665, 89893354, 236674, 898825987, 2...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949158	49158	El Piñero	49	158	2.0e+07	<code>list(list(c(279962, 579332137, 280138, 573056062, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949159	49159	Pobladura del Valle	49	159	1.4e+07	<code>list(list(c(270935, 277626662, 271056, 279109672, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949169	49169	Quintanilla del Olmo	49	169	1.3e+07	<code>list(list(c(297045, 863922582, 297236, 868343449, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949160	49160	Pobladura de Valderaduey	49	160	1.3e+07	<code>list(list(c(287582, 538331525, 287709, 540467641, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949162	49162	Porto	49	162	2.0e+08	<code>list(list(c(171111, 208368552, 171115, 208114235, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949170	49170	Quintanilla de Urz	49	170	1.0e+07	<code>list(list(c(262479, 145430636, 262538, 146483155, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34070953006	09705	Comunidad de Barbadillo de Herreros y Vallejmeno ...	09	705	2.6e+05	<code>list(list(c(483592, 336153399, 483474, 338955484, ...</code>
ES.IGN.BDDAE.34074949163	49163	Pozoantiguo	49	163	3.7e+07	<code>list(list(c(292350, 406776411, 292365, 406716374, ...</code>

Figura 4.4: Estructura de los objetos `sf`

- `inspireid`: identificador del recinto.
- `codmun`: identificador INE del municipio.
- `nombre`: nombre del municipio.
- `c_prov_id`: identificador de la provincia (orden alfabético a nivel nacional).

-
- `c_muni_id`: identificador del municipio dentro de su provincia (orden alfabético).
 - `superf`: superficie del municipio.
 - `geometry`: variable que contiene el MULTIPOLYGON para dibujar el recinto.

En la figura 4.5 se tienen los datos mencionados dibujados en forma de mapa con ayuda de las librerías *ggplot2*, *sf* y la función *geom_sf*.

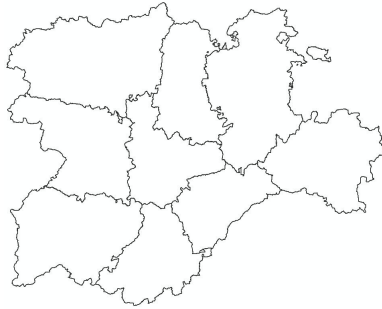


Figura 4.5: Mapa de las provincias de Castilla y León

Capítulo 5

Herramientas utilizadas

En el presente capítulo se presentan todas las herramientas utilizadas durante el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado.

5.1. R y RStudio

R [18] es un lenguaje de programación estadístico que permite el análisis de datos de una manera sencilla y amigable para el usuario, además de cómoda, pues tiene las funciones más básicas implementadas y, con su manual de usuario, permite un aprendizaje sencillo de las mismas.

R es software FOSS (Free and Open Source Software, Software libre y de código abierto), esto quiere decir que el código fuente del lenguaje y sus librerías son públicas para cualquier persona que desee investigar sobre el mismo [19]

Al ser parte de la comunidad de software libre permite a cualquier desarrollador la creación de librerías o paquetes que añadan funcionalidades al lenguaje. Los paquetes deben seguir también la filosofía del software libre. Esto se debe a que siguen licencias de código abierto, entre ellas GNU General Public License en sus versiones 2 y 3 [20]. Estas licencias permiten la redistribución del código protegido bajo las mismas, así como la obligación a cualquier persona que utilice su código fuente a que el software producido también sea de código abierto, además de protegerlo de las empresas que deseen utilizarlo para crear software de código cerrado.

Algunas ventajas que presenta R respecto a otras soluciones de análisis estadístico:

- R es software libre, permite inspeccionar el código completo del programa.
- R es ampliamente conocido en el ámbito estadístico, y cada vez es más influyente. Está desplazando a programas más veteranos en este ámbito,
- R es uno de los lenguajes más utilizados para programar.

- R es sencillo de comprender, es un lenguaje de alto nivel que sigue el paradigma de orientación a objetos.
- R está disponible para los sistemas operativos más utilizados actualmente (Windows, macOS y GNU/Linux).
- R permite la manipulación de datos de manera comprensiva y sencilla.
- R permite guardar los comandos utilizados en forma de scripts para su posterior reutilización.
- R permite la creación de gráficos profesionales con relativa facilidad.
- R es gratuito.

La interfaz que el programa base muestra es muy básica y permite utilizar todas las funcionalidades del programa (ver imagen 5.1).

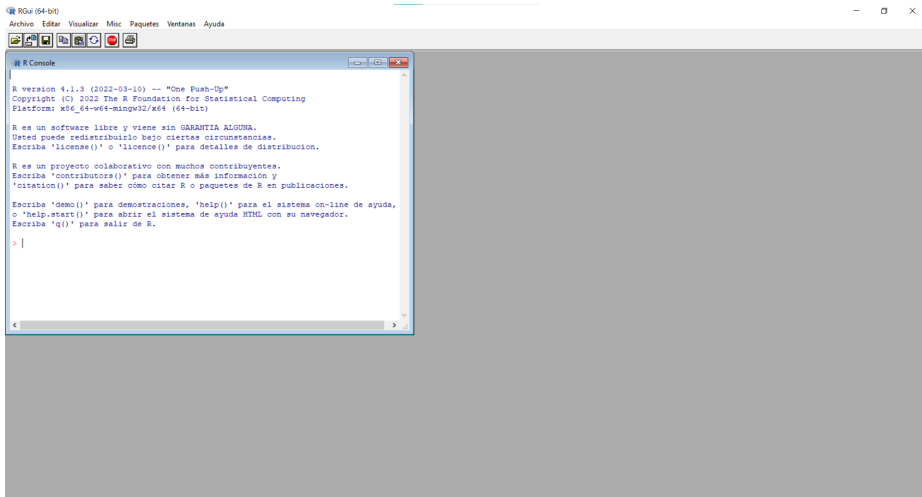


Figura 5.1: Interfaz de R

El programa consta de un sistema de ventanas conocido como *x11*, de *X.org*. La ventana que está abierta, R Console, es la línea de comandos, ya que R es un lenguaje interpretado que permite ejecutar las instrucciones una a una, de ahí su comodidad, pues permite, además, poder comprobar el flujo de datos y variables en todo momento.

R permite crear y editar scripts en el propio programa. Los scripts son ficheros con órdenes de R para poder ejecutarlas en cualquier momento. Además, R también permite la visualización de gráficos en ventanas separadas.

A fecha de mayo de 2022, se encuentra en la versión 4.2.0, aunque para el presente trabajo se utiliza la versión 4.1.3.

RStudio

RStudio es un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado, que por sus siglas en inglés es Integrated Development Environment) con una interfaz mucho más amigable para el usuario que la provista por la base de R. Está desarrollada por la organización RStudio, que también promueve proyectos tan importantes como *tidyverse*. También es de código abierto, si bien tiene una versión de pago.

RStudio permite la edición de scripts de R (archivos que contienen instrucciones en lenguaje R), la creación de cuadernos, archivos RMarkdown (que permiten la ejecución de *chunks* de código R, su salida y texto, así como exportación a PDF, HTML...), crear paquetes y librerías, entre otras funcionalidades, de manera sencilla. La característica más importante de RStudio es su sencilla interfaz, que permite la interacción con el workspace, el entorno y la consola de comandos de una manera cómoda.

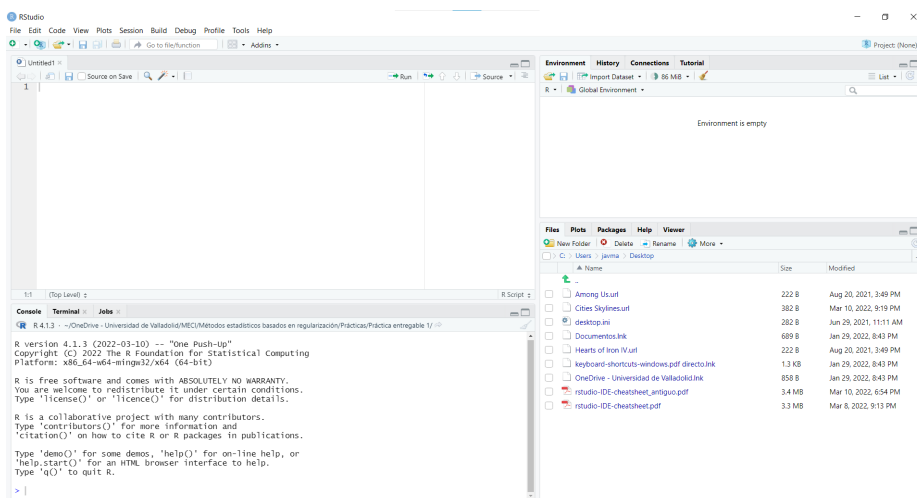


Figura 5.2: Interfaz de RStudio

La interfaz se divide en paneles que se pueden disponer en diferentes *layouts*, la más típica, que es la que se muestra en la figura 5.2, es la siguiente:

- En el panel superior izquierda, se encuentra el entorno de edición de archivos, que permite escribir las órdenes de R para poder ser posteriormente ejecutadas. Provee paleta de colores para resaltar el texto y diferenciar comandos de funciones y variables, así como autocompletado.
- En el panel superior derecha, encontramos el workspace, en el que se encuentran todos los objetos que han sido creados, está vacío al inicio. Permite guardar los datos en archivos así como cargarlos. También permite la visualización del historial de comandos, para poder ejecutarlos nuevamente, las conexiones y una visualización de tutoriales.
- En el panel inferior izquierda, se encuentra la línea de comandos. Será el panel donde se muestren la salida de los comandos ejecutados. También es el panel donde se en-

cuentra la terminal del sistema (como por ejemplo *PowerShell* en *Windows* o *Bash* en *GNU/Linux*).

- En el panel inferior derecha se encuentra la carpeta de trabajo; la ventana de visualización de gráficos; el gestor de paquetes, la ventana del manual de usuario, la ayuda y el visor web (en el que, por ejemplo, se pueden visualizar gráficos interactivos de *Plotly*).

5.2. Herramientas de tidyverse

Tidyverse es un conjunto de paquetes de R que ha sido creado por la organización de RStudio, a saber: *dplyr*, *purrr*, *forcats*, *ggplot2*, *readr*, *stringr*, *tidyr*, *tibble*. Estos paquetes son, también, de código abierto, y complementan a las funciones que vienen por defecto con R. Muchas de las funciones que poseen estos paquetes son funciones que realizan tareas de otras funciones que ya se encuentran en la base de R para pensadas para la legibilidad del código, así como una manera que ellos consideran que es más eficiente y cómoda. [22]

5.2.1. ggplot2

ggplot2 es una librería que permite la creación de gráficos, desde sencillos hasta llegar a ser complejos, donde realmente se puede observar el verdadero potencial de la librería, siguiendo la conocida *grammar of graphics*. Además, al tener tantas funciones y poder ser añadidas otras a base de paquetes externos (como *ggparliament* o *sf*), permite crear una gran variedad de gráficos. En la figura 5.3, se puede observar un gráfico de barras incluido en la aplicación realizado con *ggplot2* [23].

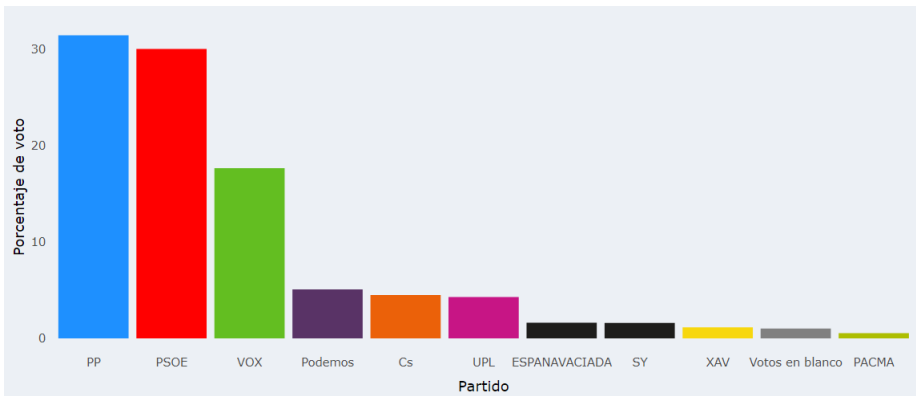


Figura 5.3: Ejemplo de gráfico con *ggplot2*

5.2.2. tidyr y dplyr

tidyr y *dplyr* son dos librerías que permiten la manipulación de *tibbles*, una clase de objetos que mejoran a los *data.frame*, para recoger ficheros de datos en R.

-
- `dplyr` permite la manipulación de los *tibble*: creación de nuevas variables, observaciones, reordenación de las mismas, filtrado de observaciones, selección de variables... Provee una amplia gama de funciones que mejoran la legibilidad del código o que proveen una mayor eficiencia a la hora del filtrado [24].
 - `tidyr` permite la limpieza de los datos. El concepto *tidy data* dicta que los datos deben tener una observación por fila y una variable por columna. Esta librería permite la reorganización de los *tibble* para que puedan seguir ese principio [25].

5.3. Shiny

Shiny es la herramienta más importante utilizada en el desarrollo de la aplicación ElecCyL, pues este paquete permite la creación de una aplicación web sin apenas conocer otro lenguaje externo que no sea R, aparte de la propia gramática de Shiny.

Shiny es una librería que permite la utilización de programación reactiva enfocada a la información utilizando el lenguaje R. La programación reactiva es un paradigma de programación en la que varios elementos de una interfaz o del programa pueden cambiar en tiempo de ejecución. En este trabajo, en la aplicación ElecCyL, por ejemplo, se trata de los resultados de diferentes elecciones que se pueden elegir, así como los diferentes métodos de reparto. Una elección diferente provocará que se muestre un gráfico que se construya con una información diferente [26].

5.4. Plotly

Plotly es una librería que permite la creación de gráficos interactivos disponible para R y Python. La gramática de Plotly es compleja y permite modificar al detalle cualquier aspecto gráfico e interactivo, pero en la aplicación se ha utilizado la función *ggplotly*, que sin variar muchos aspectos de los gráficos creados, obtiene una variable en la que se ha almacenado un gráfico *ggplot2* y le añade la funcionalidad interactiva [27].

Un ejemplo, siguiendo el gráfico de barras mostrado anteriormente, se puede observar en la figura 5.4. Al pasar el ratón por encima de una figura hecha en Plotly, habiéndola configurado correctamente, una etiqueta informativa aparece mostrando un mayor detalle de los datos.

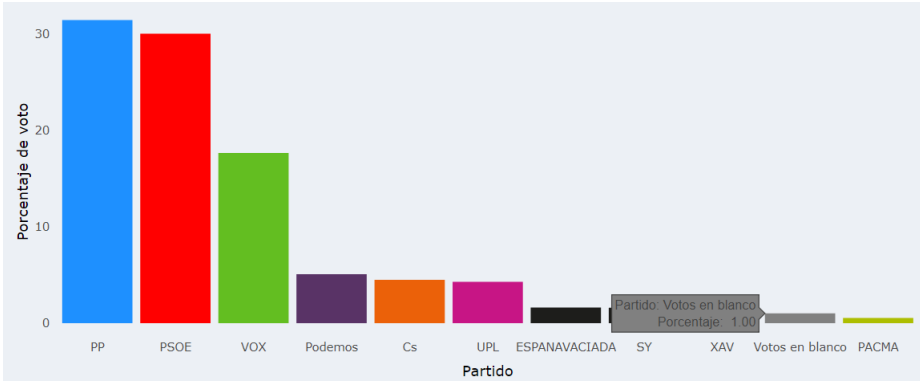


Figura 5.4: Ejemplo de gráfico con Plotly

5.5. \LaTeX y Overleaf

\LaTeX es un proyecto que permite la creación de documentos de texto de manera relativamente sencilla y a la vez controlando hasta el más mínimo detalle. No tiene una interfaz gráfica del estilo Microsoft Word (que es un editor WYSIWYG, What You See Is What You Get, Lo que ves es lo que tienes, en español), sino que es un lenguaje de marcado que interpreta el texto y ciertos comandos. Permite la adición de paquetes que sirvan para la mejora de los documentos [28].

\LaTeX está basado en un sistema de gestión de textos conocido como TeX, creado por el experto en computación Donald Knuth. El problema de este sistema es que es muy complejo para los usuarios y \LaTeX permite sus mismas funciones de una manera mucho más amigable, permitiendo su traducción a TeX (de hecho, los ficheros que maneja el sistema \LaTeX son .tex).

Como ocurre con el lenguaje R, para poder escribir un documento utilizando \LaTeX se ha de recurrir a un IDE, aunque en este caso son distribuciones o editores del mismo. En mi caso utilizo Overleaf, un editor online que permite, sin descargar ninguna distribución de \LaTeX , tanto la edición, la visualización y la exportación a pdf de los documentos escritos [29].

Capítulo 6

Desarrollo y funcionamiento de una aplicación Shiny

En el capítulo anterior se presentó de manera breve los principios de una aplicación Shiny. En el presente apartado se desarrollan esos principios y estructuras.

6.1. Estructura de una aplicación Shiny

Una aplicación Shiny se estructura en dos partes, que trabajan como funciones:

- La interfaz de usuario, que estructura los resultados obtenidos y la información mostrada, así como la lógica de la interfaz. Es el front-end de la aplicación.
- El servidor, que contiene toda la lógica del programa (tratamiento de los datos, producción de salidas...). Se presenta al desarrollador como una función con dos argumentos (input, que obtiene las entradas del usuario y output, que envía a la interfaz los resultados).

Las partes mencionadas pueden incluirse en un fichero que estrictamente ha de llamarse *app.R*. En este caso tanto la interfaz como el servidor han de almacenarse en variables llamadas *ui* y *server*, respectivamente (en este caso *server* adquirirá un argumento adicional llamado *session* y ambas funciones han de ligarse utilizando la función *shinyApp*. Un ejemplo, obtenido del libro *Mastering Shiny* [31] se puede observar en el siguiente fragmento de código:

```
library(shiny)
ui <- fluidPage(
  "Hello, _world!"
)
server <- function(input, output, session) {
}
shinyApp(ui, server)
```

Este ejemplo es conocido como *HolaMundo* en Shiny. La interfaz únicamente muestra “Hello, world” y el servidor está vacío.

También se puede dedicar un script de R a cada uno de los componentes que han de llamarse *ui.R* (para la interfaz) y *server.R*. Se muestra la estructura de ambos en los siguientes fragmentos de código:

- Para *ui.R*

```
library(shiny)
shinyUI(
  # Definición de la interfaz de usuario
)
```

- Para *server.R*

```
library(shiny)
shinyServer(
  # Definición de la lógica del programa
)
```

6.2. Programación reactiva

Shiny sigue el conocido paradigma de la programación reactiva. En este paradigma de programación, las salidas se actualizan automáticamente cada vez que las entradas se modifican. Para ello, se han de declarar conductores reactivos que conecten a la entrada (conocida como fuentes reactivas), otros conductores reactivos y la salida renderizada (puntos finales reactivos). Todo ello definirá el **grafo reactivo**.

El grafo reactivo es un concepto por el cual se definen las relaciones entre las entradas, los conductores y las salidas.

```
server <- function(input, output, session) {
  string <- reactive(paste0("Hello_", input$name, "!"))
  output$greeting <- renderText(string())
}
```

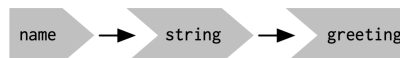


Figura 6.1: Ejemplo de grafo reactivo

En la figura 6.1 se muestra un ejemplo de grafo reactivo asociado al código que se puede encontrar sobre estas líneas. Se observa que cada parte está dibujada con “muescas” entre las que se encajan, representando su funcionamiento.

Todo grafo Shiny está compuesto por tres partes:

-
- Fuentes reactivas/*reactive sources*: vienen determinadas por los componentes del argumento *input* con un nombre especificado en *ui*. La entrada de la aplicación y su modificación en tiempo de ejecución altera las salidas. En el ejemplo, *input\$name* es la fuente reactiva.
 - Conductores reactivos/*reactive conductors*: son los componentes de la aplicación Shiny que conectan las fuentes con las salidas, a parte de con otros conductores de los que pueda obtener un resultado u otros que necesiten la salida del mismo como argumento. Estos conductores se declaran con las funciones reactivas, entre las que se encuentran, por ejemplo, *reactive* o *observe* y son fundamentales para el funcionamiento de la aplicación, porque son el único componente capaz de procesar un argumento reactivo. En el ejemplo actual, *string* es un conductor reactivo que utiliza *input\$name* como argumento reactivo.
 - Salidas reactivas/*reactive outputs*: son los componentes de la aplicación que almacenan los resultados enviados a la interfaz gráfica. Al renderizar los resultados, se desencadena el cálculo de la salida. Se caracterizan por ser parte del argumento *output*, y en este caso es *output\$greeting*. Nótese que es el resultado de la función *renderText*, una función renderizadora de texto (existen más para otros tipos, *renderPlot*, *renderPlotly*, *renderTable*...), la cual desencadena el cálculo del resultado de *string* hacia “atrás”, obteniendo *input\$name* y calculando el resultado de *paste0*.

Capítulo 7

ElecCyL: aplicación Shiny para el estudio de los resultados electorales en Castilla y León

En este apartado, en cambio, se desarrollan los conceptos utilizando la construcción de la aplicación *ElecCyL*. En este caso, se ha dividido la aplicación en 2 scripts en vez de mantener los 2 componentes en uno solo, lo que ha permitido mayor eficiencia a la hora de programarla.

7.1. Interfaz gráfica de la aplicación- *ui.R*

Para la creación de la interfaz se ha utilizado una librería externa conocida como *shiny-dashboard*, la cual añade nuevas funcionalidades para la interfaz gráfica de Shiny, principalmente para el *layout* de la interfaz.

La declaración general de la página se realiza con el siguiente código:

```
shinyUI(  
  dashboardPage(  
    dashboardHeader(title = "ElecCyL"),  
    dashboardSidebar(sidebarMenu(  
      menuItem(),  
      menuItem(  
        menuSubItem(),  
        menuSubItem(),  
        ...  
      )),  
    ...  
  )),  
  dashboardBody(  
    tabItems(  
      ...  
    )  
  )  
)
```

(las entradas) y output (las salidas). Dentro se encuentran las declaraciones reactivas y otros recursos que la aplicación necesite.

De forma externa a la función *shinyServer* se pueden declarar otras variables y funciones que únicamente requieran ser cargadas una única vez, si bien pueden ser utilizadas de manera reactiva en el servidor. Un ejemplo se muestra en el siguiente fragmento de código:

```
tabla_comparacion <- function(reparto , reparto_referencia){
  tabla <- reparto_referencia %>%
    inner_join(reparto , by = c(" Partido" = " Partido")) %>%
    filter(Escanos.x > 0 | Escanos.y > 0) %>%
    mutate(Escanos.x = as.integer(Escanos.x) ,
           Escanos.y = as.integer(Escanos.y)) %>%
    arrange(desc(Escanos.x)) %>%
    rename(" Sistema_actual" = Escanos.x, " Sistema_propuesto" = Escanos.y)

  return(tabla)
}
```

En esta función, se calcula la tabla que muestra los escaños que un partido tendría en una convocatoria con el sistema electoral actual y el sistema alternativo. Sólo ha de leerse una vez para poder ser ejecutado de manera reactiva, por lo que las llamadas a la función se engloban en *reactive* y, como el resultado es un elemento reactivo, se modifica en tiempo de ejecución, pero no la función.

7.3. La aplicación ElecCyL

Una vez explicado el funcionamiento de la interfaz y de la lógica de la aplicación, en este apartado se presenta la aplicación final.

7.3.1. Inicio de la aplicación

En la figura 7.1 se observa la pantalla de presentación de la aplicación.

En la pantalla se puede observar un cuadro informativo que muestra al usuario las capacidades de la aplicación Shiny ElecCyL: mostrar los resultados de todas las convocatorias electorales, aplicar un sistema de circunscripciones provinciales, un sistema de circunscripción autonómica y el sistema de circunscripciones provinciales con escaños de compensación.

7.3.2. Menú de navegación

En las figuras 7.2 7.3 se observa el menú de navegación de la aplicación. Se compone por varias pestañas que, a su vez, se dividen en otras.

- *Resultados electorales* contiene un gráfico sobre todos los escaños conseguidos a lo largo del tiempo por los partidos que tienen o han tenido presencia en las Cortes de Castilla

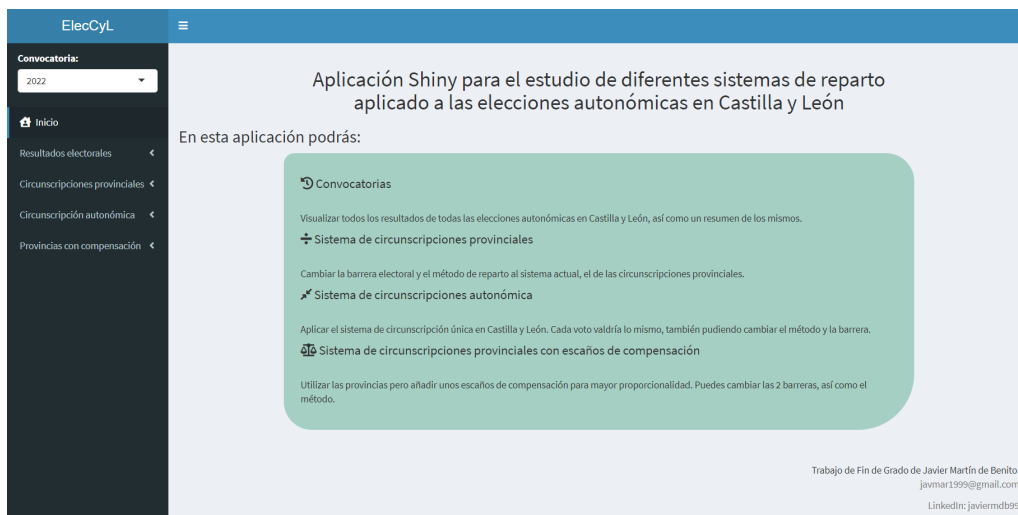


Figura 7.1: Pantalla de presentación de la aplicación

y León y además se permiten ver los resultados, por convocatoria, a nivel autonómico y provincial.

- *Circunscripciones provinciales* muestra el reparto pudiendo editar la barrera de entrada (provincial, en este caso) y el método de reparto. Se pueden solicitar los resultados a nivel autonómico y provincial.
- *Circunscripción autonómica* muestra una página con una única pestaña que muestra el reparto total a nivel autonómico.
- *Provincias con compensación*: contiene dos sliders para cambiar las dos barreras diferentes, a nivel provincial y para acceder al reparto de escaños de compensación. Esta pestaña se muestra en la figura 7.4.

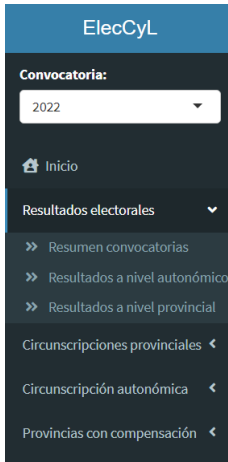


Figura 7.2: Menú desplegable de la aplicación

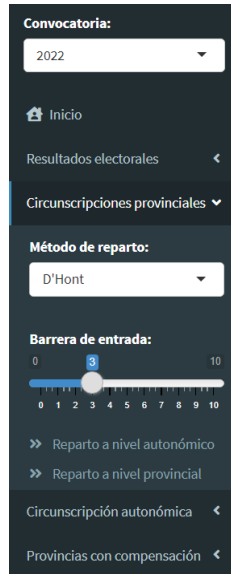


Figura 7.3: Submenú del sistema de circ. provinciales

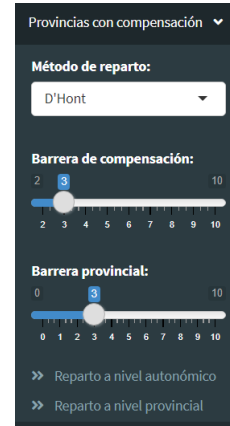


Figura 7.4: Submenú del sistema de compensación

7.3.3. Resultados electorales

La pestaña resultados electorales contiene la asignación de los escaños en cada convocatoria, así como el porcentaje de votos de cada partido. También incluye un gráfico de líneas en el que muestra la evolución del número de escaños obtenidos por cada partido en cada convocatoria electoral.

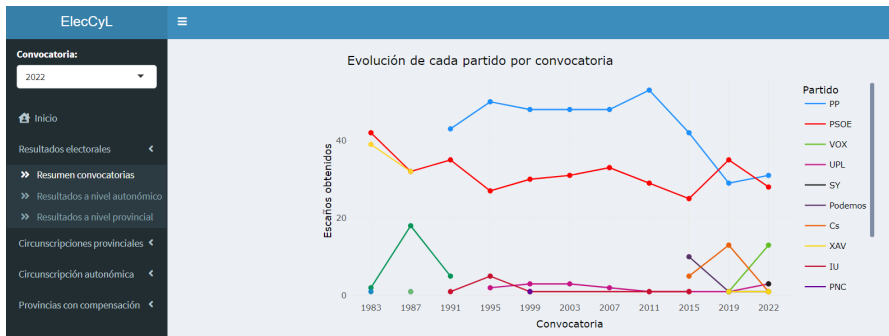


Figura 7.5: Resumen de todas las convocatorias

En la figura 7.5 se encuentra el gráfico que resume los resultados en todas las convocatorias. Estos datos se han calculado y guardado previamente para cada año, así como han sido tratados para poder ser mostrados de la manera que se presenta. La leyenda de partidos se encuentra ordenada de más cantidad de escaños a menos en la legislatura comenzada en el

año 2022, es decir, los resultados de las últimas elecciones autonómicas. El gráfico es interactivo, al pasar el ratón por cada punto del gráfico aparece el partido que es, la convocatoria y los escaños obtenidos.

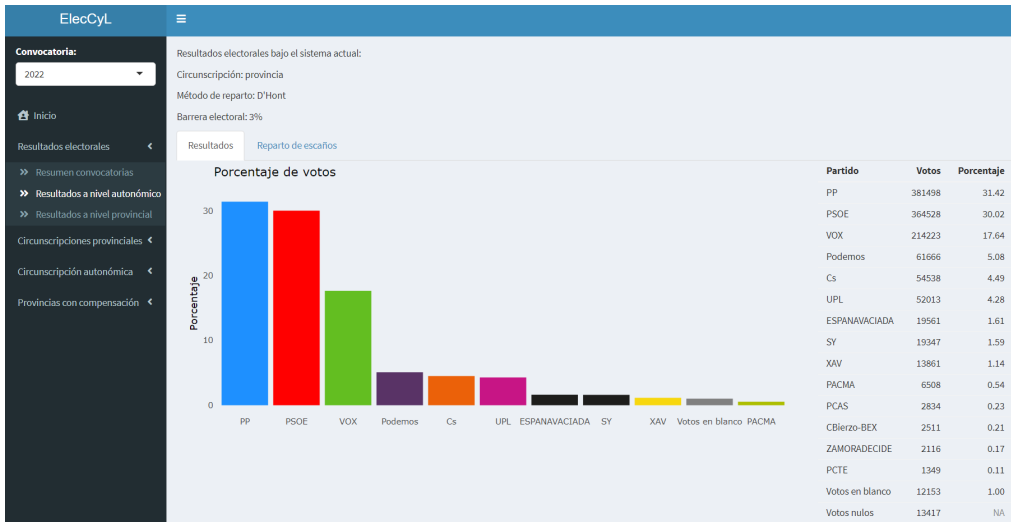


Figura 7.6: Resultados electorales

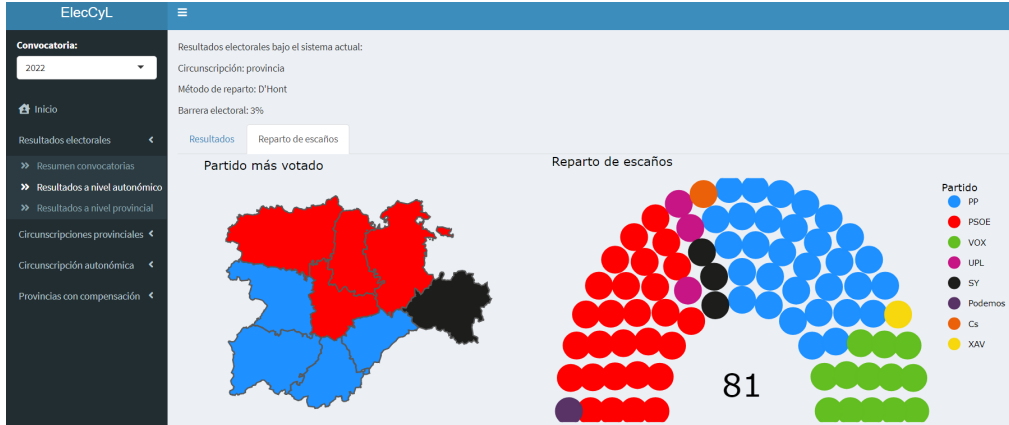


Figura 7.7: Reparto de escaños en cada convocatoria

Lo siguiente que contiene el apartado de Resultados electorales son los resultados a nivel autonómico y a nivel provincial, que se separan en 2 páginas.

En la figura 7.6 se observa un gráfico de barras en el que cada una de las mismas pertenece a un partido y la altura que tienen representa el porcentaje de votos recibido. Este porcentaje es calculado junto a los Votos en blanco (son votos válidos según la ley electoral). Para mayor detalle, el gráfico es interactivo, por lo que al pasar el ratón por encima de cada barra se puede observar el partido al que pertenece y el porcentaje de votos recibido.

Al lado del gráfico, se encuentra una tabla en la que se recoge el número de votos recibidos por cada partido y el porcentaje que representan sobre los votos válidos junto a los votos en blanco y la cantidad de votos nulos (siempre que hayan obtenido un 0.1% para evitar una tabla que se salga de los límites de la página).

En la figura 7.7 se encuentra un mapa con los partidos más votados por provincia, así como el reparto total de todos los escaños que hay en las Cortes por partido. También son gráficos interactivos, y para mayor detalle en el caso del hemicycle se muestran, en cada *tooltip*, los escaños obtenidos por cada partido. El reparto de escaños se ha realizado programando un algoritmo de asignación de escaños, en este caso utilizando el método D'Hont y una barrera electoral del 3%.

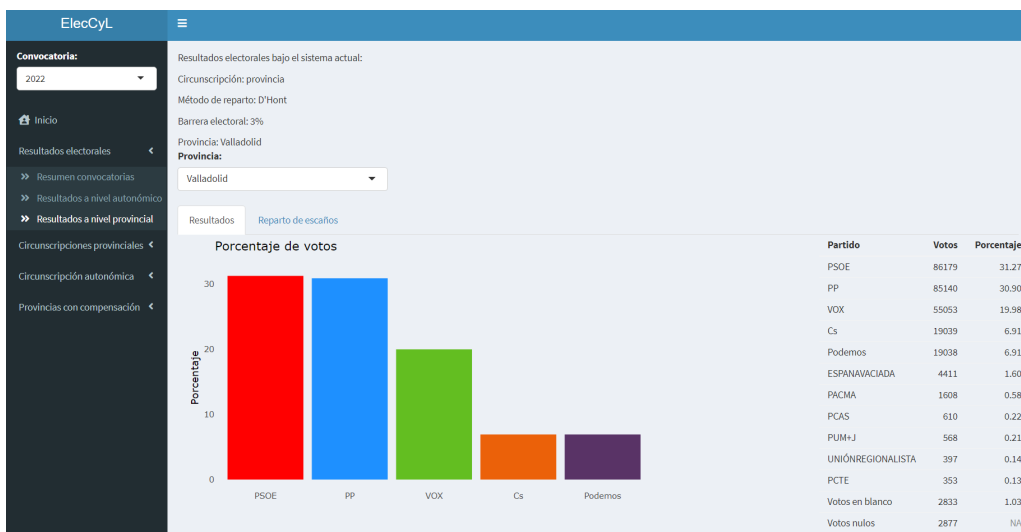


Figura 7.8: Resultados a nivel provincial

Los resultados a nivel provincial (ver figura 7.8) siguen el mismo diseño que el autonómico, pero adaptados a cada provincia.

Para programar el mapa, tanto en el autonómico como en el provincial, al activarse la propiedad `hoveron="fills"`, el *tooltip* falla a la hora de mostrar todas las propiedades¹, por lo que únicamente se ha conseguido que se muestre el partido más votado y no la provincia/municipio referido. Además, cuando se muestran los mapas provinciales, puede haber fallos, pues se depende de la última información geográfica proporcionada por la Junta de Castilla y León con los nombres de los municipios actuales y algunos de los municipios de la comunidad han cambiado de nombre a lo largo del tiempo (como, por ejemplo, Castrillo Mota de Judíos).

¹`style(hoveron="fills")` doesn't work with `ggplotly()` <https://github.com/plotly/plotly.R/issues/1641>

7.3.4. Circunscripciones provinciales

El primer sistema propuesto consiste en mantener el sistema de circunscripciones provinciales con los mismos escaños que cada una reparte pero pudiendo alterar el método de reparto (pudiendo elegir entre tres: método D'Hont, método de Sainte-Laguë y el cociente Hare) y la barrera de entrada al reparto.

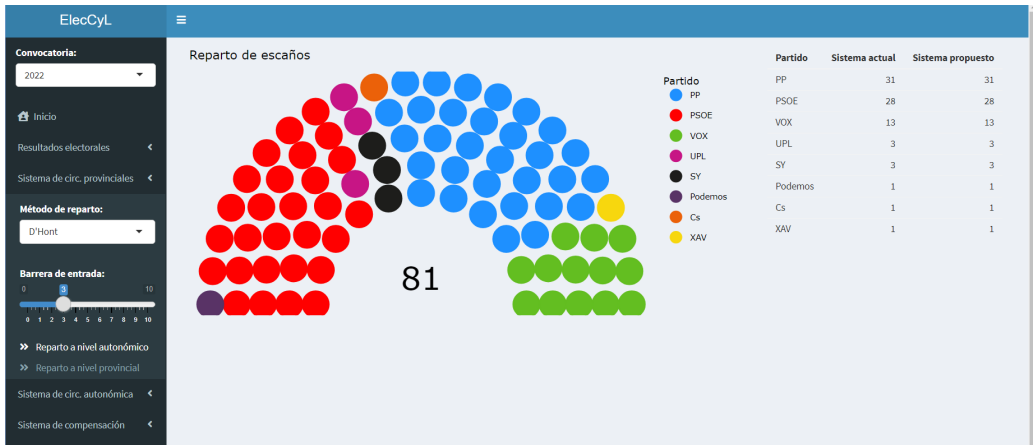


Figura 7.9: Reparto a nivel autonómico con circunscripciones provinciales

En la figura 7.9 se puede observar el diseño que tiene este apartado. Se observa un slider que permite al usuario editar la barrera de entrada al reparto, así como pestañas para poder seleccionar entre la observación del reparto autonómico o a nivel provincial (en cualquier caso, para obtener el reparto total, se calculan previamente los repartos provinciales). Para su visualización nuevamente se tiene un hemicíclo, así como una tabla que compara los resultados del sistema alternativo y el sistema actual. En esa misma figura se observa que los valores por defecto son el sistema actual, por lo que, para ver algunas diferencias, se probará a editar la barrera de entrada y el método de reparto.

En la figura 7.10 se observa el mismo caso pero sin barrera provincial. En este caso se observa que tampoco ha habido ningún cambio. Esto es debido a que, pese a no tener una barrera electoral, la barrera efectiva del método, al ser circunscripciones de un tamaño mediano y pequeño, no ha cambiado. Probemos entonces con un método de reparto diferente.

En la figura 7.11 se ha utilizado una barrera del 3% provincial y el método de reparto de cociente Hare, que como ya se indicó en el capítulo 3, busca minimizar los restos a la hora de la obtención de un escaño. En este caso sí que se observan diferencias notables:

- El PP perdería 4 escaños.
- El PSOE y Soria Ya! perderían 1 cada uno.
- VOX, Ciudadanos y la España Vacía ganarían 1 escaño cada uno.
- Unidas Podemos ganaría 3 escaños.

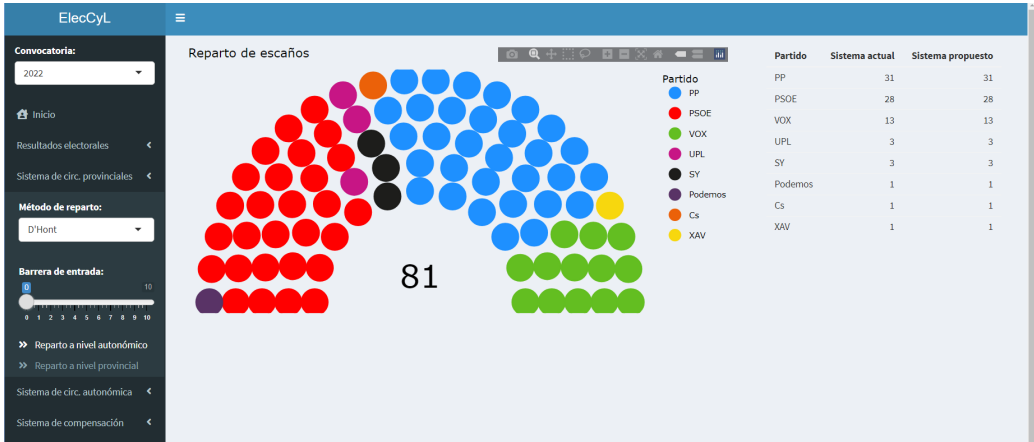


Figura 7.10: Reparto con circunscripciones provinciales con D'Hont y sin barrera

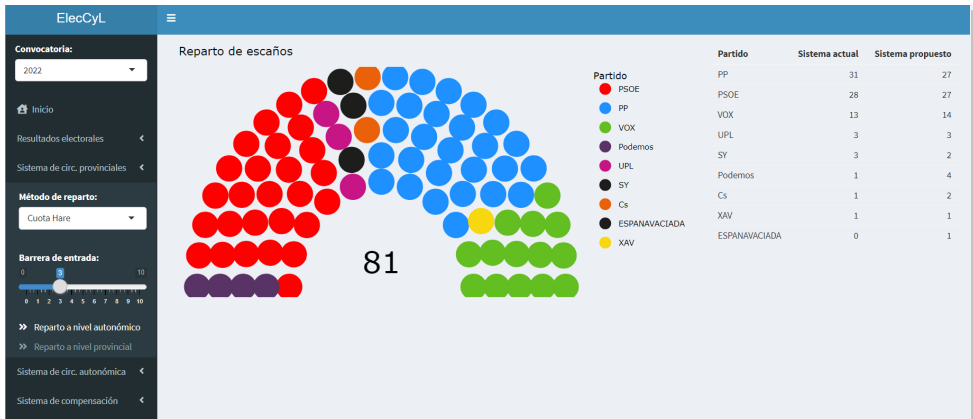


Figura 7.11: Reparto circ. prov. con cociente Hare y barrera del 3%

Estas diferencias presentadas se deben a que, al calcular el reparto, los escaños obtenidos por partidos más pequeños dependen de un cociente calculado a partir de los votos totales, una cantidad fija, y no de los votos que los partidos más grandes han obtenido.

7.3.5. Circunscripción autonómica

Una circunscripción autonómica tiene una mayor oferta de escaños, al repartir todos los escaños que conforman las Cortes de Castilla y León. En este caso, se han sumado todos los escaños que reparten todas las provincias actualmente. Por ejemplo, a fecha de las elecciones autonómicas de 2022, se tienen 81 escaños en total.

En este caso, la barrera que se puede seleccionar es la de entrada al reparto autonómico y el método de reparto se puede elegir nuevamente entre D'Hont, Sainte-Laguë y la Cuota Hare.

Teniendo más escaños a repartir, se observan diferencias con tan sólo aplicar el método de reparto actual (D'Hont) y la barrera actual (3%).

Las diferencias con el método actual se pueden observar en la figura 7.12:

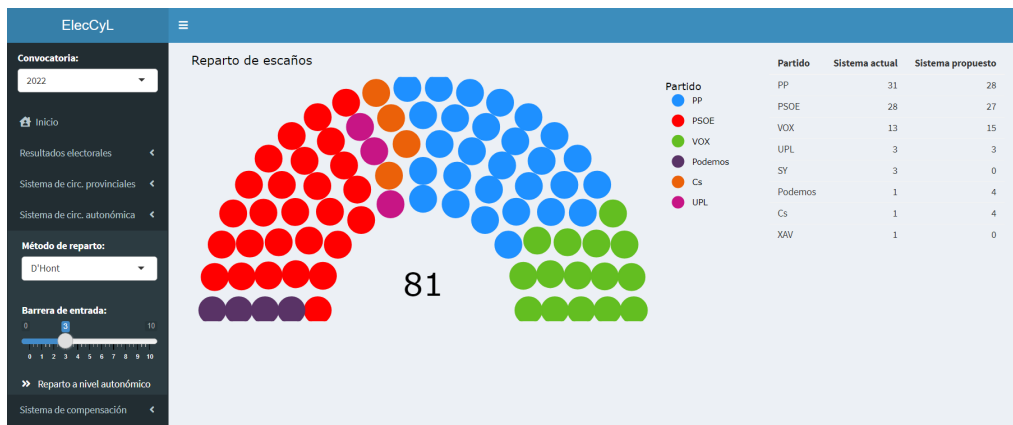


Figura 7.12: Reparto con circunscripción autonómica, método D'Hont y barrera del 3%

- El PP perdería 3 escaños, el PSOE perdería 1 y Por Ávila y Soria Ya! perderían todos sus escaños.
- Por otra parte, VOX ganaría 2 escaños, la UPL los mantendría todos y tanto Unidas Podemos como Ciudadanos ganarían 3 escaños cada uno.

En definitiva se puede comentar que esta variante debilitaría a los partidos más grandes y a los partidos de ámbito provincial (Por Ávila, Soria Ya!) en provincias con una población que representan un porcentaje menor de la población de la comunidad al completo (en este caso, Ávila y Soria, respectivamente). Se puede observar que un partido de ámbito regional como es la UPL mantiene su presencia, debido a que todos los escaños obtenidos, provenientes de la provincia de León en el sistema actual, están concentrados en una región altamente poblada de la comunidad.

En la figura 7.13 se observa el método D'Hont sin barrera electoral. Respecto al sistema presentado anteriormente (D'Hont con barrera del 3%), se observan las siguientes diferencias:

- Tanto PP, como PSOE, como Ciudadanos perderían un escaño cada uno.
- VOX, Podemos y la UPL mantendrían todos sus escaños.
- Por Ávila, Soria Ya y la España Vacía obtendrían 1 escaño cada uno. Nótese que tanto Soria Ya! como la España Vacía tienen el mismo color, debido a que pertenecen a la misma agrupación política.

En este caso se observa la entrada de nuevos partidos ámbito provincial. Esto era lógico, ya que se ha eliminado la restricción de la barrera electoral y todos los partidos que hayan obtenido algún voto han entrado al reparto.

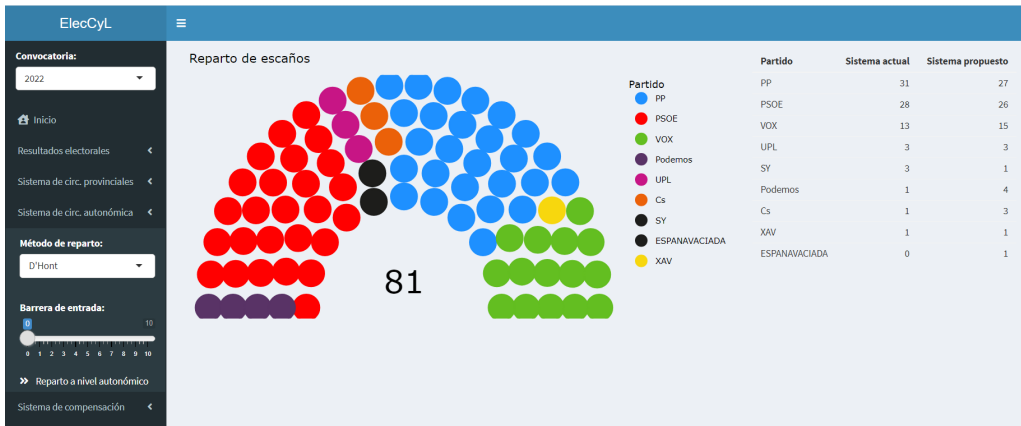


Figura 7.13: Reparto con circunscripción autonómica, método D'Hont y sin barrera

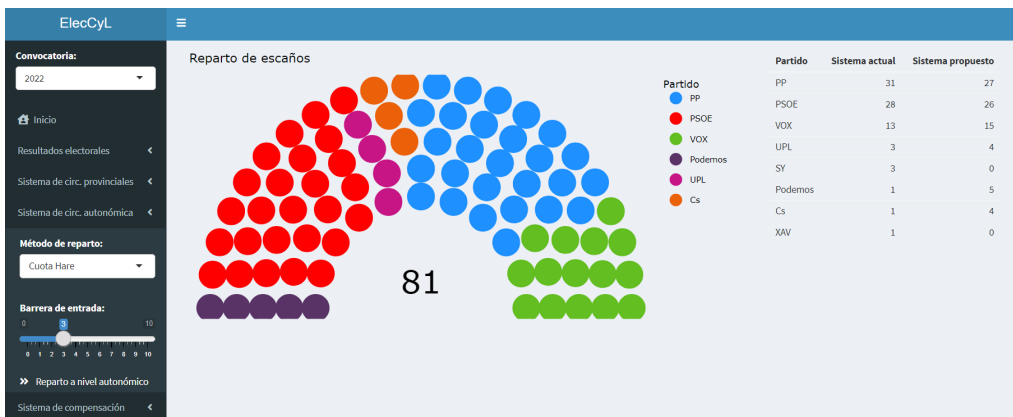


Figura 7.14: Reparto con circunscripción autonómica, cuota Hare y barrera del 3%

En la figura 7.14 se observa el resultado de aplicar la cuota Hare con una barrera electoral del 3% sobre los votos válidos.

Respecto al método inicial con circunscripción autonómica, se pueden observar ligeros cambios:

- El PP y el PSOE perderían, cada uno, 1 escaño..
- La UPL y Unidas Podemos obtienen 1 escaño más.
- VOX y Ciudadanos se mantienen con el resultado del reparto inicial.

Si comparamos el sistema de circunscripción autonómica con cuota Hare con el de Sistema D'Hont, se puede observar que las diferencias son menores que entre el sistema de circunscripciones autonómicas con cuota Hare y el método D'Hont. Esto lleva a considerar que a cuantos más escaños se reparten, los métodos convergen en los resultados.

7.3.6. Compensación

En este apartado se presenta el método de circunscripciones provinciales y escaños de compensación. Este es el sistema electoral que se utiliza, por ejemplo, en Suecia. El reparto total se divide en escaños fijos que repartirán, de base, las circunscripciones y unos reservados para la compensación.

En esta implementación del sistema, para la obtención de los escaños de compensación se han reservado, de las 4 circunscripciones más grandes, 2 escaños de cada una y 1 escaño de las restantes, lo que en total da una cantidad de 13. En la convocatoria de 2022, en la circunscripción de Soria, por ejemplo, si en el sistema actual se reparten 5 escaños, en el propuesto se repartirán de manera fija 4.

Ya se ha descrito en el capítulo 3.2 el funcionamiento de este sistema. Aquí se mostrarán los resultados del mismo.

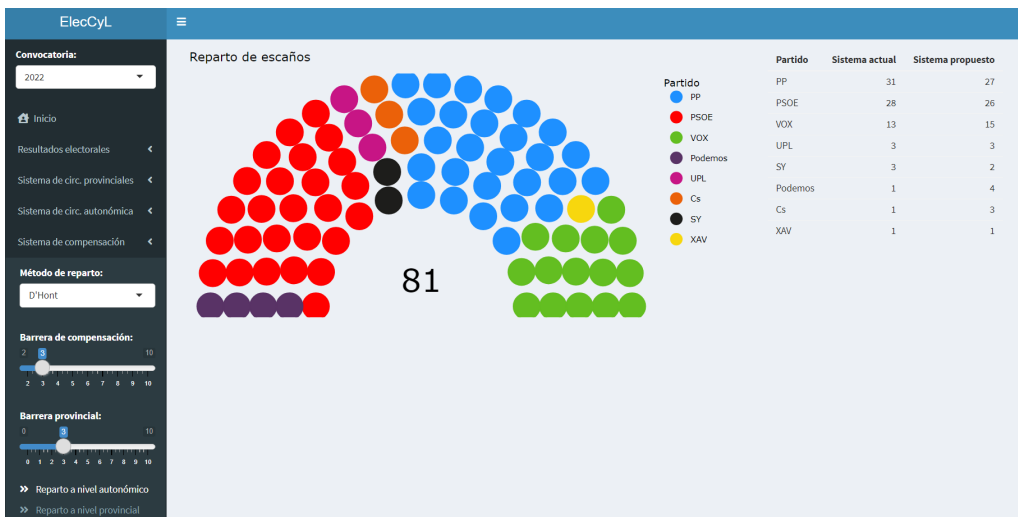


Figura 7.15: Sistema de compensación con D'Hont y barreras del 3%

La figura 7.15 presenta el diseño de este menú:

- Una pestaña de selección del método de reparto. En este caso únicamente se utilizan D'Hont y Sainte-Laguë, pues son los 2 únicos métodos que permiten obtener los cocientes partido/escaño de cada partido en cada circunscripción de una manera más directa.
- Un *slider* para la modificación de la barrera de compensación. En este caso el mínimo es de 2, pues este sistema está ideado para tener una barrera electoral general y una barrera menor que 2 da problemas.
- Un *slider* para la modificación de la barrera provincial.

En cuanto a los resultados, la comparación respecto al sistema actual:

- El PP perdería 4 escaños, el PSOE perdería 2 y Soria Ya!, 1.
- VOX y Ciudadanos ganarían 2 procuradores cada uno y Podemos, 3.
- El resto de partidos se mantendrían.

También se podría realizar una serie de comentarios respecto a la propuesta de circunscripción autonómica manteniendo el método de reparto y la barrera de entrada al reparto:

- Tanto Soria Ya! como Por Ávila se encuentran dentro de las Cortes, con 2 y 1 procurador respectivamente.
- Tanto el PP como el PSOE y Ciudadanos pierden 1 escaño.

Se puede considerar que no son unas diferencias notables, de hecho, los resultados de la circunscripción autonómica son muy parecidos a los del sistema de compensación. Esto se debe a que para la compensación se calcula el reparto total autonómico descontando los partidos que han obtenido escaños con las circunscripciones pero no alcanzan la barrera autonómica, cuestión que ocurre tanto para Soria Ya! como para Por Ávila. Esto permite una mayor proporcionalidad del sistema pero también una mayor prevalencia de los territorios en el reparto comparándolo con una circunscripción única.

Para observar lo que ocurre a nivel provincial, examinaremos la circunscripción de Valladolid, que se puede considerar beneficiada del reparto de escaños simultáneo entre las circunscripciones y los partidos.

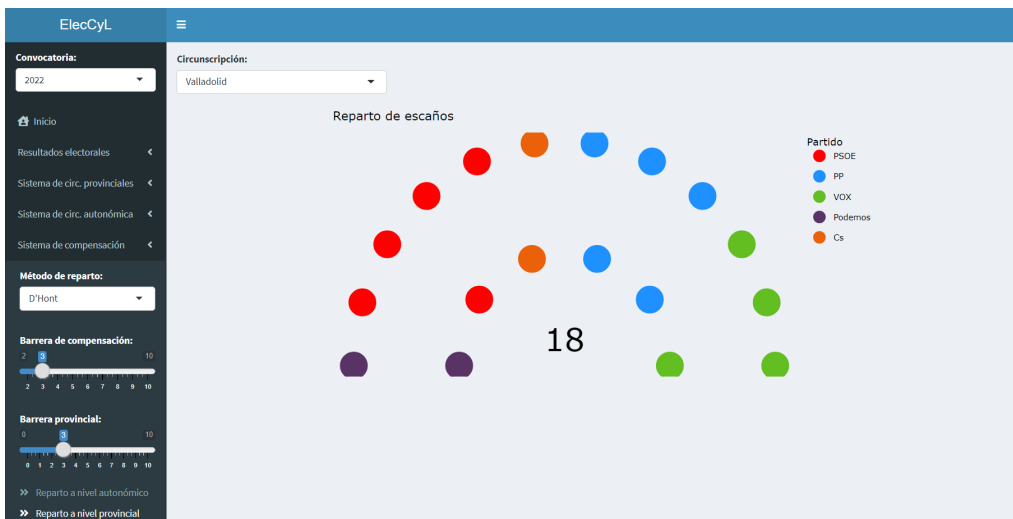


Figura 7.16: Circunscripción de Valladolid bajo los supuestos de 7.15

La provincia de Valladolid, bajo el sistema electoral alternativo y, reparte 18 escaños que, comparados con los 15 actuales y los 13 en los que se quedaría con los escaños fijos de este mismo sistema, representan una ganancia de 3 escaños y la obtención de 5 de los 13

guardados para la compensación, lo que representa el 39% de los mismos. Este hecho tiene una explicación, ya que al tener más población que el resto (en León, Burgos y Salamanca, sobre todo, también ocurre) los cocientes escaño/voto que obtienen los partidos son mayores que en el resto. Como este sistema busca minimizar esos cocientes para las circunscripciones, las que están infrarepresentadas se ven beneficiadas.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo futuro

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado una aplicación Shiny que, aparte de mostrar los resultados electorales en todas las convocatorias, ha aplicado diferentes sistemas de división en circunscripciones, métodos de reparto y barreras electorales a esos mismos resultados. Esto permite la exploración de unos datos disponibles en la web de datos abiertos de la Junta de Castilla y León de una manera sencilla, llamativa e interactiva así como poner al alcance del usuario los diferentes sistemas que se han programado y dar la opción de compararlos.

La construcción de la aplicación Shiny me ha permitido adquirir nuevos conocimientos, así como reforzar muchos otros que ya tenía y servirán para el futuro:

- Me ha permitido conocer el paquete Shiny para poder construir aplicaciones utilizando R como lenguaje base. Esto ha llevado mucho tiempo ya que se desconocía completamente su funcionamiento.
- He reforzado mi conocimiento sobre paquetes como *dplyr* para el tratamiento y la limpieza de los datos. La información disponible suele tener un formato que no es el que se puede utilizar, por lo que se necesita un tratamiento exhaustivo (como ha sido el caso en el TFG).
- He reforzado mi conocimiento sobre la creación de gráficos con *ggplot2* y he aprendido a añadir interactividad a los mismos utilizando *plotly*.
- He conocido los principios de la programación reactiva que utiliza Shiny, conocimientos que me están permitiendo utilizar este paradigma de programación para otros trabajos.
- He aprendido sobre el sistema electoral de circunscripciones provinciales y escaños de compensación. Era un terreno desconocido para mí, ya que el sistema es complejo. Buscar diversa información en las leyes electorales suecas (e incluso en la Constitución del Reino de Suecia) me ha permitido obtener la información necesaria para ello y una aproximación de su aplicación a la situación de Castilla y León.

Se ha dejado algún interés en el tintero que me hubiera gustado terminar o implementar, y se propone como trabajo futuro:

-
- Aplicar el sistema electoral alemán. Este sistema consta de 2 votos: voto a candidaturas por estado y voto a candidato en distritos uninominales. El sistema utilizado es mucho más complejo que los descritos en el presente TFG, pues los escaños totales en el *Bundestag* no son fijos. Además, para la determinación de los distritos uninominales, basados en la población, se debería desarrollar un método jurídico para delimitarlos.
 - Conseguir que los mapas muestren correctamente la información de sus *tooltips* de una manera más detallada, mostrando los nombres y no tan sólo los partidos ganadores, que debido al error de *ggplotly* no se ha podido conseguir. Este problema es abordable utilizando conocimientos de *plotly*.
 - Añadir los sucesivos datos electorales de las convocatorias a las Cortes de Castilla y León.

Bibliografía

- [1] *Mario Bilbao Arrese- Ley Electoral y sistema de partidos en España*,
DIALNET.UNIRIOJA.ES.
Recuperado a fecha 19/06/2022
de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/27277.pdf>
- [2] *Cortes de Castilla y León: procuradores y procuradoras*,
CCYL.ES.
Recuperado a fecha 29/05/2022
de <https://www.ccyL.es/Parlamento/Procuradores>
- [3] *Los partidos más perjudicados por el sistema electoral de Castilla y León*,
ELDEBATE.COM.
Recuperado a fecha 29/05/2022
de <https://www.eldebate.com/espana/20220214/partidos-mas-perjudicados-sstema-electoral-castilla-leon.html>
- [4] *Análisis matemático del Método D'Hont*,
DIALNET.UNIRIOJA.ES.
Recuperado a fecha 27/03/2022,
de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5972739.pdf>
- [5] *The D'Hont method and the scapegoat theory*,
MINSAIT.COM.
Recuperado a fecha 29/05/2022,
de <https://www.minsait.com/ideasfordemocracy/en/dhondt-method-and-scapegoat-theory-full-article>
- [6] *Cociente Hare*,
PLANALTO.GOV.BR.
Recuperado a fecha 22/06/2022,
de <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/Leis/L4737.htm>
- [7] *Artículo 6 del título preliminar de la Constitución Española*,
APP.CONGRESO.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <https://app.congreso.es/consti/constitucion/indice/index.htm>

-
- [8] *Ley Orgánica 6/2022, de 27 de junio, de Partidos Políticos*,
WWW.BOE.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-12756-consolidado.pdf>
- [9] *Ley Orgánica del Régimen Electoral General*,
JUNTALECTORALCENTRAL.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <http://www.juntaelectoralcentral.es/cs/jec/lorege/contenido>
- [10] *Ley Electoral de Castilla y León*,
CCYL.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <https://www.ccyll.es/Legislacion/LeyElectoral>
- [11] *Estatuto de Autonomía de Castilla y León*,
BOE.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-20635>
- [12] *Constitución Española*,
BOE.ES
Recuperado a fecha 28/03/2022,
de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1978-31229>
- [13] *Ley electoral de Asturias- BOE*,
BOE.ES
Recuperado a fecha 17/03/2022,
de <https://boe.es/buscar/pdf/1987/BOE-A-1987-3910-consolidado.pdf>
- [14] *Portal de las Elecciones a las Cortes*,
JCYL.ES
Recuperado a fecha 21/05/2022,
de <https://www.jcyl.es/web/es/elecciones/resultados.html>
- [15] *Infraestructura de Datos Especiales de Castilla y León*,
IDECYL.JCYL.ES
Recuperado a fecha 21/05/2022,
de <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search/home>
- [16] *Esri*,
SUPPORT.ESRI.COM
Recuperado a fecha 21/05/2022,
de <https://support.esri.com/es/white-paper/279>
- [17] *Leveling Seat- Sweden*,
LIQUISEARCH.COM
Recuperado a fecha 29/05/2022,
de https://www.liquisearch.com/leveling_seat/sweden

-
- [18] *The Comprehensive R Archive Network*,
CRAN.R-PROJECT.ORG/
Recuperado a fecha 23/04/2022,
de <https://cran.r-project.org/>
- [19] *The R project*,
R-PROJECT.ORG
Recuperado a fecha 29/05/2022,
de <https://www.r-project.org/about.html>
- [20] *R licenses*,
R-PROJECT.ORG
Recuperado a fecha 29/05/2022,
de <https://www.r-project.org/Licenses/>
- [21] *About RStudio*,
RSTUDIO.COM
Recuperado a fecha 23/04/2022,
de <https://www.rstudio.com/about/>
- [22] Wickham et al., (2019). *Welcome to the tidyverse. Journal of Open Source Software*,
4(43), 1686,
- [23] H. Wickham. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York*,
2016.,
TIDYVERSE.ORG
Recuperado a fecha 31/05/2022,
de <https://ggplot2.tidyverse.org>
- [24] Hadley Wickham, Romain François, Lionel Henry and Kirill Müller (2022). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation.*,
- [25] Hadley Wickham and Maximilian Girlich (2022). *tidyr: Tidy Messy Data.*,
CRAN.R-PROJECT.ORG
- [26] Winston Chang, Joe Cheng, JJ Allaire, Carson Sievert, Barret Schloerke, Yihui Xie, Jeff Allen, Jonathan McPherson, Alan Dipert and Barbara Borges (2021). *shiny: Web Application Framework for R.*,
<https://CRAN.R-project.org/package=shiny>
- [27] C. Sievert. *Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. Chapman and Hall/CRC Florida*, 2020.
- [28] *LaTeX*,
LATEX-PROJECT.ORG
Recuperado a fecha 23/04/2022,
de <https://www.latex-project.org/>
- [29] *Overleaf*,
OVERLEAF.COM

Recuperado a fecha 23/04/2022,
de <https://www.overleaf.com/>

- [30] *Datos de la población de Castilla y León*,
ESTADISTICA.JCYL.ES
Recuperado a fecha 10/05/2022,
de <https://estadistica.jcyl.es/web/es/estadisticas-temas/cifras-oficiales-poblacion.html>
- [31] *Hadley Wickham- Mastering Shiny (2020)*,
MASTERING-SHINY.ORG
Recuperado a fecha 13/06/2022,
de <https://mastering-shiny.org/index.html#license>